

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЛАШТУВАННЯ
БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ З АНТИФРИКЦІЙНИМ ПОКРИТТЯМ У
СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ**

**THE STUDY OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR THE
INSTALLATION OF BORED PILES WITH AN ANTIFRICTION LAYER
IN COMPLEX ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS.**

Грецький Д. В., к. т. н., доцент, <https://orcid.org/0000-0002-3086-0939>
(Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси)

Gretskiy Denys, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
<https://orcid.org/0000-0002-3086-0939> (Cherkasy State Technological
University, Cherkasy)

**Наведені основні недоліки відомих технологій влаштування
буронабивних палей з антифрикційним покриттям у складних інженерно-
геологічних умовах, приведено фактори, що робить нераціональним
застосування відомих технологій, зроблені припущення щодо усунення
відомих недоліків.**

When installing bored piles in complex engineering-geological conditions, it is recommended to use antifriction materials in the contact zone between the pile and the surrounding soil. These materials reduce the impact of negative friction and help increase the load-bearing capacity of the piles. However, there is currently no clearly defined and scientifically substantiated technological scheme for installing bored piles with an antifriction coating in such soil conditions. Existing technological sequences for installing bored piles with antifriction coatings in complex engineering-geological conditions have a number of drawbacks: high labor intensity in applying the coating, difficulty in achieving a quality coating, and insufficient durability and operational reliability of bored piles for building foundations during the operational period. This can lead to premature failure of the coating layer and, consequently, a reduction in the load-bearing capacity of the pile during the building's service life. Additionally, there are challenges in the processes of lowering the reinforcement cage, joining the layers of antifriction coating, and ensuring proper contact between the pile body and the coating. Therefore, there are several directions for improving the technology of applying antifriction coatings on bored piles when constructing in complex engineering-geological conditions: improving the connection of the antifriction coating and enhancing its attachment to the concrete pile body. Improvements in the

technological sequences for installing piles with antifriction coatings in similar engineering-geological conditions have been described, as well as methods for improving the application of the antifriction coating to provide stronger adhesion between the coating strips and the pile body. The result of such improvements is a more guaranteed service life of the antifriction coating on the bored pile and a reduction in negative friction between the coating and the pile body during the operation of the pile.

Ключові слова: Технологія, палі, ґрунт.
Technology, piles, soil.

Вступ. Відомо, що під час улаштування буронабивних паль у складних інженерно-геологічних умовах рекомендується застосовувати антифрикційні матеріали (наприклад, поліетиленову плівку, пластик або бітум), які зменшують вплив негативного тертя в зоні контакту та сприяють підвищенню несучої здатності паль [1]. Однак наразі відсутня чітко визначена та науково обґрунтована технологічна схема виконання буронабивних паль з антифрикційним покриттям у таких ґрунтах.

Наведені основні недоліки найбільш відомих технологій влаштування буронабивних паль у інженерно-геологічних умовах. Були наведені фактори, які роблять нераціональним застосування відомих технологій. Зроблені припущення, що всі перелічені недоліки можна усунути шляхом застосування інноваційних вдосконалень існуючих технологій.

Аналіз останніх досліджень. Питаннями проблематики проектування будівництва палевих фундаментів в просадочних ґрунтах другого типу та впливу негативного тертя на тіло палі займалися багато дослідників: Терцаги К.; Крутов В. І.; Crawford C. B.; Endo M.; Indraratna B.; Fellenius B. H.; Poulos и Mattes; Bjerrum; Walker L. K.; Баходдин Б.В. и Берман В. И.; Григорян А.А.; Арутюнов І. С.; Leung; Габібов Ф.Г.; Далматов Б.І.

Постановка мети і задач досліджень. Визначити напрям удосконалення влаштування антифрикційних покриттів при влаштуванні буронабивних паль у складних інженерно-геологічних умовах.

Методика досліджень. Існує декілька напрямів удосконалення технології влаштування антифрикційних покриттів буронабивних паль при будівництві у складних інженерно-геологічних умовах [2]:

- удосконалення стикування антифрикційного покриття;
- удосконалення закріплення антифрикційного покриття до тіла палі.

Результатом подібних удосконалень є більш гарантований експлуатаційний ресурс антифрикційного покриття буронабивної палі та зниження цим покриттям негативного тертя по тілу палі в процесі її експлуатації.

