

УДК 691.327.624.01

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.32.8>

БЕТОНИ НА ПОРИСТИХ ЗАПОВНЮВАЧАХ В БУДІВНИЦТВІ

Столевич Ігор Анатолійович¹, Постернак Олександр Олексійович²,
Петраш Світлана Вікторівна³, Костюк Анатолій Іванович⁴,
Уразманова Надія Фанісівна⁵

¹кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів,
Одеська державна академія будівництва і архітектури,
Одеса, Україна,

e-mail: stolevich.i.a@gmail.com, orcid: 0000-0001-6729-8532

²кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри залізобетонних конструкцій
і транспортних споруд,

Одеська державна академія будівництва і архітектури,
Одеса, Україна,

e-mail: alex.bk@ukr.net, orcid: 0000-0002-7016-6941

³кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри опору матеріалів,

Одеська державна академія будівництва і архітектури, Одеса, Україна,
e-mail: svet_lana_petrash@odaba.edu.ua, orcid: 0000-0002-8567-3962

⁴кандидат технічних наук, професор,
професор кафедри залізобетонних конструкцій і транспортних споруд,
Одеська державна академія будівництва і архітектури,
Одеса, Україна,

e-mail: isi@ogasa.org.ua, orcid: 0000-0002-5642-2443

⁵асистент кафедри архітектурних конструкцій,

Одеська державна академія будівництва і архітектури,
Одеса, Україна,

e-mail: nadegdaurazmanova@odaba.edu.ua, orcid:0000-0002-3415-4150

Анотація. Мета. Метою роботи є доведення можливості застосування керамзитобетону на карбонатному піску в монолітних несучих і огорожувальних конструкціях і в залізобетонних елементах і конструкціях.

Методологія. Дослідження ґрунтується на аналізі літературних джерел та досвіду застосування місцевих матеріалів та відходів промисловості для легких бетонів в будівельних конструкціях.

Результати. До недавнього часу проведені в нашій країні і за кордоном експериментальні і теоретичні дослідження вказували на можливість використання легких бетонів в основному для зовнішніх огорожувальних конструкцій. В даний час доведено можливість ефективного використання також для елементів несучих конструкцій. Легкі бетони мають наступні переваги перед важкими: менша власна вага конструкцій, можливість використання відходів промисловості як сировини для заповнювачів, а також вирішення проблеми дефіциту щебеню за рахунок застосування місцевих матеріалів. Найбільший обсяг виробництва пористих заповнювачів в нашій країні складають штучні заповнювачі, отримані шляхом обпікання. Навіть однойменні заповнювачі мають значні розбіжності структури, складу та властивостей, максимальне їх врахування та

удосконалення конструктивних рішень може сприяти додатковій економії матеріальних ресурсів.

Наукова новизна. Доведена можливість використання легких бетонів на пористих заповнювачах для виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій міцністю 5...30 МПа.

Практична значущість. Раціональне використання легких бетонів дозволяє розв'язувати екологічні, ресурсозберігаючі та економічні проблеми сучасного будівництва за рахунок утилізації технологічних і техногенних відходів при виготовленні великих і дрібнопористих заповнювачів. Більш інтенсивне впровадження легких бетонів у будівельну практику є одним з джерел технічного прогресу.

Ключові слова: бетон, властивості, конструкції, відходи виробництва, легкий бетон, керамзитобетон, пористий заповнювач, місцеві матеріали, міцність, щільність, ресурсозбереження.

ВСТУП

В даний час одним з основних напрямків розвитку будівництва є зниження трудомісткості при виготовленні будівельних матеріалів і конструкцій, зниження їх енергоємності і використання місцевих матеріалів.

Легкий бетон на пористих заповнювачах є універсальним будівельним матеріалом, що дозволяє вирішувати безліч актуальних проблем сучасного будівництва і одночасно розв'язувати екологічні, ресурсозберігаючі та економічні завдання за рахунок технологічних і техногенних відходів при використанні і виробництві локальних пористих заповнювачів. Додатковий економічний ефект можна отримати, використовуючи для зведення будівель і споруд легкі бетони на основі місцевих заповнювачів півдня України (керамзит, кераліт, карбонатний пісок) і конструкцій на їх основі.

