



Doi: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v26i4.5>

УДК 624.154, 624.159.2



КОВАЛЬСЬКИЙ Р. К.

Канд. техн. наук, с.н.с., зав. лаб., Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій", м. Київ, Україна
e-mail: 777krk@gmail.com
тел. +38 (050) 907-77-99
ORCID: 0000-0002-9895-9257



МИКОЛЕНКО А. Д.

Офіційний представник компанії «Менард» в Україні
Сертифікований ГІП м. Київ, Україна
e-mail: amykolenko@menard.com.ua
тел. +38 (067) 547-39-07

ПАЛІ, ЯКІ ВИГОТОВЛЯЮТЬСЯ ЗГІДНО ТЕХНОЛОГІЇ «CONTROLLED MODULUS COLUMNS» КОМПАНІЇ «МЕНАРД»

АНОТАЦІЯ

Тип фундаменту суттєво впливає на вартість та час влаштування будівлі. Геотехнічне проектування завжди вимагало інноваційного підходу. Інноваційність диктувалася необхідністю вирішення складних проблем щодо поліпшення, прискорення, здешевлення і спрощення процесу влаштування фундаментів будівлі.

Кількість вільних майданчиків будівництва зі сприятливими ґрунтовими умовами з кожним роком зменшуються на теренах України. Як правило, будівництво цивільних громадських об'єктів ведеться в щільній міській забудові та на ґрунтовій основі, що має специфічні властивості. Крім того, фундування будівель необхідно здійснювати таким чином, щоб вплив на існуючу забудову та інженерні мережі не перевищував допустимих величин. Такі задачі вирішуються з використанням фундаментів глибокого закладання – пальових фундаментів.

Переважає більшість будівель в щільній міській забудові зводяться на буронабивних палях, буроін'єкційних палях та палях, що задавлюються.

Перевагами буронабивних та буроін'єкційних паль є значна несуча здатність за властивостями ґрунтової основи, можливість виконувати палі значної глибини (до 50 м). Недоліком - значний час на їх влаштування (особливо буронабивних). Перевагами паль, що вдавлюються, фактично є відсутність впливу при їх влаштуванні на оточуючу забудову, швидкість виконання. Недоліками - обмеження по довжині палі, яку можна влаштувати, необхідність присутності на майданчику масивного обладнання для створення реактивного зусилля.

Для максимального використання переваг буронабивних, буроін'єкційних та паль, що задавлюються, на початку 90-х років французькою компанією «Менард» була винайдена і запатентована технологія нового типу бурових паль СМС (з англ. Controlled Modulus Columns), що в перекладі з англійської звучить як «колони контрольованої жорсткості». Така назва обумовлена тим, що початково зазначена технологія була призначена для підсилення слабких ґрунтів. З часом, вона була пристосована для влаштування паль, які безпосередньо контактують з ростверком.

В статті наведено переваги такої технології влаштування паль перед традиційними технологіями. Вказані межі її використання, приведені величини несучої здатності паль за властивостями ґрунтової основи на реальних об'єктах, показана можливість прогнозованого визначення величини її несучої здатності за властивостями ґрунтової основи з урахуванням даних статичного зондування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: паля «СМС» компанії Менард, буроін'єкційні палі, буронабивні палі, складні інженерно-геологічні умови, випробування паль статичним навантаженням вдавлювання, статичне зондування ґрунтів.

PILES MANUFACTURED BY TECHNOLOGY OF "CONTROLLED MODULUS COLUMNS" OF «MENARD» COMPANY

ABSTRACT

A type of foundation significantly affects the costs and time of construction of the building. Geotechnical design has always been used in an



innovative way. The innovation was needed to solve the complex problems associated with improving, accelerating, reducing the cost and attempting to improve the structure of foundation buildings.

The number of vacant construction sites with favorable soil conditions is decreasing every year in Ukraine. Typically, the construction of civil public facilities is carried out in dense urban surrounding and on a soil base which has specific properties. In addition, the foundations of buildings must be carried out in such a way that the impact on existing buildings and utilities does not exceed the permissible values. These problems are solved with the use of deep foundations such as pile foundations.

The vast majority of buildings in dense urban surrounding are built on bored piles, CFA piles and pressed prefabricated piles.

