

**МАТЕРІАЛИ ІН'ЄКЦІЙНИХ РОЗЧИНІВ БУРОІН'ЄКЦІЙНИХ ПАЛІ ПІДСИЛЕННЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ**

А. С. Моргун, І. М. Меть, Д. С. Довгопол

*Запропоновано вирішення підсилення фундаментів при реконструкції та технічній перебудові житлових та цивільних будівель. Проаналізовано досвід підсилення фундаментів і зміцнення основ. Обґрунтована раціональність влаштування буроін'єкційних палі при підсиленні фундаменту. Проведені статичні дослідження буроін'єкційної палі. Наведені дослідження визначення кількості буроін'єкційних палі, необхідних для підсилення фундаменту на натуральній основі та визначення додаткового осідання підсиленого фундаменту. Розроблено схему залежності навантажень на одну палю та сумарного навантаження на усі палі. Запропоновано влаштування семи додаткових буроін'єкційних палі.*

**Ключові слова:** *ін'єкційні розчини, буроін'єкційні палі, набивніпалі, підсилення фундаменту, реконструкція будівель, технічна перебудова.*

**МАТЕРИАЛЫ ИНЪЕКЦИОННЫХ РАСТВОРОВ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ УСИЛЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ**

А. С. Моргун, И. Н. Меть, Д. С. Довгопол

*Предложено решение усиления фундаментов при реконструкции и технической перестройке жилых и гражданских зданий. Проанализирован опыт усиления фундаментов и укрепление оснований. Обоснована рациональность устройства буроинъекционных свай при усилении фундамента. Проведенные статические исследования буроинъекционной сваи. Приведенные исследования определения количества свай, необходимых для усиления фундамента на натуральной основе и определения дополнительной осадки усиленного фундамента. Разработана схема зависимости нагрузок на одну сваю и суммарной нагрузкой на все сваи. Предложено устройство семи дополнительных свай.*

**Ключевые слова:** *инъекционные растворы, буроинъекционные сваи, набивне сваи, усиление фундамента, реконструкция зданий, техническая перестройка.*

**MATERIALS OF INJECTION MORTARS OF DRILLING -INJECTED PILES STRENGTHENING AT THE RECONSTRUCTION OF BUILDINGS**

A. Morgun, I. Met, D. Dovgopol

*It has been proposed decision of strengthening the foundations at the reconstruction and technical restructuring of residential and civilian buildings. The experience of strengthening the foundations and the bases has been analyzed. The rationality of installation drilling-injected piles at strengthening the foundations has been reasonable. Static studies of drilling-injected piles have been conducted. The studies of determining the number of root piles needed to strengthen the foundation on a natural basis have been shown. The scheme of loads depending on one pile and the total load of all piles has been developed. The installation of seven additional piles has been proposed.*

**Keywords:** *injection mortars, drilling-injected piles, bored piles, foundation strengthening, building reconstruction, technical restructuring.*

**Вступ**

Реконструкція та технічна перебудова житлових та цивільних будівель дозволяє з меншими економічними затратами в порівнянні з новим будівництвом, збільшити об'єм та якість житлової площі. В зв'язку з цим доцільно проаналізувати досвід підсилення фундаментів і

зміцнення основ. Реконструкція будівель зазвичай супроводжується додатковим (30-50%) до раніше діючого навантаженням на фундаменти. До резервів, що виникають в ґрунтах основ при довготривалих навантаженнях, відносяться ущільнення основ під спорудою, яке сприяє зростанню їх несучої спроможності. Та це характерно не для всіх ґрунтів, крім того, порушення аераційного режиму призводить до збільшення вологості ґрунту. Експериментальні дослідження свідчать, що при тисках під спорудою до 0,3 МПа зростає модуль деформацій у мілких пісках в 3,8 рази, в пісках середньої крупності в 2,1 рази. Як наслідок – резерви не на стільки великі, щоб підняти за їх рахунок навантаження на основи при реконструкції.

Ще складніше розв'язується ця задача, коли несуча спроможність основи є недостатньою для прийняття нових навантажень і постає проблема зміцнення основи чи підсилення фундаменту. В цьому випадку добре себе зарекомендували буроін'єкційні палі з гнучкою та жорсткою арматурою, їм властива висока технологічність, легкість оснащення та достатньо добра напрацьованість методів розрахунку та проектування.

