

УДК 69:624.05

**ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВЛАШТУВАННЯ КОРОТКИХ ШПУНТОВИХ СТІН
В УМОВАХ УЩІЛЬНЕНОЇ ЗАБУДОВИ**

Канд. техн. наук І. Б. Мудрий, асп. М. М. Фречка

**FEATURES OF THE TECHNOLOGY OF INSTALLING SHORT SHEET PILE WALLS
IN THE CONDITIONS OF A COMPACTED BUILDINGS**

PhD (Tech.) I. Mudryy, postgraduate student M. Frechka

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.211.2025.327340>



***Анотація.** У статті розглянуто вимоги до застосування методів механізації в умовах ущільненої забудови з влаштуванням пальових фундаментів на основі попереднього аналізу ряду параметрів: інженерного та геологічного стану майданчика; внутрішньої стисливості та зовнішньої будівельного майданчика; габаритів ведучого механізму; майданчиків для розміщення додаткового обладнання, складів, розвантажувальних майданчиків. Визначено основні умови і технології влаштування міжпальового заповнення для шпунтових стін. Запропоновано конструктивно-технологічне рішення влаштування міжпальового заповнення*

для коротких шпунтових стін, виконаних за ручною технологією. Запропоновано технологічні етапи зведення монолітних залізобетонних шпунтових стін за допомогою ручного бура. Наведено результат практичної реалізації запропонованої технології.

Ключові слова: малогабаритна бурова установка, шпунтова стіна, технологія буріння свердловин, ручний бур, міжпальовий простір; стислі умови будівництва.

Abstract. In the context of modern urban development, the challenge of constructing buildings and structures within densely populated areas is particularly pressing. The technologies employed in such scenarios are predominantly based on creating sheet pile walls or protective screens between existing and proposed structures to avoid impact on the subsoil beneath existing foundations. The article explores the requirements for applying mechanization methods in constructing pile foundations under the constraints of dense urban development. The study is based on an analysis of several critical parameters, including the engineering and geological conditions of the site, the compressibility of the ground, the dimensions of the construction site, and the space available for additional equipment, storage, and unloading areas. It identifies the key conditions and technologies for arranging inter-pile fillings for sheet pile walls. A structural and technological solution is proposed for manually constructing inter-pile filling in short sheet pile walls. The article also outlines the technological stages for erecting monolithic reinforced concrete sheet pile walls using a manual auger. The practical implementation of the proposed technology for foundation construction with a compatible sheet pile wall effectively avoids impacting neighboring structures in areas adjacent to existing foundations. Technological control over the construction stages is crucial to ensuring the bearing capacity of sheet pile barriers of this type. Additional research is needed to develop an engineering methodology for calculating the performance of short sheet piles in such foundation systems. Finally, it presents the practical results of implementing the proposed technology, demonstrating its feasibility and effectiveness.

Keywords: compact drilling rig, sheet pile wall, borehole drilling technology, manual auger, inter-pile space, constrained construction conditions.

Вступ. У сучасних умовах активного освоєння міських територій постає питання необхідності зведення нових об'єктів на вже забудованих ділянках. Це зумовлено обмеженою кількістю вільних ділянок у межах міст, а також потребою раціонального використання наявних територій. Будівництво в умовах щільної забудови супроводжено різними технічними та організаційними викликами, пов'язаними зі взаємодією нових конструкцій із наявними спорудами.

Особливу увагу слід приділяти будівництву, що передбачає примикання нових будівель до вже наявних. У таких випадках одним із основних аспектів є вплив нового будівництва на несучу здатність основи під фундаментами наявних споруд, який потрібно враховувати не лише під час зведення, а й у процесі експлуатації.

Порушення стабільності основи може спричинити деформації або руйнування будівель.

За чинними нормативними вимогами, щодо будівництва в умовах ущільненої забудови необхідно впроваджувати комплексні заходи з планування та організації робіт [1]. Ці рішення мають унеможлилювати вплив нових споруд на навколишню забудову як зі зведенням, так і експлуатацією об'єкта. У сучасних умовах будівництва використовують ряд конкурентних технологій улаштування шпунтів для унеможливлення такого впливу [2-4]:

- стіни з інвентарних шпунтових елементів;
- стіни з буронабивних (буроін'єкційних) паль із забірною;
- стіна у «ґрунті»;
- метод «січних» паль.

