

Регулювання несучої здатності по ґрунту шпунтових паль в складних інженерно-геологічних умовах

Михайло ДУБРОВСЬКИЙ¹, Натела ХОНЕЛІЯ², Ольга ДУБРОВСЬКА³

^{1,2}Одеський національний морський університет
34, вул. Мечникова, Одеса, Україна, 65029

³Energean, Andre Sacharov 9, Haifa, 3508409, Israel

¹m.dubrovsky@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1229-1717

²khoneliantela@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1229-1717

³Odubrovskaya90@gmail.com, orcid.org/0009-0008-5727-886X

DOI: 10.32347/0475-1132.50.2025.89-96

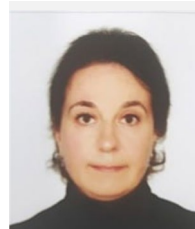
Анотація. Проведено аналіз існуючих методів оцінки несучої здатності шпунтових стін по ґрунту з урахуванням часткового формування ґрунтової пробки в порожнині профілю шпунтової палі. При проектуванні таких конструкцій передбачається, що несуча здатність шпунтових паль по ґрунту під дією вертикального навантаження складається з опору ґрунту основи під нижнім кінцем шпунтової палі і сил тертя на її бічній поверхні. При цьому ці складові визначаються за допомогою понижуючих коефіцієнтів, які відображають специфіку формування ґрунтової пробки в порожнині шпунтової палі. Це призводить до зниження проектної несучої здатності на 50-70% для опору під нижнім кінцем палі і до 50% для опору по бічній поверхні шпунту (в залежності від типу ґрунту).

Тому стоїть завдання підвищення несучої здатності, що може бути досягнуто як за рахунок збільшення її складових, так і за рахунок включення нових, раніше не використовуваних елементів опору ґрунту з урахуванням специфіки профілів шпунтових паль.

В роботі визначена можливість підвищення ефективності сприйняття шпунтовими палями осьового навантаження при їх взаємодії з ґрунтовим середовищем, у тому числі в порожнинах профілів шпунтових профілів. Представлено новий підхід до підвищення несучої здатності підпірних стінок з шпунтових паль коритного профілю та здвоєних паль зетового профілю. Цей підхід ґрунтується на перетворенні шпунтового профілю на частині довжини шпунтової палі в ґрунтовій основі з відкритого на закритий. Таке перетворення досягається додаванням сталевих накладок певної довжини, з'єднаної з фланцями



Михайло ДУБРОВСЬКИЙ
професор кафедри
морського та цивільного будівництва і архітектури,
д.т.н., проф.



Натела ХОНЕЛІЯ
зав. кафедри
морського та цивільного будівництва і архітектури,
к.т.н., доц.



Ольга ДУБРОВСЬКА
M.Sc., Subsea Operations Engineer

шпунтової палі, наприклад, за допомогою зварювання. Таким чином, на ділянці, де розташована накладка, шпунтова паля, з точки зору утворення ґрунтової пробки, працює аналогічно трубчастій палі.

Показано, як наявність накладки, її розміри та розташування змінюють сприйняття зовнішнього осьового навантаження на стіну шпунтової палі та як можна регулювати внесок накладки в несучу здатність споруди по ґрунту. Розглянуто схеми застосування запропонованого підходу з однорідною та шаруватою ґрунтовою основою, а також обмеження сфери його застосування. Запропоновано розрахункові

залежності для визначення складових несучої здатності шпунтових паль з накладкою. Визначено та проаналізовано основні умови використання шпунтових паль, оснащених накладками. Визначено подальші напрями досліджень розглянутого конструкторське-технологічного рішення.

Ключові слова. Підпірна шпунтова стінка, несуча здатність по ґрунту, коритний профіль шпунту, ґрунтова пробка.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Розглядаючи роботу шпунтових стін, можна виділити дві протилежні проблемні ситуації, пов'язані з їх несучою здатністю по ґрунту. Перша ситуація виникає на етапі будівництва при зануренні шпунтових паль в щільні ґрунти основи, коли за рахунок утворення часткових ґрунтових пробок в порожнинах шпунтових паль в районі їх нижнього кінця збільшується опір зануренню. Негативними наслідками такого ефекту є необхідність використання більш потужного (а значить і дорожчого) обладнання для забивання паль або застосування технологічних операцій з розпушення та/або видалення ґрунтової пробки (що також збільшує вартість палювих робіт).

