

УДК 624

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОЛЬОВОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРТЯ  
ПО БІЧНІЙ ПОВЕРХНІ ТА ПІД ВІСТРЯМ ПАЛІ**

*д.т.н., проф. Седін В.Л., м.н.с. Бікус К.М.,*

*к.т.н. Крисан В.І.\*, Крисан В.В.\*\**

*ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва  
та архітектури", м. Дніпропетровськ*

*\*ТОВ НВО "РемБуд", м. Дніпропетровськ*

*\*\*Дніпропетровська регіональна лабораторія надійності будівель та споруд  
Запорізького відділення НДІБК, м. Дніпропетровськ*

**Ключові слова:** палі, несуча здатність паль за властивостями ґрунту, випробування ґрунтів палями, статичні випробування палі, геотехнічне проектування, анізотропія ґрунту.

**Актуальність.** В наш час стрімкого розвитку висотного будівництва основним завданням проектування фундаментів висотних будівель особливо в складних геологічних умовах є зменшення осадок і різниці цих осадок між конструкціями однієї споруди та сусідніх будівель. Проектування основ і фундаментів висотних будівель в порівнянні з випадком проектування звичайних будівель і споруд має перешкоди, викликані збільшенням сумарного навантаження на основу, питомого навантаження на фундаменти і нерівномірності цих навантажень. Всі ці фактори призводять до збільшення осідань будівель, в тому числі нерівномірних, в той час як в зв'язку з ростом висоти (поверховості) чуттєвість конструкцій будівель та їх інженерних систем до нерівномірних осідань зростає.

Ситуація ускладнюється тим, що класичні пальові та плитні фундаменти вже не здатні забезпечити надійність експлуатації таких будівель.

Для рішення таких складних геотехнічних задач, на сьогодні розробляють і застосовують різноманітні вдосконалені фундаменти глибокого закладання, пальові фундаменти, а також складні комбінації класичних фундаментів (плитно-пальові, комбіновані плитно-пальові фундаменти і т.п.).

**Проблематика.** Незалежно від того, які завдання, та якого рівня складності геотехнічні задачі стоять перед проектувальниками, завжди необхідно починати з основ, як в філософському, так і в практичному значенні цього слова, тобто з інженерно-геологічних досліджень, зокрема досліджень і випробувань ґрунтів.

Згідно Частини 2 Єврокоду 7 [5] дослідження і випробування ґрунту, а також його властивостей і несучої здатності, як основи майбутнього об'єкту будівництва є обов'язковим елементом інженерних досліджень, що проводяться на етапі геотехнічного проектування з метою забезпечення його надійності та економічності [6].

Єврокод 7 передбачає процедуру перевірки геотехнічного проектування. В Частині 1 Єврокоду 7 зазначено, що граничні стани мають бути перевірені. Для чого пропонується метод спостереження, метод експериментальних моделей і випробування навантаженням та інші, або поєднання цих методів [4].

З інформації, викладеної вище [4 – 8] очевидно, що геотехнічні вишукування зокрема, ретельне дослідження ґрунту за допомогою лабораторних і польових дослідів, що відповідають якісним і кількісним вимогам до проекту є першочерговим і одним з найважливіших етапів геотехнічного проектування.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Огляд вітчизняних та зарубіжних літературних джерел і проектувальної та будівельної практики дозволяє стверджувати що за даною проблематикою наявна значна кількість публікацій та робіт. Проблема важлива, має науковий та економічний характер і гостро постала в наш час стрімкого розвитку висотного будівництва [6 – 8].

Але не дивлячись на значну зацікавленість цією проблемою досі залишаються не охопленими і не вирішеними багато питань. Вищевикладене свідчить про те, що дана тема розкрита не в повній мірі і потребує подальшої розробки і досліджень.

З вищевикладеного формулюємо мету роботи.

**Мета роботи.** Розробити методику вдосконалення способу визначення несучої здатності палі по бічній поверхні та вістря, з метою підвищення надійності та забезпеченням економічності геотехнічне проектування.

#### **Викладення основного матеріалу.**

*Перший етап роботи* включав в себе ретельне ознайомлення з добре відомими та апробованими рішеннями в такій області геотехніки, як геотехнічні вишукування, дослідження і випробування ґрунту та визначення несучої здатності палі, було поставлене завдання з вивчення рівня техніки.

Швидше за все це вдалось зробити за допомогою патентного пошуку, що є різновидом інформаційного пошуку. Патентний пошук направлений на встановлення рівня технічного рішення, меж прав власника охоронного документу а також умов реалізації зазначених прав.