The advantages of bored and CFA piles are a significant bearing capacity for the properties of the soil base, the ability to perform piles of considerable depth (up to 50 m). The disadvantage is the considerable time for their installation (especially bored). The advantages of pressed piles, in fact, are the absence of impact of their installation on the surrounding buildings, the speed of execution work. The disadvantages are the limitation of the length of the pile that can be arranged, the need for the presence on the site of massive equipment to create a reactive force.

To maximize the benefits of bored, CFA piles and pressed piles, the French company Menard invented and patented a new type of drilling piles – CMC (Controlled Modulus Columns) in the early 1990s, which is translated as columns of controlled rigidity. This name is due to the fact that this technology was originally designed to strengthen weak soils. Over time, it has been adapted to install piles that are in direct contact with the foundation plate.

The article presents the advantages of this technology of piling compared to traditional technologies. The limits of its use are indicated, the values of bearing capacity of piles according to the properties of the soil base on real construction projects are given, the possibility of predicted determination of its bearing capacity according to the properties of the soil base is shown taking into account static sounding data.

KEYWORDS: CMC (Controlled Modulus Columns) of Menard company, CFA piles, bored piles, bearing capacity of piles, technologies.

Кількість вільних майданчиків будівництва зі сприятливими ґрунтовими умовами з кожним роком зменшуються на теренах України. Як правило, будівництво цивільних громадських об'єктів ведеться в щільній міській забудові та на ґрунтовій основі, що має специфічні властивості. Крім того, фіндування будівель необхідно здійснювати таким чином, щоб вплив на існуючу забудову та

інженерні мережі не перевищував допустимих величин. Такі задачі вирішуються з використанням паливових фундаментів.

Переважає більшість будівель в щільній міській забудові зводяться на буронабивних палих, буроін'єкційних палих та палих, що задавлюються.

Перевагами буронабивних та буроін'єкційних палей є значна несуча здатність за властивостями ґрунтової основи, можливість виконувати палі значної глибини (до 50 м). Недоліком - значний час на їх влаштування (особливо буронабивних). Перевагами палей, що вдавлюються, фактично є відсутність впливу при їх влаштуванні на оточуючу забудову, швидкість виконання. Недоліками - обмеження по довжині палі, яку можна влаштувати, необхідність присутності на майданчику масивного обладнання для створення реактивного зусилля.

Для максимального використання переваг буронабивних, буроін'єкційних та палей, що задавлюються, на початку 90-х років французькою компанією «Менард» була винайдена і запатентована технологія нового типу бурових палей СМС (з англ. Controlled Modulus Columns), що в перекладі з англійської звучить як «колони контрольованої жорсткості». Особливістю технології є те, що за рахунок специфічної конструкції бура, при його зануренні, ґрунт не виноситься на поверхню, а переміщується в горизонтальному напрямку, ущільнюючи оточуючий ґрунт (відбувається так званий процес «розкатування»). Внаслідок чого отримуємо напружено-деформований стан ґрунту, який є проміжним станом між буронабивною (буроін'єкційною) та задавлювальною технологіями по влаштуванню палей.

Тому визначення переваг, меж використання та можливого розрахункового прогнозу величини несучої здатності за властивостями ґрунтової основи палей, виготовлених за такою технологією, є актуальним.

МЕТА СТАТТІ

Надати дані щодо ефективності технології «СМС» компанії «Менард» для влаштування фундаментів будівель та споруд в щільній міській забудові: переваги над існуючими технологіями щодо влаштування палей, межі використання, можливість розрахункового прогнозу величини несучої здатності за даними статичного зондування ґрунтів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЯГНЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

На сьогоднішній час в нормативних документах України [1,2], відсутні дані щодо палей, які виготовляються згідно технології «СМС» компанії «Менард», а саме те, що ґрунт не вибурюють на поверхню, а переміщують в горизонтальному напрямку ущільнюючи оточуючий ґрунт



(відбувається так званий процес «розкатування»). Хоча згідно приведеної класифікації в документі [2], зазначена технологія виготовлення палі може бути віднесена до буроін'єкційної, оскільки при влаштуванні палі бетон подається через полий шнек, однак при цьому змінюються характеристики ґрунту навколо палі за рахунок його ущільнення при влаштуванні свердловини.

Необхідно відмітити, що зазначена технологія розвивається різними виробниками бурильної техніки, так в компанії Bauer, ця технологія має назву DDS (Drilling Displacement System).

