

doi.org/10.29295/2311-7257-2020-102-4-273-277

УДК 666.97 (075.8)

**Юніс Башір Н.<sup>1</sup>, Фурсов Ю.В.<sup>2</sup>, Алі Аділ Халід<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Харківський національний університет будівництва та архітектури  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: [docbasheer01@gmail.com](mailto:docbasheer01@gmail.com))<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова  
(вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002, Україна; e-mail: [uprmarx@kharkivoda.gov.ua](mailto:uprmarx@kharkivoda.gov.ua))**ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОННИХ ТРУБЧАСТИХ ПАЛЬ  
ПРИ РОЗТЯГУВАННІ**

Обґрунтовано застосування трубчастих паль для фундаментно-підвальної частини будинків. Розглянуто економічну доцільність їх використання для різних типів ґрунтів при впровадженні методу вібровакуумування. Проаналізовано можливості застосування замість стрічкових фундаментів для малоповерхового будівництва. Досліджено зміну міцності бетону при розтягуванні шляхом регулювання методів ущільнення суміші. Розроблено технологію формування трубчастих паль, яка дозволяє отримувати до третини обсягу води замішування, зменшити водо-цементне відношення.

**Ключові слова:** трубчасті палі, вібровакуумування, технологія формування, міцність бетону.

**Вступ.** Забезпечення надійної роботи будівельних конструкцій протягом усього терміну експлуатації пов'язано зі збереженням параметра міцності при різних режимах навантаження та істотно залежить від точності методів визначення даного показника з урахуванням методів виготовлення.

Трубчасті палі можуть успішно застосовуватися в будівництві замість суцільних і стрічкових фундаментів при раціональній глибині закладення 3-4 м. Це можливо, якщо під їх подошвою знаходяться піски середньої щільності або інші відносно щільні ґрунти. Якщо ж щільні шари залягають на значній глибині, то палі великого діаметра за характером своєї роботи і за несучою здатністю наближаються до характеристик опускних колодязів, в той же час трубчасті палі відрізняються простотою технологічного процесу і невисокою вартістю [1-3]. У цьому ж сегменті досліджень знаходяться публікації, пов'язані з параметрами технологічних процесів пристрою фундаментних конструкцій на техногенних міських територіях і із засобами і методами захисту фундаментів від агресивних впливів [4, 5].

Доцільність застосування трубчастих паль обґрунтована при реконструкції промислових об'єктів, наприклад, при посиленні фундаментів колон з підкрановими шляхами. Звичайні способи виконання робіт, пов'язані з земляними роботами, вимагають припинення виробничого процесу в цеху, в той час як, наприклад, занурення вібратором ланок порожнистих паль можливо в найкоротший час без виконання земляних робіт та без переривання роботи цеху. Обмежена висота приміщення не заважає виконанню робіт, так як можна підібрати відповідну довжину ланок збірних трубчастих паль [4-7].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існують деякі способи підвищення несучої здатності і експлуатаційних характеристик трубчастих паль [8, 9]. Аналіз відповідних джерел, присвячених досліджуваного питання, можна зробити висновок про актуальність застосування в будівництві та необхідності подальших досліджень в напрямку розробки та підвищення міцності трубчастих паль при розтягуванні.

**Визначення мети і завдання дослідження.** Для широкого застосування трубчастих паль з високими показниками міцності розробити технологію і склади бетону, щоб забезпечити отримання в бетонних циліндрах зазначених властивостей.

**Основна частина дослідження.** Згідно з проведеними раніше розрахунками [2, 8, 9] для матеріалу трубчастих паль необхідно забезпечити підвищену міцність при розтягуванні  $R_{bt}$ . Експериментально даний параметр визначили шляхом випробування на розрив стандартних зразків-вісімок (рис. 1). Еталонний склад Ц:З = 1: 3, В/Ц = 0,5; З - заповнювач відсів виробництва щебеню  $M_k = 2,7$ , Ц - портландцемент М-500. Вплив кожного фактора визначали за коефіцієнтом ефективності  $K_y$

$$K_y = \frac{R_{bt(i)}}{R_{bt(k)}} \quad (1)$$

де  $R_{bt(i)}$  - результат і-го випробування  $R_{bt(k)}$  - міцність еталонного зразка (27 кгс/см<sup>2</sup>).