Друга – протилежна – ситуація виникає на етапі експлуатації споруди, якщо основа споруди складена з ґрунтів низької щільності, коли шпунт працює як «висяча» паля, або через розміри і форму перетину шпунтової палі не утворюється повна ґрунтова пробка і виникає дефіцит несучої здатності паль під впливом значних осьових навантажень. Це характерно, наприклад, для гідротехнічних споруд, зведених на алювіальних мулово-піщаних ґрунтах і виконують функції причальних споруд або підпірних стінок. При цьому опору ґрунту під нижнім торцем шпунтових паль і сил тертя по їх бічній поверхні недостатньо для поглинання осьових експлуатаційних навантажень (наприклад, від вантажно-розвантажувального обладнання на причалі або від вертикальної складової анкерного зусилля в підпірній стінці).

МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи є дослідження можливості поліпшення умов експлуатації шпунтових стін, пов'язаних з другою проблемною ситуацією, зведених в складних інженерно-геологічних умовах і розрахованих на сприйняття комплексних навантажень, в тому числі значних осьових сил. Рішення проблеми забезпечення необхідної за проектом несучої здатності шпунтової стінки може бути істотно ускладнено в умовах неоднорідної шаруватої основи, коли шар ґрунту з хорошими будівельними властивостями розташовується вище проектною глибини занурення шпунтової палі, необхідної для її защемлення, а нижні кінці паль розташовуються в слабкому ґрунті.

Раніше нами була вивчена і підтверджена можливість регулювання несучої здатності трубчастих паль на осьове навантаження шляхом зміни умов формування ґрунтової пробки в порожнині палі (Doubrovsky et al, 2021, 2022).

Тут ми розглянемо найбільш поширені шпунтові палі коритного профілю або здвоєні палі зетового профілю показано на Рис. 1, які працюють з точки зору формування ґрунтових пробок аналогічно «кориту» (Arcelor, 2022; Hoesch, 2010; Tomlinson, M. and J. Woodward, 2008; Kwarciński, 2008) при сприйнятті зовнішньої осьової сили.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

У відомих підходах до проектування шпунтових стінок паль передбачається, що несуча здатність шпунтових паль по ґрунту під дією вертикального навантаження (Q) складається з опору ґрунту основи під нижнім кінцем шпунтової палі (Q_1) і сил тертя на її бічній поверхні (Q_2) (Borel et al, 2006; Bustamante et al, 1991; Heerema, 1979; Iversen et al, 2010):

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

Опір ґрунту під кінцем шпунтової палі можна визначити за формулою:

$$Q_1 = k_1 \times A \times q_1, \quad (2)$$

де:

k_1 – коефіцієнт зменшення площі поперечного перерізу, що відображає специфіку формування ґрунтової пробки в порожнині шпунтової палі;

A – площа поперечного перерізу шпунтової палі і ґрунту між бічними гранями шпунту на рівні його нижнього кінця (Рис. 1); q_1 – розрахунковий питомий опір ґрунту під кінцем шпунтової палі.

Опір ґрунту по бічній поверхні шпунтової палі можна розрахувати за залежністю:

$$Q_2 = k_2 \times P \times \int_0^h q_2(z) \times dz, \quad (3)$$

де:

k_2 – коефіцієнт зменшення площі поперечного перерізу;

P – периметр поперечного перерізу шпунтової палі;

h – глибина занурення кінця шпунтової палі в несучий шар ґрунту;

$q_2(z)$ – розрахунковий питомий опір ґрунту по бічній поверхні на глибині z .

Рекомендовані значення коефіцієнтів зменшення площі поперечного перерізу шпунтових паль, що відображають специфіку формування ґрунтової пробки, наведені в Табл. 1 (Kwarciński, 2008).

Табл. 1. Коефіцієнти зменшення площі поперечного перерізу шпунтової стінки

Table 1. Coefficients of reduction of the cross-sectional area of the sheet pile wall

Зв'язні ґрунти		Незв'язні ґрунти	
k_1	k_2	k_1	k_2
0.50	1.00	0.30	0.50

Таким чином, облік розрахункової (зменшеної) площі поперечного перерізу шпунтових паль розглянутих профілів значно знижує їх несучу здатність в порівнянні з повною площею: на 50-70% для опору під нижнім кінцем і до 50% для опору по бічній поверхні (в залежності від типу ґрунту). Тому стоїть завдання підвищення несучої здатності шпунтових паль, що може бути досягнуто як за рахунок збільшення її згаданих компонентів, так і за рахунок включення нових, раніше не використовуваних елементів опору ґрунту, що взаємодіють з шпунтовими палями, з урахуванням специфіки шпунтових профілів.

