

УДК 624.156:621.92 9.2/7

## **ГРУНТОЦЕМЕНТНІ ПАЛІ – ЗАСІБ ЗНИЖЕННЯ ВАРТОСТІ ЖИТЛА**

### **ГРУНТОЦЕМЕНТНЫЕ СВАИ – СРЕДСТВО СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ ЖИЛЬЯ**

#### **SOIL-CEMENT PILES – THE MEAN OF DWELLING PRICE REDUCTION**

**Петраш О.В., к.т.н., Попович Н.М., к.т.н., доцент, Петраш Р.В., к.т.н., доцент** (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка)

**Петраш А.В., к.т.н., Попович Н.Н., к.т.н., доцент, Петраш Р.В., к.т.н., доцент** (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка)

**Petrash A.V., candidate of technical sciences, Popovich N.N., candidate of technical sciences, associate professor, Petrash R.V., candidate of technical sciences, associate professor** (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University)

**В статті представлено результати досліджень механічних характеристик ґрунтоцементу, які дозволяють більш точно здійснювати розрахунок фундаментів житлових будівель. За рахунок використання бурозмішувальної технології досягається значне зниження вартості влаштування фундаментів.**

**В статье представлены результаты исследований механических характеристик ґрунтоцемента, которые позволяют более точно осуществлять расчет фундаментов жилых зданий. За счет использования буромесительной технологии достигается существенное уменьшение стоимости устройства фундаментов.**

**Investigation results of soil-cement mechanical properties enable more accurate calculation of dwelling foundations are presented. Using of deep soil mixing technology enables reduction of price of dwelling foundation erection.**

#### **Ключові слова:**

Ґрунтоцемент, паля, житло

Ґрунтоцемент, свая, жилище

Soil-cement, pile, dwelling

**Стан питання та задачі дослідження.** Сучасний український досвід зведення будівель свідчить, що в будівельній галузі однаково гостро стоять проблеми забезпечення доступним житлом категорій населення середнього достатку і створення конструкцій будівель з фундаментами високої енергоефективності. Як свідчать самі виробники, на сьогодні вартість житла становить майже 6 тис. грн. за один квадратний метр в будівлях зі звичайними показниками архітектурно-планувальних рішень і до 9-12 тис. грн. в так званих будівлях елітного типу.

Основними причинами ситуації, що склалася у сфері забезпечення громадян житлом є: низький рівень механізації технологічних процесів будівельного виробництва, недостатня кількість поверхів будівель, значна матеріаломісткість і недосконалість конструктивних систем житлових будівель, висока трудомісткість будівельних робіт, у тому числі по влаштуванню фундаментів.

Так технології виготовлення паль повинні широко використовувати засоби механізації ручної праці і бути менш трудомісткими. Спосіб виробництва робіт з виготовлення паль повинен володіти мобільністю і бути максимально незалежним від поставок заводів-виробників будівельних матеріалів і конструкцій.

Зазначеним вимогам відповідає бурозмішувальний спосіб [1] влаштування ґрунтоцементних паль. Ця технологія широко відома в нашій країні та за її межами. Вона володіє рядом очевидних переваг: економія досягається за рахунок використання місцевих ґрунтів як заповнювачу для ґрунтоцементу; технологічність полягає у використуванних машинах і механізмах, що дозволяють зводити ґрунтоцементні палі належної якості в слабких ґрунтах без додаткового кріплення стінок свердловин, висока продуктивність робіт.

В якості прикладу розглянемо будівництво житлового будинку в м. Полтаві. Інженерно-геологічні вишукування проводилися Полтавським філіалом ДП «УКРНДІНТБ». На рис. 1 представлена розрахункова схема палі в підставі проектованої будівлі, а також фізико-механічні характеристики ґрунтів.

В якості фундаменту в цій роботі розглянуті 3 типи паль:

- Забивна призматична паля С70.40-5, у вагою 2,85 т з бетону класу В25, армована арматурним каркасом КП70.40-5.1 (4Ø12 А-II);

- Буриабивна паля з того ж бетону В25 діаметром 500 мм, довжиною 7000 мм, без арматурного каркаса (як буде показано далі, нормальний переріз такої палі володіє більш ніж достатньою міцністю);

- Ґрунтоцементні паля на лесових суглинку діаметром 500 мм, довжиною 7000 мм з вмістом портландцементу М400 в кількості 20% від ваги скелета ґрунту і водоцементним ставленням В / Ц = 2,7.

