УДК: 69.061:628.4

В.П. Ковальський
П. О. Зоря
К.І. Голубков

ПОРІВНЯННЯ ЛЕГКИХ БЕТОНІВ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ОРГАНІЧНИХ ЗАПОВНЮВАЧІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено порівняльний аналіз легких бетонів на основі мінеральних в'яжучих із використанням органічних заповнювачів. Розглянуто особливості арболіту, деревобетону, костробетону та соломобетону. Проаналізовано їх теплотехнічні, механічні та експлуатаційні характеристики, а також визначено переваги та недоліки в сучасному будівництві. Особливу увагу приділено екологічності, енергоефективності та перспективам використання органічних заповнювачів у цивільному будівництві.

Ключові слова: легкі бетони, арболіт, деревобетон, костробетон, соломобетон, органічні заповнювачі, теплоізоляція.

Abstract

A comparative analysis of lightweight concretes based on mineral binders with the use of organic aggregates has been conducted. The specific features of arbolite, wood concrete, hempcrete and straw-bale concrete are considered. Their thermophysical, mechanical, and operational characteristics are analyzed, and the advantages and disadvantages in modern construction are determined. Particular attention is paid to environmental friendliness, energy efficiency, and the prospects of using organic aggregates in civil engineering.

Keywords: lightweight concretes, arbolite, wood concrete, hempcrete, straw-bale concrete, organic aggregates, thermal insulation.

Вступ

Сучасне будівництво дедалі більше орієнтується на використання енергоефективних та екологічно безпечних матеріалів. Значне підвищення вартості енергоносіїв, необхідність зменшення тепловтрат будівель та актуальність скорочення викидів вуглецю стимулюють розвиток легких бетонів із використанням органічних заповнювачів [1-3]. Одним із перспективних напрямів є застосування арболіту та інших композитних матеріалів, у складі яких використовуються відходи деревообробної промисловості або сільського господарств.

Використання легких бетонів дає можливість поліпшити теплотехнічні та акустичні властивості будівель, а також значно знизити їхню масу. Використання органічних заповнювачів дозволяє не лише покращити теплотехнічні характеристики матеріалів, але й утилізувати значну кількість відходів, що позитивно впливає на екологічний стан навколишнього середовища [4-6].

Серед найбільш поширених різновидів легких бетонів можна виділити арболіт,а саме його види. В залежності від заповнювача, він ділится на деревобетон, костробетон та соломобетон. Кожен із цих матеріалів має власні особливості структури, міцності, водопоглинання та довговічності.

Порівння легких бетонів на основі мінеральних в'яжучих з використанням органічних заповнювачів

Арболіт – це будівельний матеріал, що складається з цементу, подрібненої деревини та хімічних добавок. Отримують частинки шляхом переробки сировини на рубальних машинах, дробарках та молоткових млинах. Іноді замість дроблянки в арболіт додають багаття льону та конопель, рисову або бавовняну солому [7-10]. Матеріал відрізняється хорошими тепло- та звукоізоляційними властивостями. Міцність у нього невелика, тому використовується арболіт лише у малоповерховому будівництві.

Деревобетон формується із використанням подрібненої деревини та цементного розчину. Його структура сприяє добрій звукоізоляції та високому рівню теплозбереження. Разом із тим матеріал потребує якісного захисту від вологи, оскільки органічний наповнювач може піддаватись біологічному руйнуванню[11-13]. Для підвищення довговічності деревобетону застосовують спеціальні гідрофобізатори.

Таблиця 1.Характеристики деревобетону

Показник/ Вид бетону	Деревобетон
Класи (марки) за міцністю	В0,5-3,5
Щільність, кг/м³	500-1000
Теплопровідність, Вт/(м·°С)	0,06-0,17

Костробетон виготовляється із використанням костри конопель та льону. Цей матеріал набуває все більшої популярності у країнах Європи завдяки високим показникам екологічності та низькому рівню вуглецевого сліду[14-16]. Костробетон має хороші теплоізоляційні властивості та невелику густину. Водночас його міцність є нижчою у порівнянні з традиційними бетонними матеріалами, тому він переважно використовується як теплоізоляційний або огороджувальний матеріал.

Таблиця 2. Характеристики костробетону.

Показник/ Вид бетону	Бетон на кострі льна	Бетон на кострі коноплі
Класи за міцністю	В0,35-2,5	В0,035-1,5
Щільність, кг/м³	500-800	500-600
Теплопровідність, Вт/(м·°С)	0,06-0,12	

За міцністю він поступається деревобетону і має більш обмежену сферу застосування. Зокрема, з нього не можна зводити несучі стіни та перегородки. У той же час костробетон виграє за теплоізоляційними властивостями. Він відмінно підходить для утеплення підлог, перекриттів, горищ та фасадів.