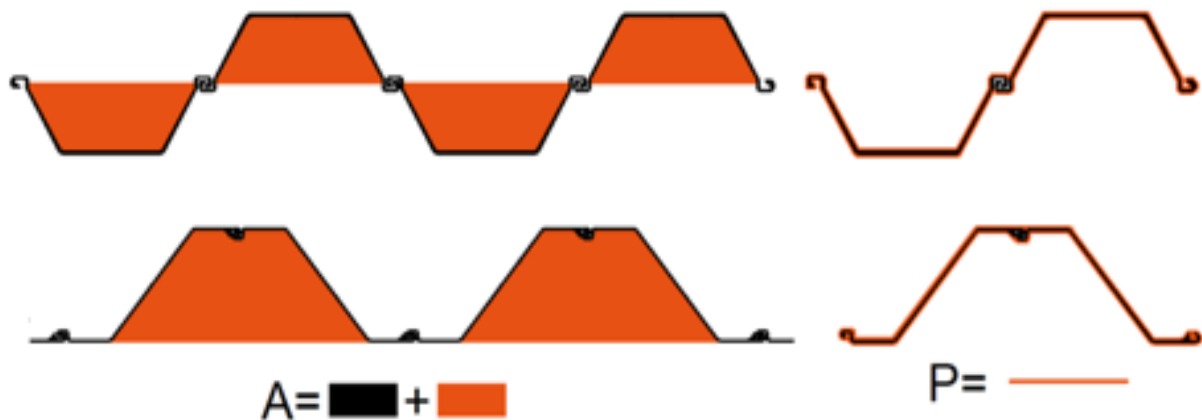


Рис. 1. Площа поперечного перерізу (A) і периметр поперечного перерізу (P) профілів шпунтових паль

Fig. 1. Cross-sectional area (A) and cross-sectional perimeter (P) of the sheet pile profiles

Таким новим елементом, на наш погляд, може бути ґрунтова пробка, що спеціально створена в заданому місці шпунтової палі при її зануренні (тобто не обов'язково у нижнього кінця палі), і що сприяє підвищенню несучої здатності споруди на етапі її експлуатації. Для забезпечення регульованого процесу створення ґрунтової пробки на заздалегідь визначеній оптимальній ділянці шпунтової палі (на основі аналізу інженерно-геологічних умов на місті будівництва споруди) пропонується трансформувати відкритий профіль коритного типу в закритий. Тоді (за аналогією з трубчастою палею або палею-оболонкою) на зазначеній ділянці шпунтової палі при її заглибленні будуть створені умови для формування повної ґрунтової пробки. Щоб «закрити» профіль шпунтової палі, можна використовувати одну або кілька накладок, прикріплених до палі перед її зануренням (наприклад, шляхом зварки).

На Рис. 2 і 3 схематично показано запропоноване використання накладок (виділено червоним кольором) для шпунтових стінок з

однорідними і неоднорідними ґрунтовими основами відповідно.

На цих схемах шпунтова стінка 1 занурена в ґрунтову основу 2. Після цього за підпірною стінкою була виконана зворотна ґрунтова засипка 3. Перед зануренням шпунтових паль коритного профілю або здвоєних паль зетового профілю на ділянці їх довжини, що підлягає заглибленню в основу, до фланців шпунтових паль кріпляться (приварюються) накладки 4 (плоскі сталеві пластини) довжиною Н.

При однорідній ґрунтовій основі показано на Рис. 2 накладки 4 можуть кріпитися до паль 1 на однаковій відстані від поверхні основи 2.

При неоднорідній ґрунтовій основі показано на Рис. 3 до паль 1 по довжині доцільно прикріпити накладки 4 так, щоб вони розташовувалися в шарі більш щільного (несучого) ґрунту 5 для утворення в палях відповідних ґрунтових пробок. В загальному випадку накладки в шпунтових палях можуть розташовуватися на різній відстані від поверхні основи 2 відповідно до шаруватості ґрунтів основи.