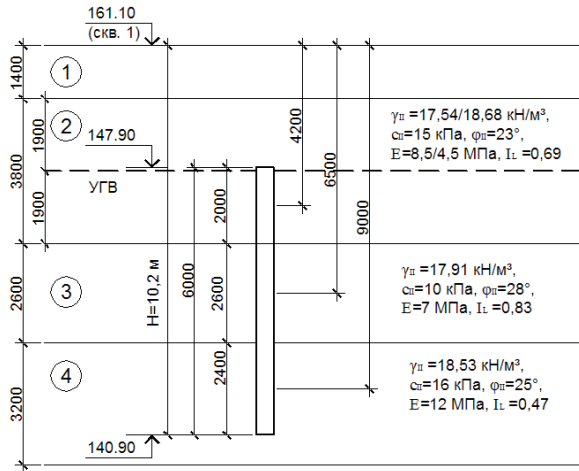


Рис. 1. Розрахункова схема палі

Несучу здатність всіх 3 видів палей по ґрунту визначимо за відомою з нормативної літератури [2] формулою (1)

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i) \quad (1)$$

Розрахунок проведемо в табличній формі (табл.1), де показані значення всіх величин у формулі (1). Значення  $h_i$  показано на рис. 1, а величина  $f_i$  визначалася за табл. Н.2.2 [2].

Таблиця 1

Розрахунок несучої здатності палей за властивостями ґрунтової основи

Вид палі	$\gamma_c$	$\gamma_{cR}$	$\gamma_{cf}$	$R$ , кПа	$A$ , м <sup>2</sup>	$F_d$ , кН
Забивна	1	1	1	1770	0,16	457
Буронабивна	1	1	0,6	742	0,20	248
Ґрунтоцементна	1	1	0,6	742	0,20	248

Для обґрунтування доцільності застосування того чи іншого типу палей пропонується проаналізувати, наскільки використовується ресурс несучої здатності палей за матеріалом в комплексі з витратами на їх пристрій.

Несучу здатність, описаних типів палей, за матеріалом визначимо за формулою (2), яка наведена в [3], де також вказано фізичний зміст всіх величин в цій формулі.

$$N_u = A_b \left( AR_b \eta_u + \frac{R_b \eta_u (K - \eta_u)}{1 + (K - 2) \eta_u} \right), \quad (2)$$

Відзначимо, що формула (2) в порівнянні з іншими способами визначення граничного поздовжнього зусилля  $N_u$  в поперечному перерізі стислій палі дає більш точні результати [4]. Розрахунок виконаємо в табличній формі (табл.2), де вказані всі величини у формулі (2).

Таблиця 2

Розрахунок несучої здатності паль за матеріалом

Вид палі	$A$	$K$	$\eta_u$	$R_b$ , МПа	$A_b$ , м <sup>2</sup>	$N_u$ , кН
Забивна	0,07	3,22	1,08	13	0,16	2230
Бурунабивна	0	3,22	1,35	13	0,20	2600
Ґрунтоцементна	0	2	1	1,3	0,20	256

Відзначимо, що величина  $K$  являє собою відношення початкового модуля пружності до модуля повної деформації розглянутого матеріалу. Для ґрунтоцементу ці величини визначаються з діаграми його фізичного стану (рис. 2).

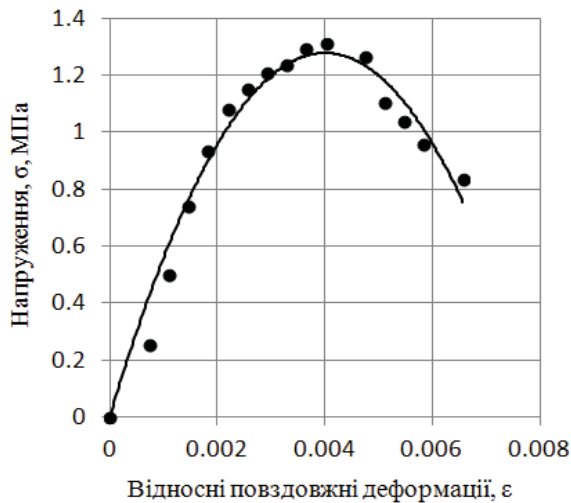


Рис. 2. Діаграма фізичного стану ґрунтоцементу

Цей малюнок найнаочнішим чином ілюструє взаємозв'язок між характеристиками міцності і деформаційними властивостями цього матеріалу. Дана залежність була отримана в лабораторних умовах шляхом випробування стисненням зразків-циліндрів з ґрунтоцементу діаметром 7 см і висотою 28см. Випробування проводилися з рівномірною швидкістю деформування зразків.