Соломобетон є композитним матеріалом на основі соломи, цементу або вапна. Використання соломи дозволяє зменшити густину матеріалу та покращити його теплоізоляційні властивості. У сільському будівництві соломобетон часто застосовується для зведення енергоефективних будинків [17-19]. Недоліком матеріалу є необхідність захисту від тривалого зволоження.

Таблиця 3. Характеристики соломобетону.

Показник/ Вид бетону	Бетон на подрібнених стеблях бавовнику	Бетон на рисовій соломі
Класи за міцністю	В 0,35-2,5	В 0,35-1,5
Щільність, кг/м³	500-800	450-750
Теплопровідність, Вт/(м·°С)	0,06-0,12	

Ідейно соломобетон схожий з іншим будівельним матеріалом - саманом. Але в самані роль в'яжучого грає глина, тому його можна використовувати лише у сухому кліматі. Соломобетон таких обмежень не має.

Важливим аспектом є також економічна доцільність використання легких бетонів. Матеріали на основі органічних відходів дозволяють значно зменшити витрати на виробництво та одночасно вирішити проблему утилізації відходів деревообробної та аграрної промисловості [20-22]. Крім того, зниження маси конструкцій дає змогу зменшити навантаження на фундаменти та скоротити витрати на транспортування.

Значний інтерес викликає питання енергоефективності будівель із легких бетонів. Завдяки низькій теплопровідності такі матеріали сприяють скороченню витрат на опалення та кондиціонування приміщень[21].

Сучасні тенденції розвитку будівельної галузі свідчать про поступове збільшення використання екологічних композитних матеріалів. Особливо це стосується країн Європейського Союзу, де діють жорсткі вимоги щодо енергоефективності та скорочення викидів CO_2[21]. У таких умовах костробетон, соломобетон та деревобетон мають значний потенціал для подальшого розвитку. Нижче наведено порівняльну характеристику деревобетону, костробетону і соломобетону.

Таблиця 4 – Відношення між міцністю та щільністю.

Показник/Вид бетону	Щільність, кг/м³		
	Деревобетон	Костробетон	Соломобетон
В0,35-0,5	500	500	450
В0,75-1	500-700	500	500
В1,5	700-800	600-650	700
В2.5	800-900	800	Не виготовляється
В3,5	900-1000	Не виготовляється	

Теплопровідність - це надзвичайно важливий показник для легких бетонів. Їх використовують переважно для будівництва «теплих» будинків та облаштування теплоізоляції. Теплопровідність арболіту залежить від заповнювача і середньої щільності.

Таблиця 5 – Відношення між міцністю та середньою щільністю.

Марка по середній щільності	Теплопровідність, Вт/(м·°С)	
	Деревобетон	Костробетон, соломобетон
D300	0,07-0,075	0,06-0,065
D400	0,08-0,09	0,07-0,075
D500	0,095-0,1	0,08-0,095
D600	0,12-0,13	0,1-0,11
D700	0,14-0,15	0,12
D800	0,16	Не виготовляється
D900	0,17	
D1000 і вище	Не нормується	

Таблиця 6 – Порівняльна характеристика деревобетону, костробетону та соломобетону

Показник/ Вид бетону	Деревобетон	Костробетон	Соломобетон
Класи за міцністю	В0,35-3,5	В0,35-3,5	В0,35-2,5
Щільність, кг/м³	300-1000	500-800	450-800
Теплопровідність, Вт/(м·°С)	0,06-0,17	0,06-0,12	
Водопоглинання	Високе		
Морозостійкість	Не менше ніж F25		
Горючість	Г1 (слабогорючі)		

З табл. 6 випливає, що деревобетон - матеріал більш міцний. У костробетону та соломобетону, навпаки, запас міцності менший, але вони мають кращі теплоізоляційні властивості.

Якщо планувати будівництво 2-3 поверхового будинку, то краще використовувати деревобетон - він більш мінціший. Але витрати на опалення будуть меншими у будинках з костро- і соломобетону.

Висновки

У результаті проведеного аналізу встановлено, що легкі бетони на основі органічних заповнювачів мають значний потенціал для використання у сучасному енергоефективному будівництві. Ці матеріали відрізняються малою вагою, високою пористістю, міцністю на розтяг та вигин, а також хорошими тепло-

та звукоізоляційними властивостями. Ці матеріали мають попит при будівництві приватних малоповерхових будинків. З них зводять стіни та облаштують теплоізоляцію.