Результати досліджень. *Напрямок удосконалення стикування антифрикційного матеріалу.*

Технологія влаштування буронабивної палі з антифрикційним покриттям, де перед бетонуванням тіла палі в попередньо пробурену свердловину встановлюється арматурний каркас, обмотаний плівковим незмочуваним матеріалом шарами з укладкою між останніми нетвердіючої змазки, вертикальний стик кожного шару виконують з перехльостом по колу та зміщенням відносно стику попереднього шару, [3].

До недоліків цієї технологічної послідовності влаштування можна віднести:

- антифрикційне покриття у свердловину встановлюється на арматурному каркасі, тоді як, він повинен бути довжиною рівною товщині просадочної товщі. Виходячи з цього, неефективне використання арматури каркасу, так як його геометричні параметри (довжина) можуть бути набагато меншими, згідно з розрахунком.

- ненадійність влаштування вертикального стику антифрикційного покриття палі, можливі загинання, зминання крайових ділянок плівкового незмочуваного матеріалу, як при його зануренні у свердловину, так і при роздаванні його у діаметральному напрямі при бетонуванні палі.

Для усунення даних недоліків пропонується наступні зміни технологічної послідовності (див. рис. 1а). Перед влаштуванням тіла буронабивної палі 1 у попередньо влаштованій свердловині влаштовують поширення (будь-яким з методів), занурюють пластмасову захисну трубу 9 товщиною 3-4 мм, діаметром меншим за діаметр палі на 50-100мм з закріпленою на її зовнішній поверхні антифрикційним покриттям 2 з декількох шарів плівкового незмочуваного матеріалу (див. рис. 1а). Причому спочатку обгортають пластмасову захисну трубу декількома внутрішніми (першими) шарами плівкового матеріалу 3, потім обгортають зовнішнім шаром смугою 4, довжиною рівною ($\pi d - 20 \div 50$ мм), де d- діаметр труби 9, зі зміщенням вертикального стику 5 відносно стику внутрішніх шарів 3 на величину, не менше $1/2\pi d$ (див. рис. 1б). Потім вертикальний стик 5 зовнішнього шару 4 улаштовують за допомогою плівки 6, наприклад, шириною 100 мм, що прикріплюють за допомогою клеючої мастики 7 середньою ділянкою, наприклад, шириною 30 мм до внутрішніх попередніх шарів 3. Прижимають рейкою з овальними бічними гранями, що має ширину, наприклад, 30 мм та товщину 4-5 мм. Потім одну з крайових ділянок плівки 6 шириною наприклад, 35 мм отгинають на 180° , наносять на неї шар клеючої мастики 7 і вкладають щільно смугу внахльост з перекриттям частини крайової внутрішньої ділянки смуги шириною, наприклад, 10 мм, після чого повертають на 180° іншу частину граничної ділянки плівки 6 шириною, наприклад, 20 мм та приклеюють її до лицьової поверхні зовнішнього шару плівкового незмочуваного матеріалу 4. Іншу сторону стику виконують аналогічним чином. Після цього стикове з'єднання 5 прикатують ручним катком та витягають прижимну рейку (див рис. 1в).

Дана технологічна послідовність влаштування дозволяє:

1. Збільшувати надійність антифрикційного покриття, як при експлуатації буронабивної палі, так і при її зануренні у свердловину, також і при роздаванні її у діаметральному напрямку в процесі вібрування бетонної суміші палі.