Дефіцит дрібних заповнювачів для бетонів у багатьох регіонах країни можна компенсувати використанням для їх виробництва карбонатних породопильних відходів (пористого вапняку та вапняку-черепашнику). Попередні дослідження показали технічну можливість і економічну доцільність використання вапнякового (карбонатного) піску в бетонах на штучних пористих заповнювачах, і в першу чергу в керамзитобетоні, що становить близько 70% від загального обсягу легкого бетону.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Останнім часом накопичено безліч досліджень міцності і деформації легких бетонів і конструкцій на їх основі, наведених в роботах Е.М. Бабіча, В.Н. Вирового, Б.С. Комісаренка, В.Г. Суханова, Дж. Шпіцера, С. Шандри, К. Синеля, С. Селмана, П. Оуена, Дж. Ньюмена, М. Заріфа та інших [1; 3...10; 12...14; 16...22]. На сучасному рівні значний внесок у розробку

бетонів з використанням шлаку і золи внесли Л.І. Дворкін, О.Л. Дворкін, В.П. Очеретний, В.П. Ковальський, Б. Гонзалес-Фонтебоа, Ф. Мартінес-Абелла та ін. [2; 11; 15], але в основному для важких бетонів розглядаються питання ресурсозбереження за рахунок використання промислових відходів при виготовленні пористих заповнювачів і в'язучих речовин.

МЕТА

Всебічний розгляд фізико-технічних властивостей легких бетонів на пористих заповнювачах дозволяє обґрунтовано виділити раціональні області його застосування у виробі і конструкціях. Для цього важливо розглянути принцип «від матеріалу до конструкції», рекомендований у разі використання легкого бетону, і на основі запропонованих методів довести можливість застосування керамзитобетону на карбонатному піску в монолітних конструкціях і в залізобетонних елементах і конструкціях.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

В даний час накопичено великий досвід застосування різних видів легкого бетону у всіх сферах будівництва. Можливість використання цих бетонів обґрунтована результатами експериментальних і теоретичних досліджень, проведених в нашій країні і за кордоном, і підтверджена практикою будівництва цивільних, промислових, а також спеціальних будівель і споруд. До недавнього часу легкі бетони в основному використовувалися в зовнішніх огорожувальних конструкціях великопанельних (65%) і великоблокових (95%) будівель. В даний час доведено, що такі бетони можна ефективно використовувати для виготовлення елементів міжповерхових перекриттів, покриттів, ферм, колон, внутрішніх

несучих стін, перегородок, тонкостінних оболон, опор ЛЕП та ін.

Використання легких бетонів замість важких в основному обумовлено такими причинами: зменшенням власної ваги конструкцій; можливістю використання відходів каменеобробної, металургійної та енергетичної промисловості як сировини для заповнювачів; вирішення проблеми дефіциту щебеню для багатьох регіонів країни, які мають достатню сировинну базу для виробництва місцевих щебенів. Додаткового економічного ефекту можна досягти, застосовуючи легкі бетони для зведення будівель і споруд в сейсмічних районах.

Найбільший обсяг виробництва пористих заповнювачів в нашій країні складають штучні пористі заповнювачі, одержувані в основному шляхом обпікання (близько 83% всього обсягу пористих заповнювачів). Приблизно 69% цього обсягу становить керамзит, значний обсяг виробництва якого пов'язані з наявністю потужної сировинної бази.

У той же час різноманіття властивостей пористих заповнювачів навіть однойменних, їх природна неоднорідність, розбіжності, обумовлені різницею структур і складів, різної міцності на стиск, ускладнюють стандартизацію конструктивних параметрів легкого бетону. Тому максимальне врахування особливостей легкого бетону на конкретних локальних заповнювачах, удосконалення конструктивних рішень промислових конструкцій масового призначення з цього бетону на експериментальній основі може стати додатковим джерелом економії матеріальних ресурсів.

Будівельна практика показала, що найбільший економічний ефект від застосування легких бетонів можна отримати при комплексному їх використанні в конструкціях. Згідно зі статистичними даними, комплексне використання легких бетонів в житлових і громадських великопанельних будівлях дозволило знизити (в порівнянні зі стандартом з важкого бетону) працевитрати в середньому на 16%, витрати на бетон на 12%, цемент на 8%, армування на 17%, кошторисну вартість на 5%, питомі капітальні вкладення на 3–4%. Незважаючи на отримані результати, комплексне впровадження легких бетонів в практику житлового будівництва не отримало достатнього поширення. Крім низької якості пористих заповнювачів, а також відставання від необхідних темпів їх виробництва, основними причинами, що стримують комплексне впровадження легких бетонів, є загальні недоліки, що спостерігаються в бетонній і залізобетонній промисловості,

а також деяке відставання в дослідженнях і розробках.