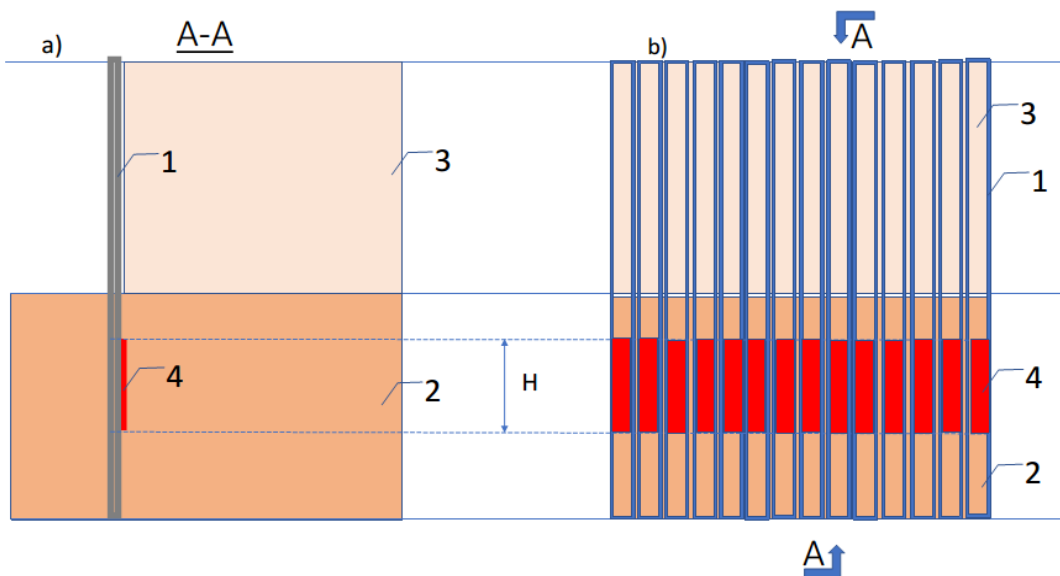


Рис. 2. Схема застосування накладок для шпунтових паль з однорідною ґрунтовою основою: а – поперечний переріз; б - вид ззаду на стіну шпунтової палі; 1 – шпунтова стінка; 2 – однорідна ґрунтова основа; 3 – засипка ґрунту; 4 – накладки.

Fig. 2. Scheme of application of covers for sheet piles in the case of homogeneous soil foundation: a – cross-section; b - rear view of the sheet pile wall; 1 – sheet pile wall; 2 – homogeneous soil foundation; 3 – soil backfill; 4 – covers.

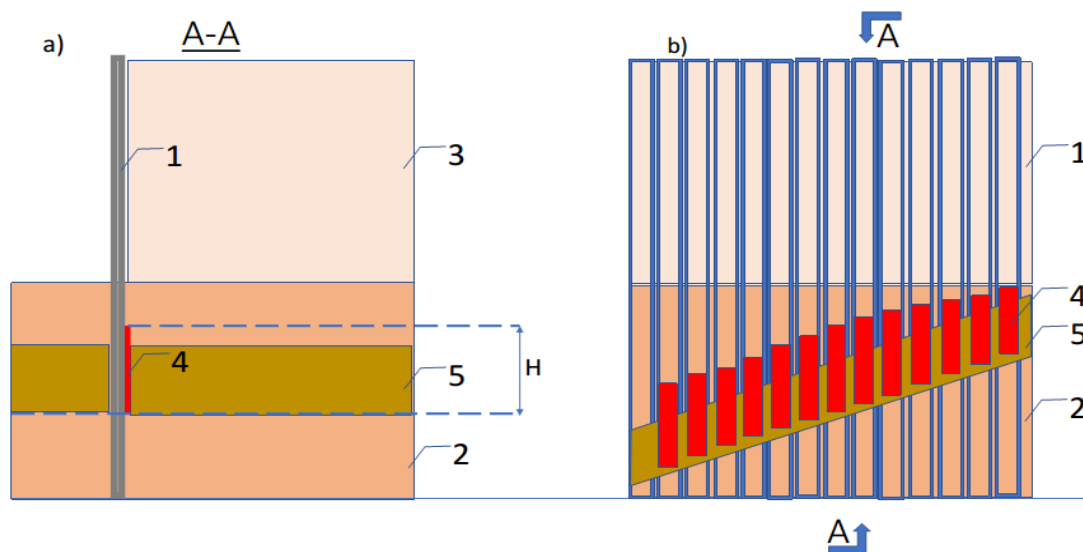


Рис. 3 Схема застосування накладок для шпунтових паль з неоднорідною ґрунтовою основою: а – поперечний переріз; б – вид ззаду на стіну шпунтової palі; 1 – шпунтова стінка; 2, 5 – шари неоднорідної ґрунтової основи; 3 – засипка ґрунту; 4 – накладки.