Реалізація таких технологічних рішень має ряд обмежень у процесі їх реалізації, викликаних динамічними навантаженнями; перезволоженням ґрунтів основи; зменшенням корисного простору у проєктованих спорудах; обмеженням доступом.

Крім того, для цих технологій потрібен значний простір для реалізації, використання важкої будівельної техніки та певного спеціалізованого обладнання. Це викликає певні обмеження у стиснених умовах будівельного майданчика, де робота великогабаритної техніки є ускладненою або неможливою. Реалізація вказаних вище рішень потребує технологічного відступу від сучасних конструкцій (1,2...1,5 м) через габарити обладнання та особливості процесу його роботи.

Для вирішення питання організації шпунтових конструкцій в умовах внутрішньої стисливості будівельного майданчика пропонується використовувати технологію влаштування коротких буронабивних паль. Ці палі можуть бути виконані з використанням малих самохідних бурових установок або вручну з використанням спеціалізованих бурових інструментів. Така технологія дає змогу ефективно використовувати обмежені ресурси простору.

Постановка проблеми. Аналіз діаметра буронабивних паль, які можуть виконувати на будівельному майданчику самохідні малогабаритні бурові установки масою до 4,0 т, показує, що вони змінюються в межах поширених типорозмірів коротких буронабивних паль діаметром 200-520 мм (рис. 1).

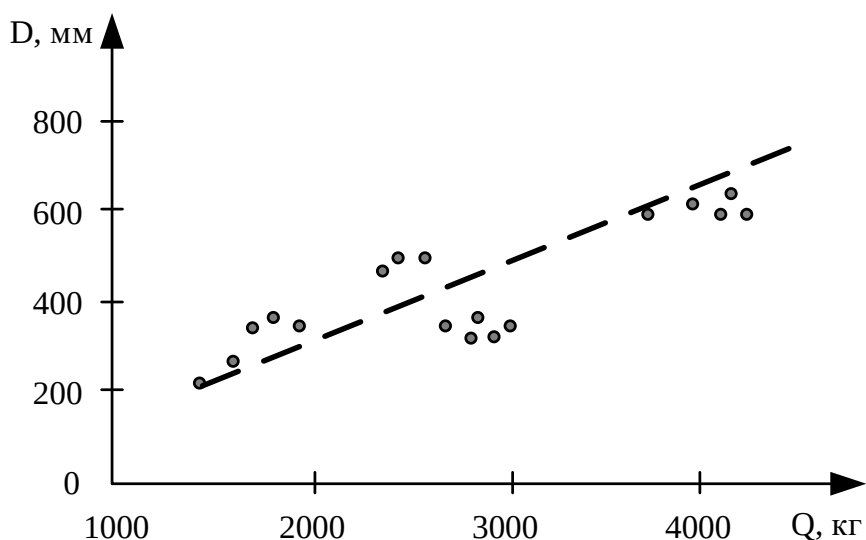


Рис. 1. Зміна максимального діаметра свердловини (D) залежно від маси (Q) малогабаритної самохідної бурової установки

Досвід використання малих самохідних бурових машин свідчить, що в стиснених умовах будівельних майданчиків виникають «мертві зони», ділянки, де робота і розміщення бурових машин є обмеженими чи неможливими через технічні перешкоди. Такі обмеження

ускладнюють проведення робіт і потребують оперативної зміни ухвалених проєктних рішень на етапі будівництва.

Виявити такі обмеження зазвичай можна лише з розробленням технологічних карт, за уточнених просторових умов будівельного майданчика та фактично

наявних у підрядника засобів механізації. На цьому етапі для уточнення проєктних рішень необхідним є аналіз:

- обмежень із можливості використання певного технологічного обладнання;
- просторових параметрів бурової машини і навколишньої забудови;
- застосованої технології буріння свердловин (коронкове, шнекове, метод витіснення).

Для вирішення питання застосування машин в умовах стисненого простору будівельного майданчика в роботі [5] проаналізовано основні габаритні

параметри, які впливають на вибір технології виконання паль з використанням нединамічних методів буріння. У табл. 1 наведено результати аналізу таких чинників, зокрема необхідної зони доступу, габаритних розмірів установки та віддалі наближення до наявних конструкцій.