### Постановка задачі, визначальні співвідношення

Буроін'єкційні палі є одним різновидом набивних палей. Їм властиві велика гнучкість ( $l/d = 80 - 120$ ); малий діаметр ( $d = 120-150$  мм), матеріал ствола (цементний розчин або ґрунтоцемент); спосіб виготовлення (ін'єкція розчину в свердловину чи бурозмішувальна технологія). Доцільність їх використання визначається конкретними умовами будівельного майданчика на основі результатів техніко-економічного порівняння можливих варіантів проектних рішень.

При проведенні експериментальних досліджень після буріння лідерної свердловини та установки армокаркасу здійснювалась ін'єкція свердловини цементно-піщаним розчином. Для ін'єкційного розчину використано портландцемент марки 400 з нормальною густиною цементного тіста в межах 22-29 %. Для розчину взято пісок крупністю  $\leq 1$  мм. Рухомість свіжовиготовленого розчину складала 12 см по стандартному конусу. Співвідношення цемент : пісок : вода в розчині було прийнято 1 : 12 : 0,6. Водовиділення розчину через 24 години не перевищувала 2% початкового об'єму. Міцність розчину по дослідженнях кубиків розміром  $7 \times 7 \times 7$  см при нормальних умовах визрівання склала 15 МПа, в семиденному терміні, 30 МПа в 28-денному. Склад ін'єкційного розчину підбирався шляхом дослідних замісів з різними водоцементними відношеннями (В/Ц). Найменше В/Ц визначалось виходячи з умови рухомості.

Проведені статичні дослідження буроін'єкційної палі показали: розрахункове навантаження на палю  $P^* = 100$  кН = 0,1 МН, критичне навантаження на палю  $P_{кр,н} = 200$  кН, початковий коефіцієнт жорсткості палі  $C_{он} = 50$  МН/м.

Для визначення кількості буроін'єкційних палей, необхідних для підсилення фундаменту на натуральній основі потрібні наступні вихідні дані:

існуюче навантаження на фундамент  $N_1 = 800$  кН = 0,8 МН;

очікуваний приріст навантаження  $\Delta N = 800$  кН;

осідання існуючого фундаменту (при навантаженні  $N_1$ )  $S_1 = 3,2$  см;

жорсткість фундаменту  $C_1 = 800/32 = 25$  МН/м.

Необхідне число підсилюючих палей  $n_n$  визначалось [2]:

$$n_n = \frac{\Delta N}{P_n} - \frac{C_1}{C_{он} (1 - P_n / P_{кр,н})} = \frac{0,8}{0,1} - \frac{25}{50 \cdot (1 - 0,1/0,2)} = 8 - 1 = 7, \quad (1)$$

де  $\Delta N$  – приріст навантаження на фундамент, кН;

$P_n$  – навантаження, що прийнято на одну палю;

$C_1 = \frac{N_1}{S_1}$  – коефіцієнт жорсткості існуючого фундаменту, кН/м, який рівний відношенню

вертикального навантаження на фундамент  $N_1$ , кН до його осідання в стабілізованому стані  $S_1$ ;

$C_{он}$ ,  $P_{кр,н}$  – початковий коефіцієнт жорсткості палі, кН/м; критичне навантаження на палю, кН.

Додаткове осідання підсиленого фундаменту на натуральній основі від навантаження  $\Delta N = 800$  кН при кількості ін'єкційних палей  $n_n = 7$  шт.,  $P^* = 100$  кН складає:

$$S = \frac{\Delta N}{C_1 + m \cdot C_{он} (1 - P_n / P_{кр,n})} = \frac{0,8}{25 + 7 \cdot 50 \cdot (1 - 0,5)} = 0,004 = 4 \text{ мм}$$

При загальній кількості палей  $n_n$  для підсилення фундаменту на натуральній основі навантаження на одну палю  $P_n$  визначається із розв'язку квадратного рівняння:

$$a_1 \cdot P_n^2 - a_2 \cdot P_n + a_3 = 0 \tag{2}$$

$$P_n = \frac{a_2 \pm \sqrt{a_2^2 - 4 a_1 \cdot a_3}}{2 a_1}, \tag{3}$$

за формулою

де  $a_1 = n_n$ ,  $a_2 = P_{кр,n} \left( \frac{C_1}{C_{он}} + n_n \right) + \Delta N$ ,  $a_3 = \Delta N \cdot P_{кр,n}$  (4)

Залежність навантаження на одну палю  $P$  і сумарного навантаження на всі палі  $\sum P$  від кількості палей  $n_n$  визначається згідно [2].