Fig. 3. Scheme of application of covers for sheet piles in the case of heterogeneous soil foundation: a – cross-section; b - rear view of the sheet pile wall; 1 – sheet pile wall; 2, 5 – layers of heterogeneous soil foundation; 3 – soil backfill; 4 – covers

Важливим параметром при призначенні розмірів і розташування накладок шпунтових паль є їх довжина H (ширина підкладок визначається геометрією шпунтового профілю, який оснащений накладками). Довжина накладок H повинна призначатися виходячи з виконання наступних **основних умов**:

1. Формування ґрунтової пробки в порожнині замкнутого профілю, утвореної накладкою і шпунтовим «коритом»

2. Забезпечення проектної несучої здатності шпунтових паль по ґрунту при поглинанні осьових навантажень з урахуванням внеску накладки і, відповідно, повної ґрунтової пробки, що при цьому утворюється

3. Уникнення використання надмірно потужного обладнання для занурення шпунтових паль через опір ґрунту під нижнім кінцем накладки (тобто під ґрунтовою пробкою)

4. Збереження міцності зварних швів, що з'єднують накладку з фланцями шпунтових паль

5. Економічна ефективність рішення, що заснована на використанні запропонованих накладок в порівнянні з іншими

можливими підходами щодо забезпечення проектної несучої здатності підпірної стінки при вертикальних навантаженнях.

Щодо умови 1 можна зазначити наступне. Як продемонстрували раніше виконані дослідження взаємодії сталевих трубчастих паль з ґрунтовым середовищем (Doubrovsky et al, 2021, 2022), утворення ґрунтової пробки у нижнього кінця труби відбувається на ділянці palі довжиною $H \geq (3 \div 5)d$, де d – діаметр труби (на кінцевий результат впливають властивості ґрунтової основи, розміри palі, технологія занурення). У першому наближенні (у зв'язку з відсутністю більш точних даних) доцільно застосувати аналогічне співвідношення для закритого - за допомогою накладки - профілю шпунтової palі, розуміючи під d умовний діаметр трубчастої palі, рівної за площею поперечного перерізу (труба + ґрунт в її порожнині) профілю шпунтової palі з накладкою (шпунтова palя + накладка + ґрунт в порожнині закритого профілю).

Для оцінки виконання умови 2 необхідно враховувати вплив знову доданого елемента – накладки шпунтової palі, а саме: появу в ґрунтовій основі ділянки шпунтової palі

довжиною H , на якій незамкнутий переріз шпунту стає замкнутим, що призводить (див. умову 1) до утворення ґрунтової пробки на цій ділянці. При цьому в загальному випадку (коли накладка розміщується не у нижнього кінця палі, а вище нього) формула (1) для несучої здатності шпунтової палі по ґрунту прийме вигляд:

$$Q = Q_{11} + Q_{12} + Q_{21} + Q_{22}, \quad (4)$$

де:

Q_{11} - опір ґрунту основи під нижнім кінцем шпунтової палі (враховується тільки площа поперечного перерізу шпунтової палі A_1 без ґрунту в порожнині останньої)

$$Q_{11} = A_1 \times q_1, \quad (5)$$

Q_{12} - опір ґрунту основи під нижнім кінцем накладки (враховується площа поперечного перерізу накладки A_2 і ґрунту A_3 в порожнині шпунтової палі)

$$Q_{12} = (A_2 + A_3) \times q_1, \quad (6)$$

Q_{21} - опір сил тертя по бічній поверхні шпунтової палі вище і нижче накладки (аналогія з формулою (3))

Q_{22} - опір сил тертя по бічній поверхні шпунтової палі в межах довжини накладки (враховується внесок останньої в периметр P_2 закритого перерізу шпунту):

$$Q_{22} = P_2 \times \int_0^H q_2(z) \times dz. \quad (7)$$

Умову 3 слід розглядати як важливу частину умови 5, необхідність дотримання якої може обмежити сферу застосування розглянутого конструкторське-технологічного рішення.