Легкі бетони широко використовуються в конструкціях за кордоном. Для конструкційного бетону найбільш придатними заповнювачами є штучні пористі матеріали, отримані на основі спучених глин і сланців: аглопорит, гайдит (спучений сланець), керамзит, корлін і лека (спучена глина), соліт (спучений сланець). Бетони на основі пористих заповнювачів (типу «керамзит») широко використовуються в Австралії, Австрії, Великобританії, Німеччині, Японії, Угорщині та інших країнах. Заповнювачі, що застосовуються за кордоном, в залежності від їх виду, мають щільність від 600 до 900 кг/м³, що дозволяє отримувати на їх основі конструкційні легкі бетони з кубовою міцністю в віці 28 днів до 60 МПа щільністю від 1000 до 2000 кг/м³.

При раціональному проектуванні будівельних систем слід враховувати, що власна вага несучих конструкцій з легкого бетону через їх низьку щільність становить до 1,5 разів, а при використанні в якості дрібного заповнювача досить міцних пористих пісків – до 2 разів менше, ніж аналогічних конструкцій з важких бетонів. Застосування легких бетонів особливо ефективно в несучих конструкціях, для яких значну частину навантаження становить власна вага. Це, в першу чергу, пролітні конструкції мостів, оболонки і великопролітні плити покриттів. Зниження ваги будівель важливо і для будівництва в сейсмічно активних районах. При цьому особлива увага приділяється так званому високоефективному бетону, а саме новому (за класифікацією FIB/CEB) виду легкого бетону «високої функціональності», в тому числі такому, що характеризується високою міцністю та довговічністю.

Досягнення високих показників водонепроникності ($\geq W20$) і морозостійкості (до F1500) конструкційних легких бетонів багато в чому обумовлено утворенням монолітної щільної безперервної контактної матриці (цементний камінь) і пористого заповнювача. Це забезпечується також досить низьким для утворення «якісної» пористості істинним В/Ц, а також енергетичним адсорбційно-хімічним ефектом між цементною речовиною при його найбільш повній гідратації і поверхнею пористого заповнювача. Особливо це стосується бетонів з пористими шлаковими заповнювачами. Ці процеси супроводжуються зростанням числа контактів між поверхнями, збільшенням площі їх зчеплення, а, отже, і підвищенням міцності моноліту.

Звідси стає зрозумілим, що можна отримати конструкційний легкий бетон з більш

високими показниками довговічності (в першу чергу по F і W) в порівнянні з важким бетоном рівної міцності. Також, для отримання легкого бетону такої високої міцності (до 100 МПа) необхідно використання відповідно високоміцного і в той же час досить легкого пористого заповнювача.

Останнє є актуальним питанням вітчизняної будівельної галузі. Реальність її вирішення показана на прикладі виробництва сучасних зарубіжних пористих керамічних наповнювачів (наприклад, керамзиту) в країнах Західної Європи, в Японії. Тут на таких заповнювачах, наприклад, на «бервілліті» (Німеччина), випускають бетони класів не нижче C32/40 (марки не нижче M500) з маркою щільності не вище D1500.

Питання виробництва вітчизняних високоміцних пористих заповнювачів рекомендується вирішувати шляхом відповідного вдосконалення технології виробництва щебеню з обов'язковим застосуванням класифікаційного підходу. А саме, рекомендується виробляти штучні пористі заповнювачі 3-х (або мінімум 2-х класів) за призначенням:

– клас А – заповнювачі марок по насипній щільності до 150 кг/м³ – для теплоізоляційних легких бетонів, з міцністю циліндра для пористого гравію фракції 10–20 не менше 0,5 МПа;

– клас Б – заповнювачі насипною щільністю 200–400 кг/м³ – для конструкційних і теплоізоляційних легких бетонів, міцність циліндра для пористого гравію не менше 0,8–2 МПа відповідно;

– клас В – заповнювачі з насипною щільністю 450–800 кг/м³ – для конструкційного бетону, в тому числі високоміцного легкого бетону; міцність циліндра для пористого гравію фракції 10–20 становить не менше 3,5–8,0 МПа відповідно.