Однією з переваг зазначеної технології є продуктивність. Так, згідно роботи [3], на дослідному майданчику було виконано дві палі: перша палля задавлювальна з поперечним перерізом 35х35 см та довжиною 16,0 м, друга – за технологією DDS (СМС) круглого перерізу діаметром 520 мм та довжиною 11,90 м. При їх виготовленні було встановлено, що за 1 хв. було влаштовано 0,27 м палі, що задавлювали, та 0,79 м палі, що виготовлена за технологією DDS. Тобто палі за технологією СМС (DDS) влаштовували майже в чотири рази швидше.

В роботі [4], відмічено, що кількість погонних метрів палі згідно технології СМС, яка може бути влаштована за 1 хв. залежить від ґрунтових умов і складає від 0,1 м/хв. (для щільних пісків, твердих глин тощо) до 3 м/хв. (пилювато-глинистих ґрунтів з показником текучості більше 0,75). Важливим моментом даної роботи є те, що при бетонуванні таких палей необхідно враховувати перевитрати бетону (як для класичних буроін'єкційних палей СФА). В залежності від характеристик оточуючого ґрунту, чим слабший ґрунт, що оточує палю, тим більші перевитрати бетону.

Також, в роботі вказано на необхідність враховувати технологічні деформації при влаштуванні палей згідно технології «СМС» в слабких ґрунтах, на початковому етапі відбувається підйом ґрунтового масиву, через деякий проміжок часу його осідання.

Згідно отриманих експериментальних даних коефіцієнт перевитрат залежить від ґрунтових умов и знаходиться в межах 1.07-1.2.

В роботі [5], сказано, що рахунок формування ущільненої зони навколо палі згідно технології «СМС» несуча здатність таких палей, за властивостями ґрунтової основи в 2,7...4,2 рази більше за несучу здатність звичайних буронабивних палей аналогічної довжини та поперечного перерізу і близька до величини несучої здатності забивної висячої палі рівної довжини та поперечного перерізу.

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На початку 90-х років фірма Менард запатентувала технологію влаштування палей «СМС». Спеціально запроєктований шнек, рис. 1, що встановлений на буровій машині з великим обертовим

моментом і великим вертикальним притиском, при бурінні переміщає ґрунт від осі свердловини в горизонтальному напрямку. При цьому виходу ґрунту на поверхню фактично не відбувається, оскільки розбурений ґрунт ущільнюється сама ущільнює ґрунт, що знаходиться навколо пробуреної свердловини. Особливість шнеку технології СМС компанії «Менард» полягає в тому, що шнек має витягнуту краплевидну форму із різною висотою витка спіралі. У верхній розширеній частині спіраль шнеку майже зникає. Ця форма дозволяє відносно легко занурювати шнек буровою машиною за рахунок обертально-поступового руху з вертикальним прижимом.

Після досягнення проектною відмітки низу палі виконується подача бетонної суміші під тиском (100...300 кПа) і формується бетонний стовбур палі. При цьому є можливість регулювання величини тиску – це важливо при проходженні ґрунтів з різної міцністю, оскільки дозволяє регулювати витрати бетону.

Технологічний процес по влаштуванню палей СМС компанії «Менард» фактично відповідає процесу влаштування буроін'єкційної палі:

- 1) відбувається забурювання шнеку на проектну глибину з розштовхуванням («розкатуванням») ґрунту в стінки свердловини;



Рисунок 1 – Шнек, який використовують, при створенні палі за технологією «СМС»

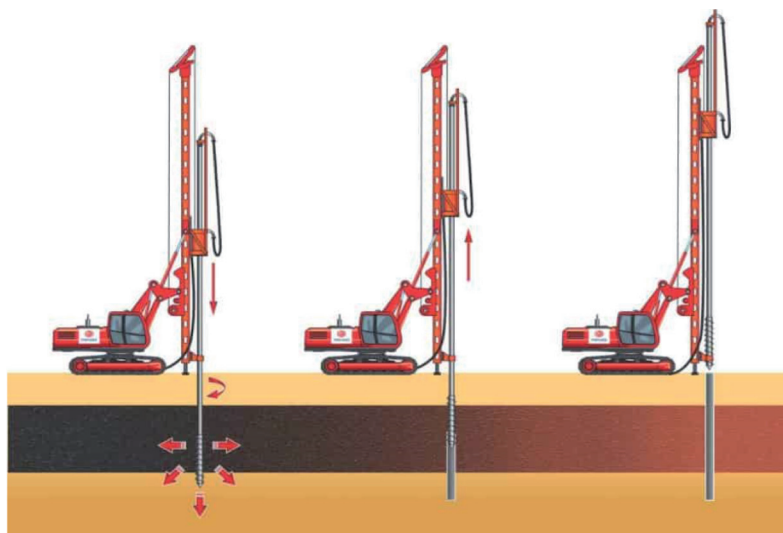


Рисунок 2 – Спрощена технологічна схема етапів робіт з влаштування палі за технологією «СМС»