В даному випадку коефіцієнти (2) будуть рівні:

$$a_1 = n_n; \quad a_2 = 0,2(0,5 + n_n) + 0,8 = 0,9 + 0,2 \cdot n_n; \quad a_3 = 0,8 \cdot 0,2 = 0,16.$$

Отримані результати наведено в таблиці 1 та на рис. 1.

Таблиця 1 – Залежність навантажень на одну палю та сумарного навантаження на усі палі

$n_n$	3	5	8	10	15	20
$a_2, \text{кН}$	1,5	1,9	2,5	2,9	3,9	4,9
$P_n, \text{кН}$	154	126	90	74	51	39
$\sum P_n, \text{кН}$	462	630	720	740	765	780

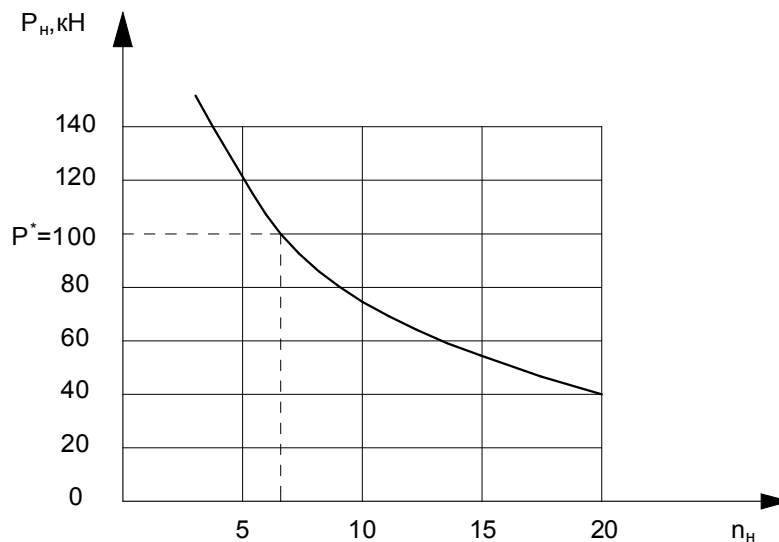


Рисунок 1 – Залежність сумарного навантаження, що сприймається новими палями від кількості бурюін'єкційних палей

На основі табличних даних наведена залежність навантаження, що приймається на одну палю та сумарного навантаження, що приймається на усі палі, а також використання коефіцієнту  $a_2$  в залежності від кількості прийнятих бурюін'єкційних палей, необхідних для підсилення фундаменту на натуральній основі. Побудований графік дозволяє прослідкувати залежність розрахункового навантаження на палю в залежності від кількості їх використання.

### Висновки

- Армвані буроін'єкційні палі, заповнені цементно-піщаним розчином дають можливість піднімати навантаження на існуючі фундаменти при їх реконструкції.
- Якщо прийняти 7 додаткових буроін'єкційних паль, то вони сприймуть на себе сумарне навантаження 700 кН, додаткове навантаження на існуючий фундамент при цьому складає 100 кН.

### Використана література

1. ГОСТ 30491–97 Смеси органо-минеральные и грунты укрепленные органическими вяжущими. – М., 1997. – 21 с.
2. Рекомендации по укреплению буроинъекционных свай, НИИОСП, М. – 1984. – 47 с.
3. ДСТУ Б.В.2.1 – 27:2011 Палі, визначення несучої здатності за результатами польових досліджень. Київ. Мінрегіонбуд України, 2011. – 11 с.

*Моргун Алла Серафимівна* – д.т.н., проф., завідувач кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

*Меть Іван Миколайович* – ст. викладач кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

*Довгопол ДмитроСергійович* – студент Вінницького національного технічного університету.

*Моргун Алла Серафимовна* – д.т.н., проф., заведуюча кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

*Меть Іван Николаевич* – ст. преподаватель кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

*Довгопол Дмитрий Сергеевич* – студент Вінницького національного технічного університету.

*Morgun Alla* – D.Eng., professor, manageress of department of industrial and civil constructions Vinnytsia National Technical University.

*Met Ivan* – senior lecturer of department of industrial and civil constructions Vinnytsia National Technical University.

*Dovgopol Dmytro* – student Vinnytsia National Technical University.