Такі штучні пористі заповнювачі різних класів можуть бути отримані або з різної сировини, обробленої за відповідними технологіями, або з однієї і тієї ж сировини, обробленої за однією технологією, але з певним розкидом параметрів режимів роботи.

Застосування класифікаційного підходу при виробництві пористих заповнювачів і їх застосування в легких бетонах різного призначення дозволить значно підвищити однорідність останніх по щільності, теплопровідності і міцності, підвищити доступність основних будівельних і технологічних властивостей таких бетонів.

У США, Канаді, Японії, Австралії та технічно розвинених країнах Західної Європи, на відміну від нашої будівельної практики,

основна маса легкого бетону (близько 90% за обсягом) використовується при виготовленні несучих конструкцій (переважно монолітних) і дрібних стінових блоків.

Таким чином, подальший розвиток виробництва і більш інтенсивне впровадження легких бетонів у будівельну практику є одним з джерел технічного прогресу. При цьому максимальне врахування і вплив позитивних властивостей легких бетонів, а також широке, науково обґрунтоване, застосування місцевих пористих заповнювачів, як крупних, так і дрібних, повинні стати додатковим резервом ефективності легких бетонів і конструкцій на їх основі.

ВИСНОВКИ

1. Легкі бетони півдня України можуть бути рекомендовані для виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій міцністю 5... 30 МПа.

2. Проведені дослідження підтвердили високу ефективність легких бетонів на пористих заповнювачах, значну економію портландцементу, доцільність використання раніше перерахованих легких бетонів для житлових і громадських будівель.

3. Економічна ефективність використання керамзитобетону і кералітобетону на карбонатному піску очевидна, так як сировиною для бетону служать відходи днопоглиблювальних робіт і каменерозпилювальних відходів вапняку і черепашнику.

ЛІТЕРАТУРА

[1] Агафонова І.П., Постернак О.О., Кравченко С.А., Агаєва О.А., Столевич І.А. Дослідження міцнісних і деформативних властивостей керамзитобетону на цементно-зольному в'язучому. *Нові технології в будівництві* : науково-технічний журнал. Київ. НДІБВ. № 40. 2021. С. 38–43. DOI: 10.32782/2664-0406.2021.40.5.

[2] Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Марчук В.В., Степасюк Ю.О., Скрипник М.М. Ефективні технології бетонів із застосуванням техногенної сировини: монографія. Рівне. НУВГП. 2017. 424 с. ISBN 978-966-327-362-4.

[3] Кравченко С.А., Постернак О.О. Дослідження зразків перекриття з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури* : збірник наукових праць. Одеса. ОДАБА. № 66. 2017. С. 41–47.

[4] Кравченко С.А., Постернак О.О. Дослідження конструкцій з керамзитобетону на цементно-зольному в'язучому. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури* : збірник наукових праць. Одеса. ОДАБА. № 64. 2016. С. 141–146.

[5] Кравченко С.А., Постернак О.О., Зінченко С.В., Агаєва О.А., Столевич І.А. Дослідження

міцнісних і деформативних властивостей керамзитобетону на цементно-зольному в'язучому. *Нові технології в будівництві* : науково-технічний журнал. Київ. НДІБВ. № 39. 2021. С. 54–60. DOI: 10.32782/2664-0406.2021.39.8.

[6] Кравченко С.А., Постернак О.О. Мікротріщиноутворення та коефіцієнт інтенсивності напружень керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури* : збірник наукових праць. Одеса. ОДАБА. № 70, 2018. С. 56–62.

[7] Кравченко С.А., Постернак О.О. Несуча здатність та деформативність згинальних елементів з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому при довготривалій дії навантаження. *Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. праць. Рівне. УДУВГП. № 35. 2018. С. 85–94.

[8] Кравченко С.А., Постернак О.О. Основні деформативні властивості керамзитобетонів. *Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. праць. Рівне. УДУВГП. № 36. 2018. С. 47–54.

[9] Кравченко С.А., Постернак О.О., Столевич І.А. Конструкційні та конструкційно-теплоізоляційні легкі бетони на пористих заповнювачах. *Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. праць. Рівне. УДУВГП. № 31. 2015. С. 213–221.

[10] Кравченко С.А., Постернак О.О., Столевич І.А. Несуча здатність та деформативність елементів і конструкцій з керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві* : зб. наук. праць. Луцьк. Луцький національний технічний університет. № 16. 2021. С. 85–92. DOI: 10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-11.