- 2) в нижньому положенні відкривається клапан на трубі шнеку і починається подача бетонної суміші з одночасним підняттям шнеку вгору; постійний надлишковий тиск бетону 150...200 кПа не дає можливості опадати стінкам свердловини;
- 3) після появи вістря шнеку над поверхнею ґрунту процес по створенню палі СМС завершується, після чого можна зачистити та сформувати її оголовок і, при необхідності, змонтувати армокаркас. Армокаркас, як правило, занурюють за допомогою віброзанурювача.

Спрощена технологічна послідовність влаштування палі «СМС» компанії «Менард» представлена на рис. 2 (етап занурення армокаркасу не показаний).

Стандартні діаметри шнеків – 270 мм, 320мм, 360 мм, 400мм, 450 мм та 600 мм. Найбільш поширеними у використанні є діаметри 270 мм, 320мм, 360 мм, 400 мм.

Глибина, на яку виконують палі «СМС» компанії «Менард» залежить від висоти бурової щогли, в більшості випадків не перевищує 26 м. Максимальна глибина СМС, що застосовувалась в Німеччині та Америці – 50м. Обертальний момент бурових машин знаходиться в межах 120...250 кНм, вертикальний прижим – 60...150 кН.

Стандартні бурові машини, на яких можна використовувати цю технологію – це машини типу Bauer, Liebherr, Casagrande, Enteco.

Під час буріння реєструються параметри виконання палі (швидкість занурення, глибину, обертальний момент, об'єм закачаного бетону та ін.), що дає можливість постійно контролювати геометричні розміри палі «СМС» та враховувати інженерно-геологічні будову навколо палі та під її вістря. Результатом операційного моніторингу бортового комп'ютера є паспорти буріння, в яких

є інформація про профіль колони, витрату енергії під час буріння, об'єм закачаного бетону, глибину і швидкість буріння, а також обертовий момент шнеку. Типові паспорти приведені на рис. 3.

Перелік ґрунтів, в яких можливе використання палі «СМС» має широкий діапазон – біогенні, пилувато-глинисті (супіски, суглинки, глини з широким діапазоном значення показника текучості) та піщані ґрунти (за виключенням щільних).