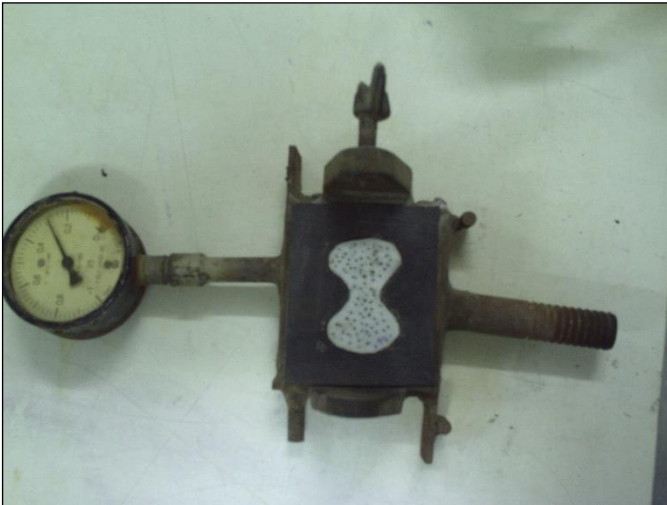


Рис. 1. Установа для ущільнення зразків вісімок вібровакуумуванням.

Вібровакуумування забезпечує інтенсивне зростання міцності бетонів в початковий період твердіння, скорочення часу на теплову обробку виробів, зменшення металоємності і т.п. Внаслідок розрідження, створюваного в вакуум-щиті, через фільтр з бетону видаляються надлишки води і повітря. Частинки цементу затримуються фільтруючим матеріалом. Надмірний тиск створюється нагнітанням води між гумовою деталлю і тілом сердечника, впливаючи зсередини [10].

**Результати дослідження.** В ході досліджень було вивчено вплив вологості бетонної суміші і часу вакуумування на міцність при розтягуванні (рис. 2).

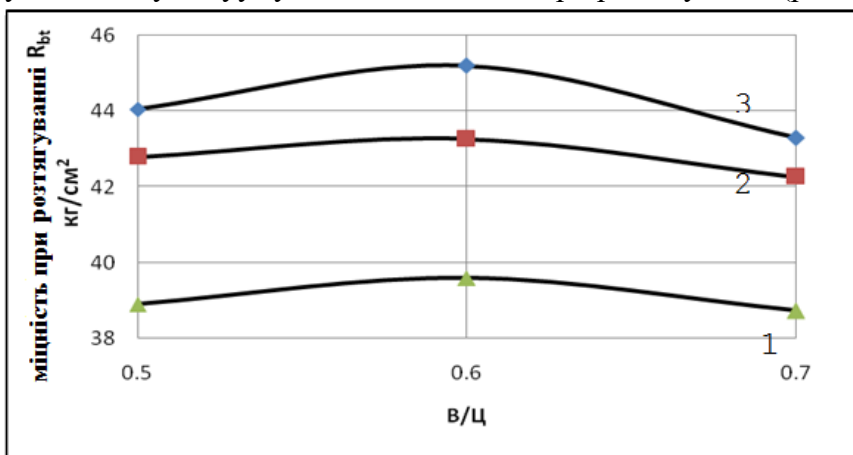


Рис. 2. Вплив вологості бетонної суміші на міцність при розтягуванні при ущільненні вібровакуумуванням: 1 - час вакуумування 1 хв; 2 - час вакуумування 3 хв; 3 - час вакуумування 2 хв.

На рис. 5 представлена структура цементного каменю, отримана при різних способах ущільнення бетонної суміші, де фотографії показують, що зразки бетону, ущільненого пресуванням (а) і вібровакуумування (б) забезпечують отримання бетону практично однакової структури з щільністю всіх його складових.