[11] Очеретний В. П., Ковальський В. П., Машницький М. П., Діденко А. Ф. Використання відходів промисловості для виробництва ефективних будівельних матеріалів. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві* : науково-технічний збірник. Вінниця. ВНТУ. № 2. 2010. С. 53–55.

[12] Постернак О.О., Кравченко С.А., Агафонова І.П., Агаєва О.А. Несуча здатність та деформативність збірно-монолітних та монолітних перекриттів із керамзитобетону на багатокомпонентному в'язучому. *Нові технології в будівництві* : науково-технічний журнал. Київ. НДІБВ. № 37. 2020. С. 50–56. DOI 10.32782/2664-0406.2020.27.8.

[13] Проектування керамзитобетонів з урахуванням рецептурно-технологічних факторів і конструкцій на їх основі для монолітного будівництва : монографія / В.С. Дорофеев, А.І. Костюк та ін. Одеса. ОДАБА. 2014. 176 с.

[14] Chandra S., Berrtsson L. *Lightweight Aggregate Concrete Science, Technology and Applications*. Norwich, UK, USA. Noyes Publications/William Andrew Publishing. 2002. 100 p.

[15] González-Fonteboa, Martínez-Abella F., Rodríguez-Álvarez R., Rey-Bouzo E., Seara-Paz S., and Herrador M. F. Use of coal bottom ash and other waste as fine aggregates in lightweight cement-based materials. *Waste and Byproducts in Cement-Based Materials*, J. de Brito, C. Thomas, C. Medina, and F. Agrela, Eds. Woodhead Publishing, 2021, pp. 53–87.

[16] Kim M. O., Qian X., Lee M. K., Park W-S., Jeong S. T., Oh N. S. Determination of Structural Lightweight Concrete Mix Proportion for Floating Concrete Structures. *Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*. 2017. Vol. 29. Iss. 6. P. 315–325.

[17] Owens P. L., Newman J. B. Lightweight aggregate manufacture. *Advanced Concrete Technology 1: Constituent Materials*. Oxford, UK. Butterworth-Heinemann, J. Newman and B. S. Choo, Eds., 2003.

[18] Selman S. M., Abbas Z. K. The use of lightweight aggregate in concrete: a review. *Journal of Engineering*. vol. 28. no. 11, pp. 1–13. Nov. 2022.

[19] Spitzer J., A review of the development of lightweight aggregate, history and actual survey. *Proc. Int. Symp. Structural Lightweight Concrete*, Sandefjord. Norway. pp. 13–21.

[20] Thienel K. C., Haller T., Beuntner N. Lightweight concrete – from basics to innovations materials, vol. 13. no. 5. Jan. 2020. Art. no. 1120.

[21] Zareef M. A. E. An Experimental and Numerical Analysis of the Flexural Performance of Lightweight Concrete Beams reinforced with GFRP Bars. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. vol. 13. no. 3. pp. 10776–10780, Jun. 2023.

REFERENCES

[1] Ahafonova, I.P., Posternak, O.O., Kravchenko, S.A., Ahaieva, O.A., & Stolevych, I.A. (2021). Doslidzhennia mitsnisnykh i deformatyvnykh vlastyvostei keramzytobetonu na tsementno-zolnomu v'iazhucomu [Research of durability and deformation properties of keramzite concrete on cement-ash astringent]. *Novi tekhnologii v budivnytstvi – New technologies in building*, 40, 38–43. DOI: 10.32782/2664-0406.2021.40.5 [in Ukrainian].

[2] Dvorkin L.I., Zhytkovskyi, V.V., Marchuk, V.V., Stepasiuk, Yu.O. & Skrypyuk, M.M. (2017). *Efektivni tekhnologii betoniv iz zastosuvanniam tekhnohennoi syrovyny : monohrafiia [Effective technologies of concrete with the use of made raw materials: monograph]*. Rivne: NUVHP [in Ukrainian].

[3] Kravchenko, S.A., & Posternak, O.O. (2017). Doslidzhennia zrazkiv perekryttia z keramzytobetonu na bahatokomponentnomu v'iazhucomu [Research of slab patterns from ceramsite concrete on multicomponent astringent]. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury – Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 66, 41–47 [in Ukrainian].