У всіх випадках перед проєк-

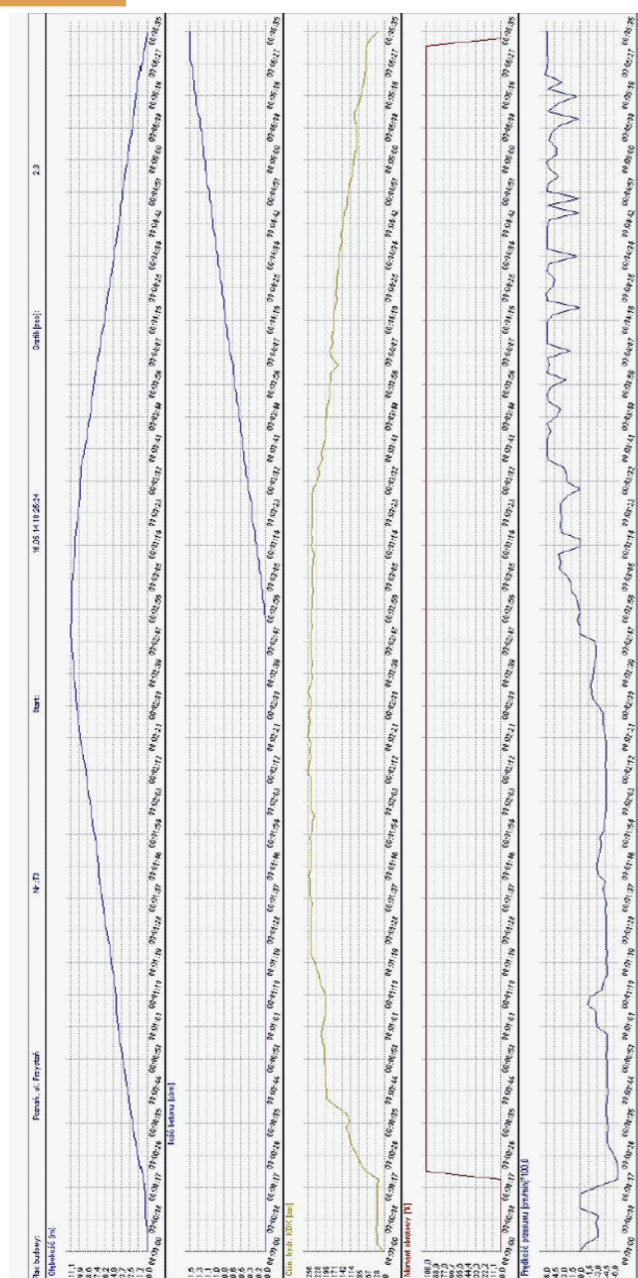


Рисунок 3 – Типові паспорти, які отримує оператор бурової машини при влаштуванні палі «СМС»



Таблиця 1 - Порівняння технології «СМС» з класичними технологіями буронабивних паль, буроін'єкційних паль «СФА» та паль, що вдавлюються

Параметр	Буронабивна пал	Буроін'єкційна пал	Пал, що вдавлюється	Пал за технологією «СМС»	Примітка
Продуктивність м.п./змін	40...60	120...200	120...200	400...700	
Наявність вибуреного ґрунту	так	так	ні	ні	
Діаметри паль (розмір поперечного перерізу), м	420...1500	420...1020	(до 500x500)	до 600	
Несуча здатність	1	1,2...1,4	до 3,5	до 3,5	Надана відносна величина (відносно несучої здатності буронабивної палі)
Максимальна можлива довжина, м	до 50	до 50	до 24	до 50	Для палі, що вдавлюється, приведена довжина складної палі
Необхідність у додатковому навантаженні для створення реактивного зусилля	ні	ні	так	ні	
Коефіцієнт перевитрат бетону	до 1,05	1,16...1,6	1	1,07...1,2	Показник 1,6 характерний для дуже слабких ґрунтів або ґрунтів з тиксотропними властивостями
Перебур ґрунту з свердловини при проходженні слабких ґрунтів та обпирання палі на міцний ґрунт	Ні (при використанні обсадної труби)	так	ні	ні	



туванням паль «СМС» компанії «Менард» виконують статичне зондування ґрунтів, результати яких дають оцінити можливість їх влаштування (в даному випадку прослідковується аналогія з палями, які вдавлюються). З врахуванням практичного досвіду, якщо при статичному зондуванні ґрунт має опір під конусом зонду менше 10 МПа, то застосування технології «СМС» є доречним. В протилежному випадку, необхідно використовувати іншу технологію.

Порівняння технології «СМС» з класичними технологіями буронабивних паль, бурінекційних паль «СФА» та паль, що вдавлюються, представлені в табл. 1. В таблиці 1 порівняння виконанні при умові, що паля одного перерізу та довжини.

Як видно з табл. 2, палі за технологією «СМС»

компанії «Менард» мають більшістю переваг паль, що вдавлюється, при цьому продуктивність їх влаштування більш, ніж в 3 рази вища. При цьому у них відсутні недоліки, які є в бурових палях – вибурений ґрунт, перебур ґрунту, відсутність значних вібраційних навантажень при влаштуванні свердловини.

В табл. 2 приведені величини несучої здатності паль за властивостями ґрунтової основи, які отриманні при випробуванні статичним вдавлювальним навантаженням (виконаних на різних будівельних майданчиках, як в Україні, так і в Польщі), а також величина несучої здатності паль з врахуванням даних статичного зондування.

Згідно табл. 2 питома несуча здатність на 1 м³ матеріалу палі фактично відповідає параме-

Таблиця 2 - Величини несучої здатності паль за властивостями ґрунтової основи, які отримані при випробуванні статичним вдавлювальним навантаженням, а також величина несучої здатності паль з врахуванням даних статичного зондування

Об'єкт	Діаметр, d мм	Довжина, l м	Допустиме навантаження на паля, N, кН	Об'єм палі, V, м ³	N/V, кН/м ³	Тип ґрунту	Примітка
Познань, Польща	400	11,1	720	1,39	518	пилувато-глинисті	Допустиме навантаження за даними статичного зондування $907/1,25=725$ кН
Познань, Польща	600	11,0	720	3,11	231	теж	Допустиме навантаження за даними статичного зондування $1681/1,25=1345$ кН
Варшава, Польща	400	15,0	680	1,89	369	теж	
Варшава, Польща	400	19,4	808	2,43	332	теж	
Луцьк, Україна	520	11,9	1500	2,53	593	теж	Несуча здатність визначення з врахуванням положень ДСТУ Б В.2.1-27:2010. Паля ще має резерв несучої здатності, оскільки при навантаженні 1500 кН отримала осадку всього 12,7 мм.