При перевірці умови 4 істотну роль відіграють конкретні проектні параметри об'єкта, що будується: експлуатаційні навантаження на споруду і інженерно-геологічні характеристики основи.

Остання, але не менш важлива, умова 5 здається очевидною і може стати вирішальною при виборі остаточного варіанту проектування в умовах складних інженерно-геологічних умов об'єкта будівництва і високої

необхідної несучої здатності споруди по ґрунту.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Розглянуто та проаналізовано конструктивно-технологічне рішення, яке дозволяє збільшити несучу здатність по ґрунту підпірної шпунтової стіни з паль коритного профілю або подвійних паль зетового профілю (запропоноване рішення актуальне і для інших профілів шпунтових паль аналогічних форм поперечного перерізу).

Ефект досягається за рахунок перетворення відкритого перерізу шпунтових паль в закритий на обраній ділянці підпірної стінки в ґрунтовій основі шляхом забезпечення шпунтових паль на цій ділянці накладкою необхідного розміру, що «закриває» поперечний переріз палі і сприяє створенню повної ґрунтової пробки.

Ділянку шпунтової палі з накладкою бажано розміщувати так, щоб накладка включалася в роботу на завершальному етапі занурення шпунту і розташовувалася оптимально щодо несучих шарів основи.

Визначено основні умови застосування запропонованого рішення та залежності для визначення внеску накладок в несучу здатність по ґрунту підпірної шпунтової стінки.

Подальший розвиток цього напрямку має ґрунтуватися на модельних та натурних експериментальних дослідженнях роботи підпірних шпунтових стінок, у тому числі в умовах неоднорідних ґрунтів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Borel, S., Bustamante, M., Rocher-Lacoste, F. (2006) The comparative bearing capacity of vibratory and impact driven piles. *TRANSVIB 2006*. Gonin, Holeyman et Rocher-Lacoste (ed.), Editions du LCPC, Paris, 118-127.
2. Bustamante, M., Gianselli, L. (1991) Predicting the bearing capacity of sheet piles under vertical load. *Proceedings of the 4th International Conference on Piling and Deep Foundations* -Stresa (Italy), 54-69.
3. Kwarcinski, P. (2008). Nośność pionowa grodziczo. *Geoinżynieria: drogi, mosty, tunele*. - T.3, 38-40.

4. ArcelorMittal Piling Handbook 9th edition (2022)
5. European Committee for Standardization (2007). *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules*.
6. Heerema, E. P. (1979). Pile driving and static load tests on piles in stiff clay. *Annual Offshore Technology Conference 2*, 1135–1145.
7. Hoesch Spundwand und Profil (2010). Product Range | Hoesch Sections. On the www. url <http://www.spundwand.de/e/>
8. Paikowsky, S. G. and R. V. Whitman (1990). The effects of plugging on pile performance and design. *Canadian Geotechnical Journal* 27(4), 429–440.
9. Tomlinson, M. and J. Woodward (2008). *Pile Design and Construction Practice* (5 ed.). Taylor & Francis.
10. Iversen, K. M., Augustesen, A. H., & Nielsen, B. N. (2010). *Vertical Equilibrium of Sheet Pile Walls with Emphasis on Toe Capacity and Plugging*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports No. 94.
11. M.Doubrovsky, V. Dubravina. (2021) Study of bearing capacity of tubular piles with diaphragm under pressing loads. *Proceedings of the Second International Conference on Press-in Engineering 2021*, Kochi, Japan – Matsumoto et al (eds) © Taylor & Francis Group, London, 116-123.
12. Doubrovsky M., Kusik L., Dubravina V. (2021) Bearing Capacity of Tubular Piles: Technological Improvements and Model Testing. *Advances in Geoengineering along the Belt and Road*. BRWSG. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 230. Springer. 137-154.
13. M. Doubrovsky, V. Dubravina, V. Shokarev et al. (2022) Ensuring the piles bearing capacity under pressing loads. *Proceedings of the 20th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*– Rahman and Jaksa (Eds) © Australian Geomechanics Society, Sydney, Australia, 3247-3252.
- vertical load. *Proceedings of the 4th International Conference on Piling and Deep Foundations -Stresa* (Italy), 54-69.
3. Kwarciński, P. (2008). Nośność pionowa grodzic / *Geoinżynieria: drogi, mosty, tunele* . - T.3, 38-40.
4. ArcelorMittal Piling Handbook 9th edition, 2022
5. European Committee for Standardization (2007). *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules*.
6. Heerema, E. P. (1979). Pile driving and static load tests on piles in stiff clay. *Annual Offshore Technology Conference 2*, 1135–1145.
7. Hoesch Spundwand und Profil (2010). Product Range | Hoesch Sections. On the www. url <http://www.spundwand.de/e/>
8. Paikowsky, S. G. and R. V. Whitman (1990). The effects of plugging on pile performance and design. *Canadian Geotechnical Journal* 27(4), 429–440.
9. Tomlinson, M. and J. Woodward (2008). *Pile Design and Construction Practice* (5 ed.). Taylor & Francis.
10. Iversen, K. M., Augustesen, A. H., & Nielsen, B. N. (2010). *Vertical Equilibrium of Sheet Pile Walls with Emphasis on Toe Capacity and Plugging*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports No. 94.
11. M.Doubrovsky, V. Dubravina. (2021) Study of bearing capacity of tubular piles with diaphragm under pressing loads. *Proceedings of the Second International Conference on Press-in Engineering 2021*, Kochi, Japan – Matsumoto et al (eds) © Taylor & Francis Group, London, 116-123.
12. Doubrovsky M., Kusik L., Dubravina V. (2021) Bearing Capacity of Tubular Piles: Technological Improvements and Model Testing. *Advances in Geoengineering along the Belt and Road*. BRWSG. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 230. Springer. 137-154.
13. M. Doubrovsky, V. Dubravina, V. Shokarev et al. (2022) Ensuring the piles bearing capacity under pressing loads. *Proceedings of the 20th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*– Rahman and Jaksa (Eds) © Australian Geomechanics Society, Sydney, Australia, 3247-3252.