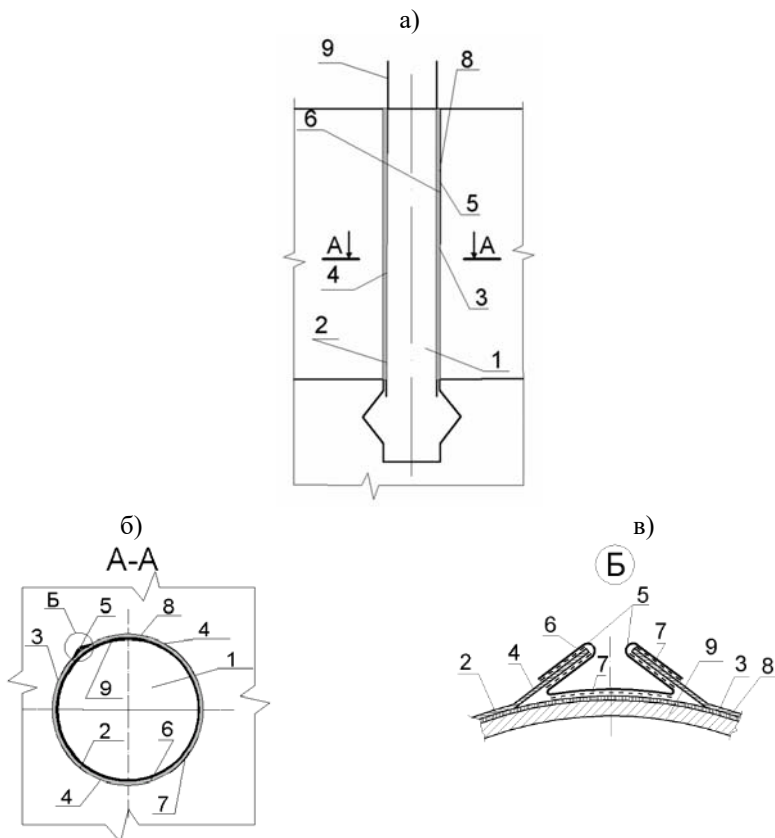


Рис. 1 (а,б,в) - Схема влаштованої буронабивної палі з антифрикційним покриттям
 1 - буронабивна паля, 2 - антифрикційне покриття, 3 – внутрішні шари плівкового незмочуваного матеріалу, 4 – зовнішні шари плівкового незмочуваного матеріалу, 5 - вертикальний стик плівкового незмочуваного матеріалу, 6 – плівка, 7 - клеюча мастика, 8 – свердловина, 9 - пластмасова труба.

2. Збільшувати загальний строк служби антифрикційного покриття, за рахунок улаштування закритого вертикального стику з'єднання плівкового незмочуваного матеріалу. Оскільки покриття влаштовується із закритим вертикальним стиком, що захищає її від попадання вологи та ґрунту у простір між шарами, також від змерзання шарів плівкового матеріалу .

3. Зменшувати витрати сталі, так як занурення антифрикційного покриття у свердловину відбувається за рахунок пластмасової захисної труби, яку потім можуть витягувати з свердловини. Отже, немає потреби приймати довжину арматурного каркасу рівною товщині просадочного ґрунту для занурення у свердловину антифрикційного покриття, а приймати його згідно розрахунку. Як відомо, при незначних навантаженнях, палі можуть влаштовуватись без армування.

На рис. 1а показано переріз по свердловині з встановленою пластмасовою захисною трубою з антифрикційним покриттям, на рис. 1б - переріз А-А по рис. 1а, на рис. 1в - збільшений вузол Б перерізу А-А.

Тіло фундаменту палі формують шляхом укладання бетону через пластмасову захисну трубу 9, витягуючи її по мірі вкладання бетону та залишаючи в свердловині покриття з плівкового незмочуваного матеріалу.

Після видалення пластмасової захисної труби 9 та занурення арматурного каркасу (необхідність якого визначається згідно розрахунку), проводять вібрування та армування бетону палі, за рахунок чого створюється значний тиск, що розширює антифрикційне покриття 2 до розмірів свердловини, притискаючи до її поверхні, створюючи в межах дії сили негативного тертя поверхню ковзання.

Для вільного витягання антифрикційного покриття 2 з пластмасової захисної труби 9 та для її утримання у свердловині, поверхню труби змазують консистентним матеріалом, а кінці матеріалу 2 заводять на днище труби 9, де вони в подальшому придавлюються вагою бетону, що укладений.

Таким чином, запропонована технологія забезпечує значне поліпшення надійності та стійкості антифрикційного покриття, збільшення його загального строку служби.

Напрямок удосконалення закріплення антифрикційного покриття.

Відомі технології влаштування буронабивної палі у складних інженерно-геологічних умовах [3,4].

Недоліками цих способів є недостатня антифрикційна якість, велика вартість обсадних труб, значні деформації поліетиленової труби, внаслідок нерівномірних дотичних напружень при нерівномірній просадці ґрунтового масиву, складність технологій встановлення оболонки у свердловину та велика трудомісткість операцій: скручування - розкручування полотнища у циліндричну оболонку, зведення її у удруге кільце, об'єднане з зовнішнім витком полотнища та з тросами; наявність механізму фіксації оболонки з підпружиненим приводом використання бурового механізму для розкручування оболонки та переобладнання його бурової коронки.