Отже, деревобетон краще всього використовувати в приватному малоповерховому житловому будівництві (для зведення будинків не вище 2–3 поверхів через обмежену міцність на стиск). Його застосовують для зведення зовнішніх несучих стін та облаштування міжкімнатних перегородок. Соломобетон та костробетон є дешевшою альтернативою деревобетону. Костробетон володіє унікальними теплотехнічними властивостями, але має низьку міцність, тому є виключно огороджувальним та ізоляційним матеріалом. Тому оптимальна область застосування цього виду є енергоефективне будівництво. Соломобетон - найбільш економічно доступний при порівнянні з дерево- і костробетонами, що базується на відновлюваних відходах агросектору. Оптимальна сфера застосування - малобюджетне будівництво у сільській місцевості (тваринницькі комплекси, одноповерхові будинки), а також легка ізоляція підлог та горищних перекриттів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бікс, Ю. С. "Перспективи використання виробів з соломи в малоповерховому будівництві." *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві* 1 (2017): 75-83..
2. Дзюбенко, А. Ю., and В. П. Ковальський. Обґрунтування доцільності використання піноізолу. Одеська державна академія будівництва та архітектури, 2024..
3. Сердюк В. Р., Ковальський В. П. Оцінка усадки теплоізоляційного автоклавного газобетону. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Структуроутворення та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій», 23 квітня 2024 р. Одеса, 2024. С. 129-135.
4. Ковальський В. П. Будівельне матеріалознавство. Вінниця : ВНТУ, 2021. С. 88–102.
5. Дзюбенко, А. Ю., and В. П. Ковальський. *Обґрунтування доцільності використання піноізолу*. Одеська державна академія будівництва та архітектури, 2024..
6. Сердюк В. Р., Ковальський В. П. Оцінка усадки теплоізоляційного автоклавного газобетону. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Структуроутворення та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій», 23 квітня 2024 р. Одеса, 2024. С. 129-135.
7. Neville A. Properties of Concrete. Pearson Education Limited, 2018. P. 210–226.
8. Мицик, Т. С., and В. П. Ковальський. "Переваги застосування композиційних матеріалів." *СУЧАСНІ СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ НАУКИ, ОСВІТИ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА СУСПІЛЬСТВА* (2023): 66.
9. Lyubarsky, V. S., and V. P. Kovalskiy. *Use of fly ash in production wall materials*. ВНТУ, 2022.
10. Ковальський, В. П., І. М. Вознюк, and Д. О. Войтюк. *Пінобетон на змішаному вяжучому*. Diss. ВНТУ,
11. Papadopoulos A. M. State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments. Energy and Buildings, 2020. P. 77–86.
12. Ковальський, В. П., and Н. А. Акімов. *Проектування енергозберігаючих малоповерхових житлових будинків*. Diss. ВНТУ, 2019.
13. Лемешев, Михайло Степанович, and Олег Володимирович Березюк. "Ніздрюваті бетони з використанням промислових відходів." *Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте'2017: материалы международной научно-практической Интернет-конференции*. SWorld, 2017.
14. Walker P., Pavia S. Hemp-lime construction materials. Construction and Building Materials, 2019. P. 312–320.
15. Ковальський, А. В., В. П. Ковальський, and Д. В. Смашнюк. *Особливості проектування багатоповерхових енергозберігаючих будівель*. ВНТУ, 2019.
16. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021).
17. Lawrence M. Straw Bale Construction and Performance. Journal of Green Building, 2021. P. 145–158.
18. Lemeshev, M., O. Bereziuk, and M. Stadnijtschuk. "Use of industrial waste in the construction industry." Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. 1.2: 19–25. (2023).

19. Ковальський В. п. Особливості проектування громадських будівель [Електронний ресурс] / В.В. п. Ковальський, А. І. Куртак // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2017 р. - Електрон. текст. дата. - 2017. - Режим доступу : https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2017/paper/view/2406.
20. Гоц В. І. Легкі бетони у сучасному будівництві. Київ : Основа, 2020. С. 120–134.
21. Sustainability of bio-based building materials. Journal of Cleaner Production, 2022. P. 98–112.
22. Ратушняк, Ольга, Бікс, Юрій, and В'ячеслав Кавецький. "Організаційно-економічні засади використання технічної коноплі в будівництві як один з напрямків інноваційної та екологічної відбудови України." *Innovation and Sustainability* 2 (2024): 44-52..

Ковальський Віктор Павлович — к.т.н., доцент кафедри міського будівництва та архітектури, Вінницький національний технічний університет. Email: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com

Зоря Павло Олегович — аспірант кафедри міського будівництва та архітектури, Вінницький національний технічний університет, email: pavlo.zorja@gmail.com

Голубков Кіріл Ігорович — студент гр. 2Б-24б, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет. Email: kirilgolubkov123@gmail.com

Науковий керівник: Ковальський Віктор Павлович — доцент каф. "Міського будівництва та архітектури " Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com.

Kovalskiy Viktor P — Ph.D. in Engineering, Associate Professor in the Department of Urban Construction and Architecture, Vinnytsia National Technical University. Email: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com

Pavlo Zoria O. — Ph.D. candidate in the Department of Urban Planning and Architecture, Vinnytsia National Technical University, email: pavlo.zorja@gmail.com

Golubkov Kiril Igorovich — student group 2B-24b, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kirilgolubkov123@gmail.com

Scientific adviser: Kovalsky Victor P - Associate Professor, Department of Urban Planning and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com.