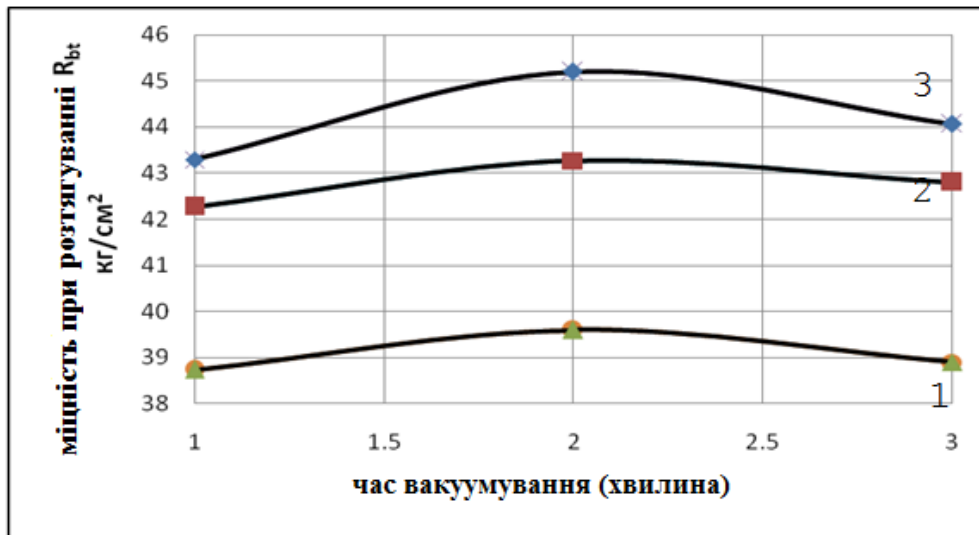


Рис. 3. Вплив часу вакуумування на міцність при розтягуванні при ущільненні вібровакуумуванням: 1 -  $V/C = 0,4$ ; 2 -  $V/C = 0,7$ ; 3 -  $V/C = 0,6$

На рис. 4 представлені бетонні трубчасті палі, виготовлені авторами методом вібровакуумування.



Рис. 4. Трубчасті палі, вироблені за допомогою установки вібровакуумування.

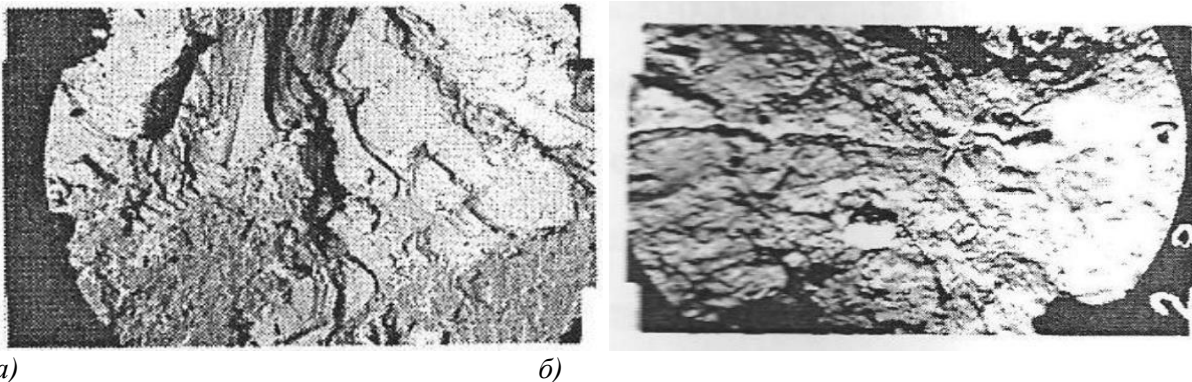


Рис. 5. Електронна мікроскопія цементного каменю ущільненого дрібнозернистого бетону: а) еталонний; б) ущільнений вібровакуумуванням.

Таблиця 1 – Показники міцності бетону при розтягуванні  $R_{bt}$

Номер вимірювання	Міцність при розтягуванні, кг/см <sup>2</sup>		
	R1	R2	R3
1	45,23	41,67	38,41
2	43,72	40,25	39,38
3	43,93	39,11	34,50

Примітка: R1, R2, R3 зразки, які ущільнюються методом вібровакуумування з часовим інтервалом 1; 2; 3 хвилин відповідно.

Слід зазначити, що трубчасті палі економічніше суцільних як по витраті матеріалу, так і за вартістю (приблизно в два рази), особливо, якщо ці палі спираються на піски або інші щільні ґрунти і працюють як палі-стійки. Зменшення кількості паль призводить, крім того, до суттєвого спрощення конструкції фундаментів.