Використання таких даних дає змогу обґрунтувати вибір технологій і необхідного обладнання для влаштування паль, знизити ризики утворення «мертвих зон», підвищити ефективність і якість процесу зведення в стиснених умовах будівельного майданчика.

Таблиця 1

Технічні показники для вибору методу виконання паль у стиснених умовах будівельного майданчика [5]

Метод влаштування паль	Показник		
	Мінімальна площа зони робіт, м ²	Мінімальне зближення до конструкцій, м	Максимальна продуктивність робіт, м пог./зміна
Занурення паль заводського виготовлення			
вдавлення	170...395	1,0...3,6	150
Виконання буронабивних паль			
прохідний шнек	340	0,90	250
в обсадних трубах	390...410	1,2...1,6	40,0
під захистом глинистого розчину	90,0	0,3...0,6	40,0
Виконання набивних паль			
витісненням	320	0,90	200
типу «фундекс»	315	0,90	200

За табл. 1, мінімальна відстань, із якої механізовано можна виконати шпунтову стіну поряд із наявними конструкціями за допомогою сухих технологій буріння свердловин, складає 0,9 м. Ця відстань визначена технічними характеристиками механізму, габаритними параметрами бурової установки, а також вимогами з безпеки виконання робіт у безпосередній близькості до наявних конструкцій.

Практичний досвід проведення робіт на будівельному майданчику свідчить, що свердловини можна виконувати на меншій відстані від наявних конструкцій, використовуючи ручний буровий інструмент (рис. 2). Використання ручних бурів дає змогу облаштовувати свердловини у ґрунтах I-III групи на глибину до 5 м, що є достатнім для зведення неглибоких шпунтових конструкцій. Цей метод дає

змогу зменшити вплив на наявні конструкції та мінімізувати ризики пошкоджень, що є критично важливим для роботи в умовах ущільненої міської забудови.

На рис. 2 наведено приклад облаштування свердловини з використанням ручного бурового інструменту. Цей метод забезпечує зручність і гнучкість у реалізації проектних рішень, особливо у випадках, коли доступ великогабаритної техніки є складним або взагалі неможливим. Завдяки простоті та

мобільності ручного обладнання вдається оперативно виконувати необхідні бурові роботи, що сприяє оптимізації термінів будівництва та зниженню загальних витрат на виконання шпунтових конструкцій. За допомогою ручного буріння можна виконувати роботи в обмеженому просторі; мінімізувати рівень шуму та вібрації; підвищити точність розташування свердловин, що дає змогу враховувати особливості об'єкта і наявність перешкод (наявних комунікацій).



а



б



в

Рис. 2. Технологічні елементи паль, виконаних ручним буром:
а – ручний буровий інструмент; б – загальний вигляд свердловини;
в – встановлення арматурного каркаса

У випадках, коли заповнення міжпальового простору шпунтів виконують у монолітному бетонному або

залізобетонному варіанті, конструкція може мати подвійну функцію:

– кріплення вертикальних стін земляної споруди;

– стіни підвального приміщення (відповідно до конструктивних вимог).

При цьому необхідно враховувати обмеження, встановлені чинними нормативними вимогами проектування [6], які регламентують мінімально допустиму відстань між палями, коли шпунтова стіна виконує функцію несучої конструкції фундаменту. Недотримання цих норм може призвести до зниження несучої здатності фундаментів і створити ризики можливих деформації або руйнування конструкцій.

Виклад основного матеріалу. Для пальових шпунтових стін із відкритим простором між палями у процесі тривалої експлуатації характерне явище суфозії, вимивання ґрунту, чи його зсування. Зазвичай для заповнення міжпальового простору використовують ряд способів:

- збірні дерев'яні щити (рис. 3, а).
Рішення доцільне за швидкої та економічної

реалізації шпунтових стін. Неналежна герметизація між щитами і палями може призводити до утворення щілин, через які можливе просочування ґрунту або води. У багатьох випадках щити є тимчасовим рішенням і потребують демонтажу після завершення робіт, що додає етапів до загального процесу будівництва;

- монолітний залізобетон у збірний (інвентарний) опалубці (рис. 3, б). Заповнення міжпальового простору залізобетоном створює суцільну монолітну стіну без щілин, що підвищує стійкість до впливу зовнішніх чинників, має тривалий термін служби та робить його економічно вигідним рішенням у довгостроковій перспективі. Але роботи з бетонування таких стін складно виконувати за низьких температур або несприятливих погодних умов, що може потребувати додаткових заходів, таких як утеплення чи використання спеціальних добавок у бетон.