Також як недолік даних технологій можна назвати низький строк служби та експлуатаційну надійність антифрикційного покриття, внаслідок недостатнього компенсування навантажень, що виникають при нерівномірній просадці ґрунтового масиву, незначну надійність покриття в результаті температурних перепадів, що виникають у навколишньому ґрунтовому

масиві. Низька адгезія покриття до бетонної поверхні палі, так як при впливі ґрунту, що осідає на покритті може утворюватися гофри та складки, а тривала деформація може привести до розтріскування та руйнування антифрикційного покриття.

Мета удосконалення існуючої технології реалізується через таку послідовність дій.

Арматурний каркас 3 майбутньої палі попередньо обгортають першим (внутрішнім) шаром антифрикційного покриття (див. рис. 2а). Перший шар складається зі смуг антифрикційного матеріалу з еластичної плівки 7, що здубльована з шаром зі склотканини з анкерними виступами та з полімерної плівки 8, тобто з шаром зі кріпленням та без кріплення при подальшій експлуатації до поверхні палі 1 матеріалу. Причому співвідношення по висоті незакріпленого 8 та закріпленого матеріалу з поверхнею палі 1 приймають 1:18-1:24. На обгорнений перший шар антифрикційного покриття, а саме на смуги еластичної плівки 7 з анкерними виступами 8 наносять шар клеючої мастики 6 з подальшим обгортанням арматурного каркасу 3 іншим шаром антифрикційного покриття з полімерного матеріалу 5.

Дублювання еластичної плівки 7 зі склоосною 8 виконують на трьох валовому каландрі, що «розчісує» склооснову, підсилюючи відгин вільних волокон 8, що закріплені одним кінцем в одній точці. Використовують дубльовану еластичну (наприклад, хлорсульфополіетіленову) плівку 7 зі склоосною 8 (наприклад, з сітки нетканої перехресної, скляної марки НПС-Т-Г-150). Вміст вільних волокон 7 становить у межах 20–65%.

Перед обгортанням антифрикційного покриття 4 арматурного каркасу 3, на вертикальні стрижні арматурного каркасу встановлюють пластмасові фіксатори 9, довжиною не менше товщини захисного шару залізобетону палі 1, кількість пластмасових фіксаторів 9 по висоті приймають на кожний обгорнений внутрішній шар 7, 8 антифрикційного покриття та для придання кожній смузі 7, 8 компенсуючого першого шару контурів свердловини 2.

Арматурний каркас 3 обгорнений антифрикційним покриттям 4 занурюють у пробурену свердловину 2 з поширенням, яку влаштовують будь-яким з методів під захистом обсадної труби (на рисунках не показано). Обсадна труба вилучається після закінчення формування свердловини 2. Задля непорушності матеріалу антифрикційної «сорочки» 4 при витяганні труби та в процесі бетонування, його кріплять до нижньої частини арматурного каркасу 3.

Бетонування тіла палі 1 здійснюють відомими способами під тиском, антифрикційне покриття 4 під час бетонування розширюється до розмірів свердловини 2, притискуючись до її поверхні, створюючи в межах дії сили негативного тertia поверхню ковзання.

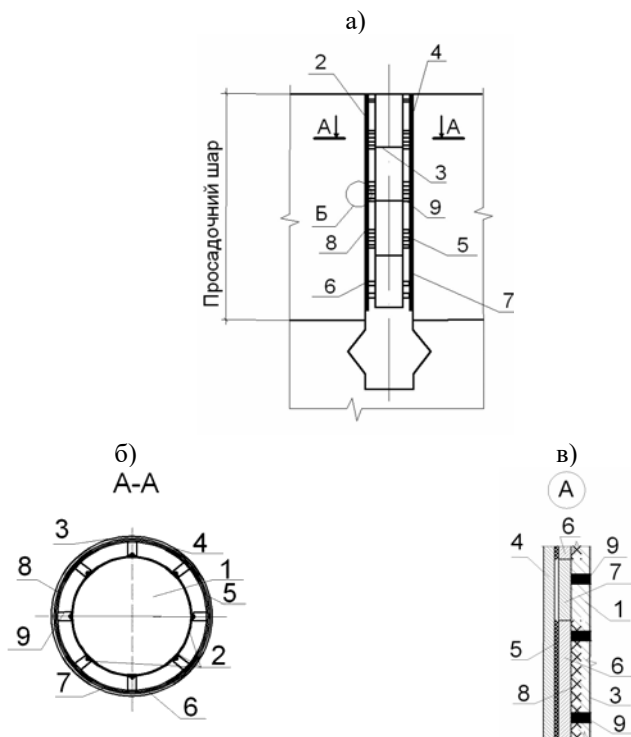


Рис. 2.(а,б,в) - Схема влаштованої буронабивної палі з антифрикційним покриттям
 1 - буронабивна паля, 2 – свердловина, 3 - арматурний каркас, 4 -
 двохшарове антифрикційне покриття, 5 - зовнішній полімерний шар
 антифрикційна «сорочки», 6 - клеюча мастики, 7 - внутрішній шар з
 еластичної плівки, 8 - шар зі склотканини з анкерними виступами з
 полімерної плівки, 9 - пластмасові фіксатори.