В процесі роботи були проведені патентні дослідження патентної документації найважливішими перевагами якої є її достовірність й однорідність. Світовий фонд патентної документації є найбільш повним і систематизованим джерелом інформації щодо технічних рішень. В патентній документації зведено до мінімуму дублювання відомостей науково-технічного характеру, які доволі часто публікуються в іншій літературі.

Найбільш швидко та раніше всього інформація о технічних досягненнях публікується в офіційних періодичних виданнях патентних відомств - патентних бюлетенях.

З'ясовано, що на сьогоднішній день несучу здатність палі, зокрема по бічній поверхні визначають вертикальним висмикувальним навантаженням.

Прийняті на сьогоднішній день регламентовані способи визначення несучої здатності палі по бічній поверхні та вістря описано в таких нормативних документах:

- ДСТУ Б В.2.1-21:2010. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань [3];
- ГОСТ 5686-94. Ґрунты. Методы полевых испытаний спаями [1];

▪ Зміна №1 ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основні положення проектування [2].

На другому етапі роботи було проаналізовано роботу палі при проведенні польових випробувань ґрунтів палями класичним методом.

Головними недоліками способу, регламентованого нормативними документами [1 – 3] є те, що несучу здатність по бічній поверхні палі можна визначати тільки шляхом висмикування, що призводить до ускладнень пов'язаних з математичним перерахунком за формулами із використанням поправочних коефіцієнтів.

Під час висмикування до бічної поверхні палі приєднується ґрунт за рахунок тертя і відбувається зовсім інша взаємодія палі з ґрунтом. Рівнодіюча сил ваги прилеглого ґрунту і вага самої палі напрямлені в протилежну сторону сили висмикування, як показано на рис. 1а. Що значно викривляє результат дослідів.

Так як, в реальній експлуатації палі ці сили діють навпаки (рис. 1в). випробування палі висмикуванням є не зовсім коректним і не дає якісного та достовірного результату.

Відомо, що природний ґрунт має значну анізотропію, тому відповідно, випробування вертикальним висмикувальним навантаженням будуть відповідати дійсності лише в умовах роботи палі на висмикування.

А при вдавлюванні рівнодіюча сил ваги прилеглого ґрунту і вага самої палі напрямлені в одному напрямку. Що відповідає реальним умовам роботи палі в складі фундаменту при вдавлюванні. Тому, ми вважаємо, що більш правильно і логічно буде визначати несучу здатність палі по бічній поверхні вертикальним вдавлювальним навантаженням (рис 1б), тому що  $F_i^*$  не дорівнює  $F_i$ .

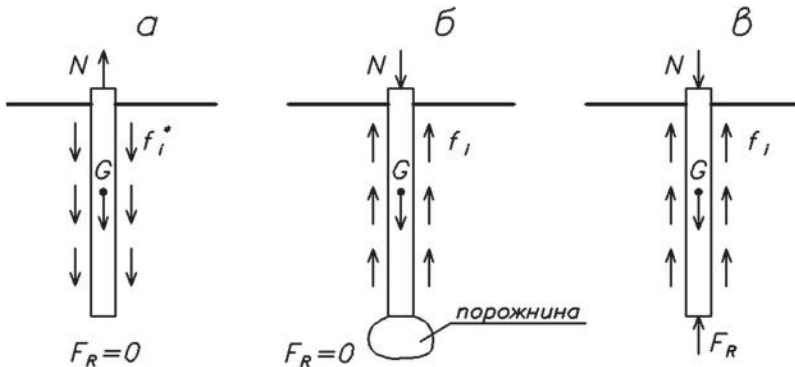


Рис. 1. Схеми роботи палі: а – при вертикальному висмикувальному навантаженні; б, в – при вертикальному вдавлювальному навантаженні;

*На третьому етапі роботи* було прийнято рішення відмовитися від ідеї відомих методів і запропонувати власну удосконалену методику. Для чого проведено чисельне моделювання роботи палі в двох різних напрямках (на висмикування і додавлювання) за допомогою програмного комплексу PLAXIS 3D, з метою підтвердження теоретичних припущень.

В результаті порівняння отриманих даних досліджень роботи палі в двох різних напрямках було отримано різні результати, які різнилися приблизно на 30 %. Це свідчить про те, що напрямок дії роботи палі має суттєве значення і потребує обов'язкового врахування при проведенні польових експериментальних випробувань.

*На четвертому етапі роботи* було розроблено власну методику вдосконалення польового способу визначення несучої здатності паль по бічній поверхні та вістрію.