**Висновки.** Експериментально досліджено вплив на міцність бетону при розтягуванні застосування вібровакуумування свіжоукладеної бетонної суміші. Розроблено технологію формування трубчастих паль, що включає віброущільнення і подальше вакуумування ущільненої суміші. Дослідження структури бетону показало, що вакуумування дозволяє екстрагувати до 35% води замішування, зменшити вихідне В/Ц = 0,65 до В/Ц = 0,35 ÷ 0,4. Розроблений спосіб дозволяє отримати міцність бетону при розтягуванні в виробі ( $R_{bt} = 4,3 \div 4,6$  МПа). Підвищення величини  $R_{bt}$  визначено коефіцієнтом зміцнення ( $K_y$ ). Експериментально встановлено, що при вібровакуумуванні забезпечується показник  $K_y = 1,75$ .

ЛІТЕРАТУРА:

1. Пономар'єв А.Б. Експериментально-теоретичні основи прогнозу осад і несучої здатності фундаментів з паль розпірних конструкцій: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.02. Пермь, 1999. 476 с.
2. Дуракова Л.В., Пономар'єв А.Б. Дослідження роботи фундаментів з порожнистих конічних паль. Тези доп. наук.-практ. конференції «Ресурсозбереження та екологія». Іжевськ. 1990. С. 33-34.
3. Чернільник А.А., Шакая Д.Р., Стельмах С.А., Щербань О.М., Доценко Н.А., Максименко Н.А. Актуальність застосування порожнистих залізобетонних паль і дослідження способів підвищення їх експлуатаційних характеристик. Вісник Євразійської науки. 2019. №2. <https://esj.today/PDF/28SAVN219.pdf>.
4. Шумаков І.В., Смачило В.В., Халіна В.Ю., Фурсов Ю.В. До питання про ефективність пристрою підземної гідроізоляції. Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. Вип. 1 (83). С. 116-120.
5. Шумаков І.В., Гринчук О.А., Фурсов Ю.В. Перспективність техногенних територій для міського цивільного будівництва. Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. Вип. 3 (85). С. 73-76.
6. Олейников В.В. Модифікований дрібнозернистий бетон з підвищеними експлуатаційними

REFERENCES:

1. Ponomar'ov A.B. Eksperimental'no-teoretichni osnovi prognozu osad i nesuchoї zdatnosti fundamentiv z pal' rozpirnih konstrukcij: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.23.02. Perm', 1999. 476 s.
2. Durakova L.B., Ponomar'ov A.B. Doslidzhennya roboti fundamentiv z porozhnistih konichnih pal'. Tezi dop. nauk.-prakt. konferenciji «Resursozberezhennya ta ekologiya». Izhevsk. 1990. S. 33-34.
3. Chernil'nik A.A., Shakaya D.R., Stel'mah S.A., SHcherban' O.M., Docenko N.A., Maksimenko N.A. Aktual'nist' zastosuvannya porozhnistih zalizobetonnih pal' i doslidzhennya sposobiv pidvishchennya ih ekspluatacijnih karakteristik. Visnik Evrazijs'koї nauki. 2019. №2. <https://esj.today/PDF/28SAVN219.pdf>.
4. SHumakov I.V., Smachilo V.V., Halina V.YU., Fursov YU.V. Do pitannya pro effektivnist' pristroyu pidzemnoї gidroizolyacii. Naukovij visnik budivnictva. Harkiv: HNUBA, HOTV ABU, 2016. Vip. 1 (83). S. 116-120.
5. SHumakov I.V., Grinchuk O.A., Fursov YU.V. Perspektivnist' tekhnogennih teritorij dlya mis'kogo civil'nogo budivnictva. Naukovij visnik budivnictva. Harkiv: HNUBA, HOTV ABU, 2016. Vip. 3 (85). S. 73-76.
6. Olejnikov V.V. Modifikovanij dribnozernistij beton z pidvishchenimi ekspluatacijnimi