Таким чином, антифрикційне покриття 4, отримане за запропонованою технологією, демонструє більший строк служби та підвищену зносостійкість під впливом температурних коливань у ґрунтовому масиві та напруг, спричинених його нерівномірною просадкою. Внаслідок передавання деформацій між покриттями, що викликані зміною температури навколишнього ґрунтового масиву зовнішнім шаром 5 антифрикційного покриття на незакріплені (рухомі) шари полімерного матеріалу 9 з наступним компенсуванням температурних та деформаційних напруг у покритті. Також підвищується адгезія між антифрикційним покриттям 4 та бетонною поверхнею палі 1, що дозволяє уникнути його зминання при нерівномірній просадці ґрунтового просадочного масиву. Причому такий вид закріплення антифрикційного матеріалу 4 виключає розшарування його на межі бетон-покриття, руйнування можливо по основі (когезійний відрив).

Для пояснення технологічної сутності способу представлені розроблені креслення, на рис. 2а показано переріз по буронабивній palі з антифрикційним покриттям, що влаштоване, на рис. 2б - переріз А-А, на рис. 2б) - збільшений вузол Б з рис. 2а.

Даний спосіб влаштування буронабивної palі з антифрикційним покриттям дозволяє:

1. Збільшувати надійність антифрикційного покриття, що влаштоване за рахунок влаштування шару, що компенсує з чередуванням закріплених та незакріплених з бетонною поверхнею palі смуг. Цей шар дає можливість зкомпенсовувати нерівномірні навантаження, що можуть виникати при температурних перепадах у ґрунтовій товщі, так і при нерівномірних деформаціях просадочного та набухаючого ґрунту.

2. Збільшувати адгезію між антифрикційним покриттям та бетонною поверхнею palі та загальний строк служби покриття. Так як еластичний матеріал, що здубльований з склотианою першого (внутрішнього) шару має добре зчеплення з поверхнею palі за рахунок анкерних з'єднань з склотианою у вигляді вільних волокон закріплених з еластичною плівкою одним кінцем. Розшарування на межі бетон-покриття не відбувається, руйнування матеріалу можливе по основі (когезійний відрив), так як введення анкерних з'єднань збільшує адгезію до величини, більшої за когезію шару.

Висновки та рекомендації. Описані удосконалення влаштування антифрикційних покриттів при влаштуванні буронабивних palей у складних інженерно-геологічних умовах за рахунок удосконалення стикування антифрикційного покриття та його закріплення до тіла palі, в цілому дають більш прогнозований термін служби цих покриттів на протязі часу, що може гарантувати зменшення несучої здатності по тілу palі під час її гарантованого терміну служби.

1. Крутов В.І. Основи та фундаменти на просадних ґрунтах / В.І. Крутов. – К. : Будівельник, 1982. – 224 с.

Krutov V.I. Osnovy ta fundamenti na prosadnykh gruntakh / V.I. Krutov. – K. : Budivelnik, 1982. – 224 s.

2. Грецький Д.В. Ефективні технології влаштування пального фундаменту з антифрикційним шаром у просадочних ґрунтах II типу /П.А. Донченко, Д.В. Грецький, В.М. Коновал // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 15. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2007. – С. 175–178.

Hretskyi D.V. Efektyvni tekhnolohii vlashtuvannia palovoho fundamentu z antyfruktsiynym sharom u prosadochnykh gruntakh II typu /P.A. Donchenko, D.V. Hretskyi, V.M. Konoval // Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnogo universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana. – Vyp. 15. – D.: Vyd-vo Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazariana, 2007. – S. 175–178.

3. Патент на винахід України № 23535, кл. Е 02 D 5/38, 1998.

Patent na vynakhid Ukrainy № 23535, kl. E 02 D 5/38, 1998

4. Ермшин П.М. Устройство буронабивных свай.- М.: Стройиздат.-1982.

Ermshyn P.M. Ustroistvo buronabivnykh svai.- M.: Stroiyzdat.-1982.