трам паль, що вдавляються (так на майданчику в Луцьку цей параметр склав 638 кН/м³).

Низьке значення параметру для паль діаметром 600 мм (Познань, Польща) пояснюється тим, що паля ще мала резерв несучої здатності – осадка при величині навантаження 720 кН склала всього 3,62 мм (для порівняння – для палі діаметром 400 мм на тому ж об'єкті ця величина рівна 8,09 мм).

Також необхідно відмітити, що з достатньою точністю можна прогнозувати величину несучої здатності палі за даними статичного зондування.

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного аналізу та виконаних розрахунків можна зробити наступні висновки:

1. Аналіз влаштування палі за технологією «СМС» компанії «Менард» показав, що такі палі мають переваги технології буріон'єкційних паль та паль, що вдавляються:
 - висока швидкість виготовлення;
 - несуча здатність паль за властивостями ґрунтової основи близька до несучої здатності паль, що вдавляються (при однакових геометричних параметрах палі);
 - фактична відсутність вибуреного ґрунту (особливо є корисним при наявності забрудненого ґрунту);
 - відсутність вібраційних динамічних навантажень під час виробництва;
 - відсутність впливу на оточуючу забудову або зведення його до мінімуму;
 - фактично відсутній ризик виносу ґрунту із свердловини з горизонтальним переміщенням оточуючого ґрунту в бік свердловини.
2. Для попередньої оцінки величини несучої здатності палі за технологією «СМС» компанії «Менард» з достатньою точністю можна використовувати результати статичного зондування. При накопиченні експериментальних даних можливе удосконалення існуючої методики.
3. Палі за технологією «СМС» компанії «Менард» неможливо використовувати в щільних пісках, скельних ґрунтах та твердих пилувато-глинистих ґрунтах. Це пов'язано з конструкцією шнека, який використовується в зазначеній технології. При перелічених вище ґрунтових умовах відбувається перевантаження гідравлічної системи бурової машини і швидкий фізичний знос шнеку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018.
2. Зміна №1 ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.
3. Чапюк О.С., Гришкова А.В., Вавринюк Б.А. Порівняння роботи буріон'єкційних паль та призматичних паль, занурених методом вдавлення. Сучасні технології та методи розрахунків в будівництві. №1. 2014. С. 164-171.
4. Сбитнев А.В. Несущая способность свай, выполненных по технологии вытеснения в слабых грунтах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. Санкт-Петербург. 2009. 21 с.
5. Пиминова О.С. Набивные сваи в раскатанных скважинах. Молодёжь и наука: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 155-летию со дня рождения К. Э. Циолковского. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012.

REFERENCE

1. Bases and foundations of buildings and structures. Main principles. (2018). DBN V. 2.1-10:2018. Kyiv: Ministry of regional development, construction and housing and utility services of Ukraine.
2. Bases and foundations of buildings and structures. Main principles. (2011). Amendment No.1 to DBN V. 2.1-10:2009. Kyiv: Ministry of regional development, construction and housing and utility services of Ukraine.
3. Chapiuk, O.S., Grishkova, A.V. & Vavri-niuk, B.A.(2014). Behavior comparison of bored and prismatic piles arranged by jacking method. Modern Technologies and Calculation Methods in Building, 1, 164-171.
4. Sbitnev, A.V. (2009). Bearing capacity of piles arranged using displacement technology in weak soils. St. Petersburg. Extended abstract of the PhD thesis.
5. Piminova, O.S. (2012). Cast-in-place piles in expanded boreholes. Proceedings from Youth and Science VIII All-Russian scientific and practical conference of students, postgraduates and young researchers dedicated to 155 years from the date of birth of K. Tsiolkovskiy. Krasnoyarsk: Siberian Federal University.

Стаття надійшла до редакції 04.08.2020 року