- властивостями: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Москва, 2004. 180 с.
7. Сторожук Н.А. Механізм ущільнення бетонних сумішей вакуумуванням. Вісті вузів: Будівництво та архітектура. 1979. №2. С. 72-76.
  8. Вандоловський А.Г., Юніс Б.Н. Визначення міцності при розтягуванні бетонних циліндрів з порожнистим перерізом, виготовлених вібровакуумуванням. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. Харків: УДАЗТ, 2014. Вип.143. С. 110- 114.
  9. Вандоловський А.Г., Юніс Б.Н. Підвищення міцності бетону при розтягненні шляхом його модифікації. Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. Вип.57. С. 206- 212.
  10. Younis B., Kazimagomedov I., Saad Salem, Kostyk T., Dedeneva E. Casting of concrete and reinforced concrete pipes by vibro-vacuum technique. Matec Web of Conferences. 2018. 230. P. 03022. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201823003022>
7. Storozhuk N.A. Mekhanizm ushchil'nennya betonnih sumishej vakuumuvannyam. Visti vuziv: Budivnictvo ta arhitektura. 1979. №2. С. 72-76.
  8. Vandolovs'kij A.G., YUnis B.N. Vznachennya micnosti pri roztyaguvanni betonnih cilindriv z porozhnistim pererizom, vigotovlenih vibrovakuumuvannyam. Zbirnik naukovih prac' Ukraïns'koï derzhavnoï akademii zaliznichnogo transportu. Harkiv: UDAZT, 2014. Vip. 143. С. 110-114.
  9. Vandolovs'kij A.G., YUnis B.N. Pidvishchennya micnosti betonu pri roztyagnenni shlyahom jogo modifikacii. Naukovij visnik budivnictva. Harkiv: HDTUBA, HOTV ABU, 2010. Vip. 57. С. 206- 212.
  10. Younis B., Kazimagomedov I., Saad Salem, Kostyk T., Dedeneva E. Casting of concrete and reinforced concrete pipes by vibro-vacuum technique. Matec Web of Conferences. 2018. 230. P. 03022. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201823003022>

**Younis B. N., Fursov Y. V., Adil Khalid Ali INCREASING OF TENSILE STRENGTH OF CONCRETE PIPE**

**PILES.** The study highlighted the main problems of quality and operation of concrete pipe piles with existing casting techniques. The offered casting technique improves the characteristics of the products, in particular tensile strength. This technique is intended for casting of concrete and reinforced concrete pipes, rings, pillars of lighting supports and overhead contact system of concrete mixes. The concrete pipe piles can be successfully used in construction instead of solid and strip foundations at a rational depth of  $3 \div 4$  m. This is possible if there are medium-density sands or other relatively dense soils under their soles. The expediency of using concrete pipe piles is justified when reconstructing industrial facilities, for example, when strengthening the foundations of columns with crane runways. Conventional methods of work related to earthworks require the termination of the production process in the workshop, while, for example, the immersion of hollow pile links with a vibrator is possible in the shortest possible time without performing earthwork and without interrupting the work of the workshop. The limited height of the room does not interfere with the work, since it is possible to select the appropriate length of the links of the prefabricated pipe piles. The use of concrete pipe piles for the foundation-basement of buildings has been substantiated. The economic feasibility of their use for different types of soils is considered when the method of vibration and vacuumizing is introduced. The possibilities of using instead of strip foundations for low-rise construction are analyzed. The change in the tensile strength of concrete was studied by adjusting the methods of compaction of the mixture. The technology of forming pipe piles has been developed, which makes it possible to extract up to a third of the mixing water volume and to reduce the water-cement ratio. The effect on the tensile strength of concrete by the use of vibro-vacuumizing of a freshly laid concrete mixture has been experimentally investigated. A technology for forming tubular piles has been developed, including vibration compaction and subsequent evacuation of the compacted mixture. The study of the structure of concrete showed that evacuation makes it possible to extract up to 35% of the mixing water, to reduce the initial  $W/C = 0.65$  to  $W/C = 0.35 \div 0.4$ . The developed method makes it possible to obtain the tensile strength of concrete in a product ( $R_{bt} = 4.3 \div 4.6$  MPa). It should be noted that pipe piles are more economical than solid piles both in material consumption and in cost (approximately two times), especially if these piles rest on sand or other dense soils and work as piles. A decrease in the number of piles leads, in addition, to a significant simplification of the construction of the foundations. In this article the existing way of molding concrete pipe pile have been evaluated. Their engineering deficiencies in terms of labor-intensity and obtaining the products with increased physical and mechanical characteristics have been identified. The offered solution addressing the problems has been identified, namely, the casting of concrete pipes by vibro-vacuum technique. It has been established by experimental means that the highest compaction quality of the pipes is achieved using the vibro-vacuum casting technique where up to 30% of excessive water and voids is removed from freshly placed concrete mix, as a result of this treatment, the concrete mix is compacted, which in turn improves its properties, namely, tensile strength.

**Key words:** concrete pipe piles, vibration vacuum treatment, molding technology, concrete strength.