Як бачимо з табл. 2, несуча здатність нормального перетину палі з бетону майже в 10 разів перевищує цю ж величину для ґрунтоцементних палі, при довжині палі 6 м. У табл. 3 зіставимо значення несучої здатності всіх 3-х палі по ґрунту, за матеріалом з прямими витратами на виготовлення 1 палі кожного типу.

Таблиця 3

Зіставлення здатності палі з їх ціною

Вид палі	Несуча здатність		Запас несучої здатності матеріалу палі, %	Прямі витрати, грн.
	по ґрунту $F_d$ , кН	по матеріалу $N_u$ , кН		
Забивна	457	2230	79,5	2838
Буроабивна	248	2600	90,5	4618
Ґрунтоцементна	248	256	3,1	868

Як бачимо з таблиці, бетонні палі володіють значним запасом несучої здатності нормального перетину, який не використовується. Як наслідок, виготовлення цих палі вимагає значних витрат матеріальних ресурсів.

З іншого боку ґрунтоцементних палі володіє мінімальним запасом несучої здатності за матеріалом і вартість виготовлення цієї палі теж мінімальна. Звернемо увагу на те, що несуча здатність по ґрунту збірної палі майже в 2 рази перевищує несучу здатність бурових палі (тієї ж довжини та периметра нормального перетину).

З огляду на це, було б доцільно в табл. 3 збільшити в 2 рази витрати на виготовлення обох бурових палі. Але навіть у цьому випадку ґрунтоцементних палі залишається найбільш прийнятним варіантом фундаменту.

Коли геологічні умови вимагають використання палі більшої довжини, несучої здатності матеріалу ґрунтоцементних палі недостатньо. У таких випадках палі необхідно армувати арматурним каркасом таким чином, щоб виконувалася умова (3).

$$\varphi_1 \cdot (A_s R_{sc} + \varphi_2 \cdot A_b R_b) \geq F_d, \quad (3)$$

де  $A_s, A_b$  – відповідно площа арматури і ґрунтоцементу в нормальному перерізі, мм<sup>2</sup>;

$R_{sc}, R_b$  – розрахунковий опір на стиск арматури і ґрунтоцементу відповідно, МПа;

$\varphi_1, \varphi_2$  – відповідно коефіцієнт поздовжнього вигину палі і коефіцієнт, що враховує умови роботи і терміни твердіння ґрунтоцементу.

Для армування ґрунтоцементних конструкцій можна застосовувати як окремі арматурні стержні чи зварні каркаси, так і сталевий прокатний профіль, армування арматурними каркасами є більш заощадливим з точки зору не перенасичення перерізу конструкції сталлю, та не потребує додаткового анкерування арматури у ґрунтоцементі. При перевірці міцності армованих ґрунтоцементних паль за матеріалом варто зі збільшенням глибини враховувати передачу частини зовнішнього навантаження бічною поверхнею палі на ґрунт, що її оточує

**Висновки.** Ґрунтоцементна набивна паля має мінімальний запас несучої здатності за матеріалом в порівнянні з бетонними. Відповідно, бетонні палі мають значний ресурс несучої здатності за матеріалом, який не використовується, що відбивається на вартості їх виготовлення. Виходячи з порівняння витрат на виготовлення паль 3-х типів, можна стверджувати, що використання ґрунтоцементних паль в якості фундаментів для соціального житла економічно доцільно.

1. Петраш Р.В. Підсилення існуючих фундаментів за допомогою бурозмішувальної технології / Р.В. Петраш, О.В. Петраш // Збірник наукових праць (галузево машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – Вип. 2(24). – С. 136 – 140.
2. ДБН В2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Зміна №1.– К.: Мінрегіонбуд України, 2011.
3. Павліков А.М. Нелінійна модель напружено-деформованого стану косо завантажених залізобетонних елементів у за критичній стадії: Монографія. – Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2007. – 259 с.
4. Зоценко М.Л. Вплив повздовжнього армування на несучу здатність паль з ґрунтоцементу/ Зоценко М.Л., Павліков А.М. , Петраш О.В.// Строительство, материаловедение, машиностроение// Сб. научн. трудов. Вып. 65, -Дн-вск, ГВУЗ «ПГАСА», 2012. – 726 с.(в обл.).