REFERENCES

1. Borel, S., Bustamante, M., Rocher-Lacoste, F. (2006) The comparative bearing capacity of vibratory and impact driven piles. *TRANSVIB 2006*. Gonin, Holeyman et Rocher-Lacoste (ed.), Editions du LCPC, Paris, 118-127.
2. Bustamante, M., Ganeselli, L. (1991) Predicting the bearing capacity of sheet piles under

Regulation of the Bearing Capacity of Sheet Piles in Complex Engineering-Geological Conditions

*Michael DOUBROVSKY,
Natela KHONELIA,
Olga DUBROVSKA*

Summary. An analysis of existing methods for assessing the bearing capacity of sheet pile walls on the soil is carried out, considering the partial formation of a soil plug inside the sheet pile profile.

When designing such structures, it is assumed that the bearing capacity of sheet piles under the action of a vertical load consists of the soil resistance under the sheet pile tip and the friction forces on pile's side surface. These components are determined using decreasing coefficients, which reflect the specific characteristics of the soil plug formation within the sheet pile profile. This results in a reduction in the design bearing capacity of 50-70% for the resistance under the pile tip and up to 50% for the resistance on the side surface (depending on the type of soil).

Therefore, the task is to increase the bearing capacity of sheet piles, which can be achieved by both increasing the components and incorporating new, previously unused elements of soil resistance that interact with sheet piles, considering the specific characteristics of sheet pile profiles. The possibility of increasing the efficiency of perception of axial load by sheet piles during their interaction with the soil media, including inside the sheet pile profiles, is determined.

A new approach to increasing the bearing capacity of retaining walls made of sheet piles of U-section and double piles of Z-section is presented. This approach is based on the transformation of the sheet pile profile on a part of the length of the sheet pile in the soil base from an open section to a closed one.

Such conversion is achieved by adding a cover (steel strip) of a certain length, connected to the flanges of the sheet pile, for example, by welding. Thus, in the area where the cover is located, the sheet pile, from the point of view of the formation of a soil plug, works similarly to a tubular pile. It is shown how the presence of the strip; its dimensions and location change the perception of the external axial load on the sheet pile wall and how the contribution of the cover to the bearing capacity can be adjusted.

The schemes for the application of the proposed approach with a homogeneous and layered soil base, as well as the limitations of the scope of its application, are considered. Design dependencies are

proposed to determine the components of the bearing capacity of sheet piles with a cover. The main conditions for the use of sheet piles equipped with strips are determined and analyzed.

Further research directions on the design and technological solution under consideration are determined.

Keywords. Retaining sheet pile wall, bearing capacity, U-shape piling, soil plague.