[4] Kravchenko, S.A., & Posternak, O.O. (2016). Doslidzhennia konstruktsii z keramzytobetonu na tsementno-zolnomu v'iazhucomu [Research of light weight concrete constructions on cement ash binding] *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury – Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 64, 141–146 [in Ukrainian].

[5] Kravchenko, S.A., Posternak, O.O., Zinchenko, S.V., Ahaieva, O.A., & Stolevych, I.A. Doslidzhennia mitsnisnykh i deformatyvnykh vlastyvostei keramzytobetonu na tsementno-zolnomu v'iazhucomu [Research of durability and deformation properties of keramzite concrete on cement-ash astringent]. *Novi tekhnologii v*

budivnytstvi – New technologies in building, 39, 54–60. DOI: 10.32782/2664-0406.2021.39.8 [in Ukrainian].

[6] Kravchenko, S.A., & Posternak, O.O. (2018). Mikrotrishchynoutvorennia ta koefitsiient intensyvnosti napruzhen keramzytobetonu na bahatokomponentnomu viazhuchoomu [Microcracking and coefficient of tension intensity of expanded clay lightweight concrete on multicomponent binding] *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury – Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 70, 56–62 [in Ukrainian].

[7] Kravchenko, S.A., & Posternak, O.O. (2018). Nesucha zdatnist ta deformatyvnykh zghynalnykh elementiv z keramzytobetonu na bahatokomponentnomu viazhuchoomu pry dovhotryvalii dii navantazhennia [Bearing capacity and deformability of flexural elements made of expanded clay concrete on a multi-component binder under long-term load action]. *Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy – Resource-saving materials, constructions, buildings and structures*, 35, 85–94 [in Ukrainian].

[8] Kravchenko, S.A., & Posternak, O.O. (2018). Osnovni deformatyvni vlastyosti keramzytobetoniv [The basic deformation properties of claydite concretes]. *Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy – Resource-saving materials, constructions, buildings and structures*, 36, 47–54 [in Ukrainian].

[9] Kravchenko, S.A., Posternak, O.O., & Stolevych, I.A. (2015). Konstruktsiini ta konstruktsiino-teploizoliatsiini lehki betony na porystykh zapovniuvachakh [Structural and structural and heat-insulating lightweight concretes on porous aggregates]. *Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy – Resource-saving materials, constructions, buildings and structures*, 31, 213–221 [in Ukrainian].

[10] Kravchenko, S.A., Posternak, O.O., & Stolevych, I.A. (2021). Nesucha zdatnist ta deformatyvnykh elementiv i konstruktsii z keramzytobetonu na bahatokomponentnomu viazhuchoomu [Load-bearing capacity and deformability of expanded clay concrete elements and structures on multicomponent binder]. *Suchasni tekhnologii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi – Modern Technologies and Methods of Calculations in Construction*, 16, 85–92. DOI: 10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-11 [in Ukrainian].

[11] Ocheretnyi, V.P., Kovalskyi, V.P., Mashnytskyi, M.P., & Didenko, A. F. (2010). Vykorystannia vidkhodiv promyslovosti dlia vyrobnytstva efektyvnykh budivnykh materialiv [Use of industrial waste for the production of effective building materials]. *Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi – Modern Technology, Materials and Design in Construction*, 2, 53–55 [in Ukrainian].

[12] Posternak, O.O., Kravchenko, S.A., Ahafonova, I.P., & Ahaieva, O.A. (2020). Nesucha zdatnist ta deformatyvnykh zbirno-monolitnykh ta monolitnykh perekryttiv iz keramzytobetonu na bahatokomponentnomu viazhuchoomu [Bearing strength and deformation collapsible-monolithic and monolithic slabs from lightweight concrete on a multicomponent binding agent]. *Novi tekhnologii v budivnytstvi – New technologies in building*, 37, 50–56. DOI 10.32782/2664-0406.2020.27.8 [in Ukrainian].

[13] Dorofiev, V.S., Kostiuk A.I., Stolevych, I.A., Posternak, O.O., & Pushina, N.V. (2014). *Proektuvannia keramzytobetoniv z urakhuvanniam retsepturno-tekhnologichnykh faktoriv i konstruktsii na yikh osnovi dlia monolitnoho budivnytstva : monografiia [Design of expanded clay concrete taking into account recipe-technological factors and constructions based on them for monolithic construction: monograph]*. Odesa: ODABA [in Ukrainian].

[14] Chandra, S., & Berrtsson, L. (2002). *Lighttight Aggregate Concrete Science, Technology and Applications*. Norwich, UK, USA. Noyes Publications/William Andrew Publishing.