а



б

Рис. 3. Використовувані способи:

а – збірні дерев'яні щити; б – монолітний залізобетон (до заливки бетону)

Такі технології мають спільний недолік – необхідність розроблення земляної споруди для можливості

влаштування міжпальового заповнення (рис. 4, а). На цьому етапі можуть виникати суфозійні процеси, викликані нещільним

приляганням елементів заповнення до ґрунту або динамічним впливом на палі з введенням елементів заповнення (рис. 4, б).

На практиці часто розкриття міжпальового простору виконують на всю висоту виїмки.



а



б

Рис. 4. Вигляд окремих етапів влаштування шпунтових стін:
а – розробка земляної споруди; б – зсування ґрунту між пальями

Уникнути цього недоліку можна із застосуванням технології влаштування неглибоких підпірних стінок «насухо». У роботі [7] зазначено, і досвід зведення це підтверджує, що вертикальні укоси земляних споруд зберігають свою стійкість у разі їх короткотривалого стояння терміном 1–2 доби. Відповідно можна створювати вузькі щілинні виїмки ґрунту на короткі періоди часу без кріплення стінок земляної споруди за умови дотримання всіх обмежень за безпекою. Для реалізації такої технології пропоновано конструктивно-технологічне рішення за такими етапами зведення:

Етап I. Влаштування буронабивних паль із використання ручних бурів:

- палі влаштовують із поверхні, яка технологічно забезпечує доступ бурового обладнання та унеможливорює випірання ґрунту з-під фундаментів;
- крок, діаметр і довжина паль визначені розрахунком.

Етап II. Виконання щілини за допомогою ручного бура:

- виїмання ґрунту виконують покроково окремими циліндричними елементами;

- глибину щілини приймають за заданими конструктивними чи планувальними вимогами.

Етап III. Зрізання «ціликів» ґрунту між свердловинами:

- зрізання (вирівнювання стінок) ручним буром зверху вниз;

- виїмання недобору ґрунту (зачищення), який утворюється внаслідок осипання з вирівнюванням стінок щілини. Якщо не зачистити, ґрунт залишається у свердловині і ущільнюється вагою бетону з бетонуванням щілини.

Етап IV. Влаштування бетонної чи залізобетонної міжпальнової стіни методом «у розпір»:

- бетонування методом вкладання бетону для стінових конструкцій;
- влаштування балки обв'язки по пальях.

Таке конструктивне рішення з відповідними технологічними вказівками

використано для зведення шпунтових огорожень у сучасній забудові для будівництва чотириповерхового житлового

будинку в м. Львові на вулиці Шевченка, 154 (рис. 5).