Для визначення несучої здатності паль по бічній поверхні ми пропонуємо проводити випробування контрольованим статичним вертикальним вдавлювальним навантаженням за допомогою домкратних пристроїв. Але, для цього, необхідно виключити спирання нижнього кінця палі на ґрунт, шляхом створення порожнини під нижнім кінцем палі, що організовується перед влаштуванням палі, як показано на рис. 1б. Випробування необхідно проводити до моменту зриву палі. При зриві палі можливо отримати фактичну величину несучої здатності палі по бічній поверхні.

Для визначення несучої здатності палі по вістрію за вдосконаленою методикою необхідно після зриву палі і опускання її на несучий шар основи під вістрям дати можливість "перепочити" і продовжувати можна лише після "відпочинку". При проведенні випробування вдавлювальним навантаженням отримуємо сумарний опір по вістрію палі та по бічній поверхні, значення якого вже відоме з попереднього випробування (рис. 1в). Далі шляхом нескладних алгебраїчних обчислень, віднімаючи від загальної несучу здатність по бічній поверхні палі визначаємо несучу здатність по вістрію.

Якщо немає часу чекати "відпочинку палі", то в якості альтернативи можна поряд провести випробування такої ж палі, (тільки без утворення порожнини) але це викликає додаткові економічні витрати.

**Результати дослідження.** На основі проведених теоретичних досліджень та чисельного експерименту було запропоновано оригінальну методику вдосконалення способу визначення несучої здатності паль по бічній поверхні та вістрію, що значно підвищує точність отриманих результатів.

Застосування вдосконаленого способу на практиці дозволяє враховувати опір палі по бічній поверхні не під час висмикування, а під час вдавлювання, як це відбувається в реальних умовах роботи палі та отримати реальний замір несучої здатності палі по бічній поверхні.

Технічний результат, який досягається від використання вдосконаленого способу визначення несучої здатності паль по бічній поверхні та вістрію являє собою отримання фактичної несучої здатності палі по бічній поверхні та вістрію, без подальшого перерахунку за складними формулами з

використанням поправочних коефіцієнтів, який необхідний при використанні існуючих способів, регламентованих нормативними документами [1 – 3].

Результатом проведених патентних досліджень є паралельно підготовлені заявочні матеріали на винахід. Які подано до Державного патентного відомства України для проходження кваліфікаційної експертизи.

Сукупність суттєвих ознак, якими характеризується заявлений вдосконалений спосіб, не відома з рівня техніки, є новою і достатньою у всіх випадках на які розповсюджується об'єм правового захисту.

**Висновки.** В результаті проведених досліджень розроблені технічні рішення щодо вдосконалення методу визначення несучої здатності паль по бічній поверхні та вістря. Технічні рішення не відомі з рівня техніки, мають можливість практичного застосування і є новими.

Узагальнюючи та підсумовуючи усе викладене в роботі, є підстави твердити, що дана тема потребує подальшого поглибленого вивчення, дані отримані в роботі потребують додаткових експериментальних досліджень для доповнення нормативної бази перед впровадженням і початком широкого застосування вдосконаленого способу визначення несучої здатності паль по бічній поверхні та вістря в практиці будівництва.

Уточнена нормативна база буде важливим юридичним етапом, що практично дозволить виконувати геотехнічне проектування із підвищенням його надійності та забезпеченням економічності.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 5686-94. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. [Текст]. – М.: Минстрой России, 1995. – 40 с.
2. ДБН В.2.1-10-2009. Зміна №1. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основні положення проектування [Текст]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 54 с.
3. ДСТУ Б В.2.1-21:2010. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань [Текст]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 11 с.
4. ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2004. Єврокод-7. Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила (EN 1997-1:2004, IDT) [Текст]. – Чинний від 01.07.2013. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. -190 с.
5. ДСТУ-Н Б EN 1997-2:2007. Єврокод-7. Геотехнічне проектування. Частина 2. Дослідження та випробування ґрунтів (EN 1997-2:2006, IDT) [Текст]. – Чинний від 01.07.2013. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. -190 с.
6. Основні принципи Єврокоду 7. Геотехнічне проектування [Текст]: Передмова до статті Р. Франка / Слюсаренко Ю. С., Корнієнко М. В. // Журнал "Світ геотехніки", №1. – Запоріжжя, 2008. – С. 7 – 16.
7. Decoding Eurocode 7 [Text] / Andrew Bond and Andrew Harris. 1<sup>st</sup> ed. – London and New York: Taylor and Francis, 2008. – 598 p.
8. Designers Guide to EN 1997-1. Eurocode 7: Geotechnical design – General rules / R. Franck, C. Baunduin, R. Driscoll, M. Kavvas, N. Krebs Ovesen, T. Orr and Schuppener. – London: Thomas Telford Ltd, 2004.