[15] González-Fontebo, Martínez-Abella, F., Rodríguez-Álvaro, R., Rey-Bouzon, E., Seara-Paz, S. & Herrador, M. F. (2021). Use of coal bottom ash and other waste as fine aggregates in lightweight cement-based materials. *Waste and Byproducts in Cement-Based Materials*, 53–87.

[16] Kim, M.O., Qian, X., Lee, M.K., Park, W-S., Jeong, S.T., & Oh, N.S. (2017). Determination of structural lightweight concrete mix proportion for floating concrete structures. *Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*, 29, 315–325.

[17] Owens, P.L., & Newman, J.B. (2003). *Lightweight aggregate manufacture. Advanced Concrete Technology 1: Constituent Materials*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.

[18] Selman, S.M., & Abbas, Z.K. (2022). The use of lightweight aggregate in concrete: a review. *Journal of Engineering*, 28, 1–13.

[19] Spitzer, J. (1995). A review of the development of lightweight aggregate, history and actual survey. *International Symposium on Structural Lightweight Aggregate Concrete Sandefjord*, 13–21.

[20] Thienel, K.C., Haller T., & Beuntner, N. (2020). Lightweight concrete – from basics to innovations. *Materials*, 13. DOI: 10.3390/ma13051120.

[21] Zareef, M. A. E. (2023). An experimental and numerical analysis of the flexural performance of lightweight concrete beams reinforced with GFRP bars. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 13, 10776–10780.

ABSTRACT

Stolevich I., Posternak O., Petrash S., Kostyuk A., Urazmanova N. Concretes on porous aggregate in building.

Purpose. The purpose of the work is proving of possibility of using expanded clay concrete on carbonate sand in monolithic bearing and enclosing structures and in reinforced concrete elements and structures.

Methodology. The research is based on the analysis of literary sources and experience in the use of local materials and industrial waste for light concrete in building structures.

Results. Until recently, experimental and theoretical studies conducted in our country and abroad indicated the possibility of using light concretes mainly for external enclosing structures. At present, the possibility of effective use is also proved for structural elements. Light concretes have the following advantages over heavy ones: less own weight of structures, the possibility of using industrial waste as raw materials for aggregates, as well as solving the problem of crushed stone deficiency through the use of local materials. The largest volume of porous aggregates production in our country are artificial aggregates obtained by roasting. Even the same aggregates have significant differences in structure, composition and properties, their maximum consideration and improvement of design solutions can contribute to additional savings in material resources.

Scientific novelty. The possibility of using light concrete on porous aggregates for the manufacture of concrete and reinforced concrete structures with a strength of 5... 30 MPa is proved.

Practical significance. Rational use of light concretes allows solving ecological, resource-saving and economic problems of modern construction due to utilization of technological and technogenic waste in the manufacture of large and small-pore aggregates. Intensive introduction of light concrete into construction practice is one of the sources of technical progress.

Keywords: concrete, properties, constructions, production wastes, light concrete, expanded clay concrete, porous aggregate, local materials, strength, density, resource saving.

AUTOR'S NOTE:

Stolevich Igor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Strength of Materials, Odessa State Academy of Construction and Architecture, Odesa, Ukraine, e-mail: stolevich.i.a@gmail.com, orcid: 0000-0001-6729-8532.

Posternak Oleksandr, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities, Odessa State Academy of Construction and Architecture, Odesa, Ukraine, e-mail: alex.bk@ukr.net, orcid: 0000-0002-7016-6941.

Petrash Svitlana, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Strength of Materials, Odessa State Academy of Construction and Architecture, Odesa, Ukraine, e-mail: svet_lana_petrash@odaba.edu.ua, orcid: 0000-0002-8567-3962.

Kostyuk Anatoly, Candidate of Technical Sciences, Professor, Professor of Reinforced Concrete Structures and Transport Facilities, Odessa State Academy of Construction and Architecture, Odesa, Ukraine, e-mail: isi@ogasa.org.ua, orcid: 0000-0002-5642-2443.

Urazmanova Nadia, Assistant at the Department of Architectural Constructions, Odessa State Academy of Construction and Architecture, Odesa, Ukraine, e-mail: nadegdaurazmanova@odaba.edu.ua, orcid:0000-0002-3415-4150.

Стаття подана до редакції 11.03.2024 р.