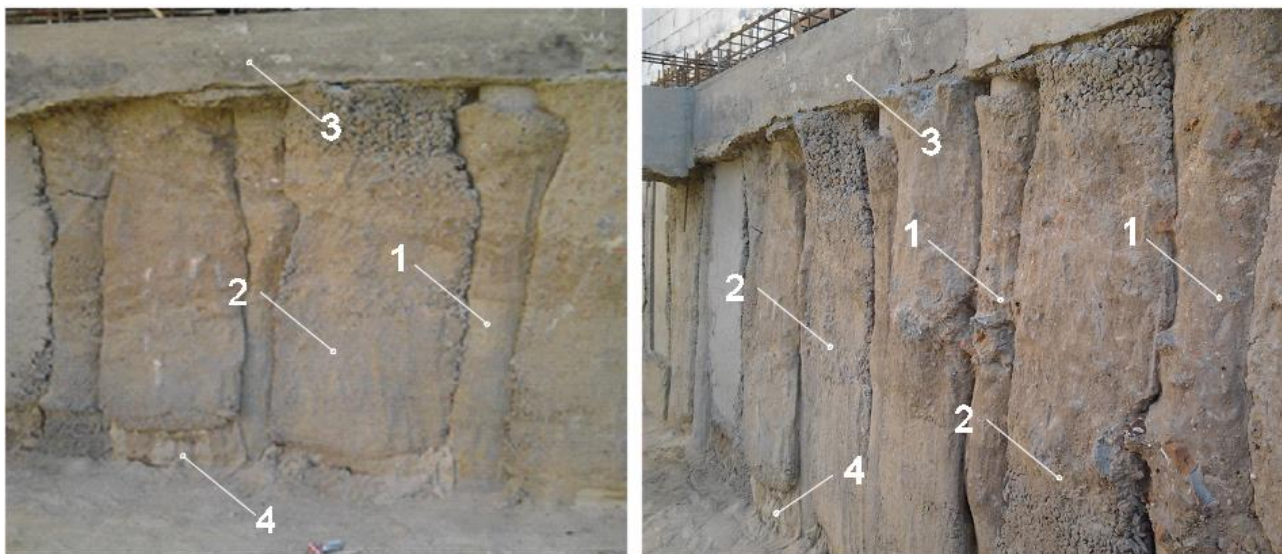


Рис. 5. Реалізація пропонованої технології (загальний вигляд монолітної шпунтової бетонної підпірної стінки): 1 – буронабивна залізобетонна паля; 2 – міжпальовий простір заповнений бетоном; 3 – монолітна залізобетонна балка обв'язки; 4 – недобір ґрунту

Висновки. Практична реалізація технології влаштування шпунтових стін за допомогою ручного буріння показує, що:

- шпунтові стіни, виконані методом ручного буріння, можна влаштовувати поряд із наявними конструкціями;
- монолітні конструкції міжпальового заповнення шпунтових стін мають значне відхилення від вертикалі (8 ... 15 см);
- наявні незаповнені щілини між палями та міжпальовим монолітним заповненням;

- відсутня можливість контролю якості вібрування в певних шарах конструкції міжпальового заповнення.

Загалом пропоновану технологію можна використовувати для влаштування коротких шпунтових стін (до 3 м глибиною), які не є стінами підвальних приміщень. Потрібен додатковий аналіз геометричних параметрів монолітної міжпальної вставки залежно від типу ґрунту, навантаження та відстані між палями.

Список використаних джерел

1. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд, 2012. 25 с.
2. Якименко О. В. Сучасні методи влаштування паль та шпунтових обгороджень: навч. посіб. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 119 с.
3. Das B. M. (2011). Principles of Foundation Engineering. 7th Edition. Stamford, CT: Cengage Learning.

4. Gaba A. R., Simpson B., Powrie W. & Beadman D. R. (2003). *Embedded Retaining Walls – Guidance for Economic Design*. London: Thomas Telford Publishing.
 5. Haido A.N. Osobennosti razrabotky proektov proyzvodstva rabot po ustroistvu svainykh fundamentov v stesnennykh usloviyakh horodskoi zastroiky. *Vestnyk PNYPU. Stroytelstvo y arkhytektura*. 2017. T. 8, № 4. S. 74–85.
 6. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти будівель і споруд. Київ: Мінрегіон України, 2018.
 7. Беляков Ю. И., Иванейко И. Д. О проектировании откосов котлованов и траншей. *Стр. производство*. 1995. Вып. 35. С. 28-33.
-

Мудрий Ігор Богданович, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельного виробництва, інститут будівництва та інженерних систем, Національний університет «Львівська політехніка».

ORCID iD: 0000-0003-1053-6071. E-mail: igor.b.mudryi@lpnu.ua.

Фречка Михайло Михайлович, аспірант кафедри будівельних конструкцій та мостів, інститут будівництва та інженерних систем, Національний університет «Львівська політехніка». ORCID iD: 0009-0002-9623-476X. E-mail: mykhailo.m.frechka@lpnu.ua.

Mudryy Igor Bohdanovych, PhD (Tech.), docent, Department of Building Production, Institute of Civil Engineering and Building Systems, Lviv Polytechnic National University. ORCID iD: 0000-0003-1053-6071.

E-mail: igor.b.mudryi@lpnu.ua.

Frechka Mykhailo Mykhailovych, postgraduate student, Department of Building Constructions and Bridges, Institute of Civil Engineering and Building Systems, Lviv Polytechnic National University. ORCID iD: 0009-0002-9623-476X.

E-mail: mykhailo.m.frechka@lpnu.ua.

Статтю прийнято 27.03.2025 р.