

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЖИТЛА

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація. Проведений аналіз сучасних підходів до реалізації будівництва енергоефективного житла. Показані основні експлуатаційні властивості основних стінових матеріалів, які сприяють можливості реалізації зеленого будівництва. Приведений аналіз сучасних технологій термомодернізації фасадів будинків.

Ключові слова: нормативна база, термічний опір, фасад, термомодернізація, методи утеплення.

Abstract of the analysis of current approaches to the implementation of green living and decarbonization of galusa. An assessment of heat loss through the existing garden structures has been made. Showing the features that make it possible to implement a green lifestyle. Presents an analysis of current technologies for thermal modernization of building facades.

Key words: regulatory framework, thermal support, facade, thermal modernization, insulation

Вступ

Питання раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів є надзвичайно актуальною проблемою для України. Будівельна галузь є одним з найбільших споживачів енергетичних ресурсів і зберігає найбільші резерви їх економії, оскільки практично 90% застарілого житлового фонду було побудовано при низьких нормативних вимогах термічного опору огорожувальних конструкцій.

Вимушена відмова від імпорту приблизно 10–12 млрд м³ природного газу за механізмом так званого «реверсу» при наявності власного видобутку 18,6 млрд м³, складності реалізації імпорту природного скрапленого метану створило додаткову напругу на ринку природного газу. Третій рік поспіль українська енергетика перебуває під постійними атаками російських дронів та ракет. Після ракетних ударів росії на газову енергетику видобуток газу в Україні знизився на 40%. У лютому та березні 2025 року Україна планує імпортувати з Європи до 800 млн м³ природного газу.

Метою роботи є оцінка сучасного стану виробництва і використання ефективних стінових та теплоізоляційних матеріалів в нових енерго-екологічних умовах будівництва.

Результати дослідження

Зменшення обсягів генерації електричних потужностей через російську агресію з 55 ГВт до 20 ГВт суттєво ускладнили в цілому енергозабезпечення економіки країни і привело до необхідності імпорту електроенергії з країн ЄС. У 2024 році Україна збільшила імпорт електроенергії більш ніж у п'ятеро до 4,4 млн МВт-год. Найбільше – з Угорщини (39%), Словаччини (23%) та Румунії (18%). При цьому існує гостра необхідність відновлення 10% зруйнованого житлового фонду На урядовому рівні було заявлено про перехід на опалення нового побудованого житла електрикою. За таких умов при будівництві нового житла мають використовуватись енергоефективні стінові та теплоізоляційні матеріали, а застарілий житловий фонд має бути утеплений.

Будівництво, як фондоутворююча галузь, більше ніж за 30 років існування незалежної країни так і не пододала до кінця кризові явища 90-х років і не досягла показників відносних обсягів будівництва житла ($\text{м}^2/\text{люд}$ в рік) минулих років і мінімальних показників міжнародних стандартів ООН по забезпеченню населення житлом не менше 30 м^2 на людину. В Україні в середньому на людину приходить лише $24,2 \text{ м}^2$ житлової площі. За міжнародними стандартами щорічно в країні має будуватись біля 1 м^2 на людину в рік. За таких умов пропозиція житла наближається до його попиту і воно на ринку стає більш доступним за ціною, містить меншу корупційну складову в його вартості. За офіційними статистичними даними, в Україні фактично будується лише $0,13\text{--}0,24 \text{ м}^2/\text{люд}$. в рік.

Саме доступність за ціною стінових матеріалів є найбільш дієвим фактором, який сприяє зростанню обсягів будівництва індивідуального малоповерхового житла. Лідером на пострадянському просторі є Казахстан, де будується $0,8\text{--}0,9 \text{ м}^2/\text{люд}$ в рік, при тому що там, за даними офіційної статистики, має місце щорічний приріст чисельності населення на рівні $1,4\%$.

Стратегія енергетичної безпеки відображена в Розпорядженні Кабінету міністрів України від 4 серпня 2021 р. № 907). Вона визначає високий рівень залежності України від зовнішнього постачання окремих видів паливно-енергетичних ресурсів, що формує загрози сталому функціонуванню окремих енергетичних об'єктів і систем енергопостачання країни, а також національній безпеці. Природний газ залишається основним джерелом енергії для виробництва теплової енергії та будівництва когенераційних установок, які одночасно виробляють електроенергію та теплу воду і задовольняють потреби населення країни в приготуванні їжі та опаленні вже існуючого житлового фонду.

В вересні 2022 року в Україні були введені в дію нові БДН В.2.31-2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», в яких передбачено чергове зростання термічного опору огорожувальних конструкцій оболонки будівель приблизно на 20% . Термічний опір стіни для першої кліматичної зони (самої холодної) був збільшений до $4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$. Європейські країни зробили це на $10\text{--}15$ років раніше і збільшили показники термічного опору до $5,0\text{--}5,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$. Сусідня Польща в 2020 році збільшила нормативні вимоги термічного опору стін до $5,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

Через глобальне зростання температури виникла необхідність зменшення викидів парникових газів та обмеження зростання температури до кінця століття до $1,5^\circ\text{C}$, а краще до 2°C . У 2021 році Україна, відповідно до Паризької угоди 2015 року, зобов'язалася скоротити викиди парникових газів на 65% до 2030 року порівняно з рівнем 1990 року. Спалювання викопних видів палива та продуктів їх переробки є основним джерелом викидів парникових газів. Зрозуміло, що та таких умов має враховуватись як енергоємність виробництва самих будівельних матеріалів і виробів, так і самих будівель в процесі їх експлуатації. Наприклад, за даними Міжнародної енергетичної асоціації виробництво цементу в світі відповідальне за 8% викидів CO_2 .

На відміну від викопних видів палива, ВДЕ доступні в усіх країнах, а їх потенціал ще належить використовувати повною мірою. Згідно з оцінками Міжнародного агентства з відновлюваної енергії (IRENA), до 2050 року 90% електроенергії у світі може і має надходити з відновлюваних джерел.

Такий традиційний конструкційно-теплоізоляційний матеріал, як керамзит, через високу енергоємність виробництва та низькі теплоізоляційні властивості практично зник з будівельного ринку колишніх пострадянських республік [1]. Найбільш поширений стіновий матеріал – глиняна цегла - випалюється при температурі близько 1000°C і потребує природного газу або кам'яного вугілля.

Європейський досвід виробництва автоклавного газобетону показав, що енерговитрати на його виробництво становлять $320 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$, при виробництві повнотілої цегли потрібно витратити $900 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$, пустотної - $600 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$ [2].

Світовий досвід виробництва автоклавного газобетону постійно спрямований на зниження його щільності зі збереженням міцності. Якщо на момент розпаду СРСР вироби з газобетону мали середню щільність $643 \text{ кг}/\text{м}^3$, то на сьогодні це $400\text{--}500 \text{ кг}/\text{м}^3$, а кращі європейські тв. вітчизняні

компанії виготовляють газобетон густиною 300 кг/м^3 з класом міцності C1,5 (2,0 МПа). Стіна завтовшки 300 мм має несучу здатність близько 16 т на погонний метр, а цього достатньо для зведення триповерхових індивідуальних будинків. Зменшення щільності стінових блоків з 600 кг/м^3 до 300 кг/м^3 забезпечує значний енерго-екологічний ефект, зменшуються витрати на фундаменти, транспортування. В процесі виготовлення газобетонних блоків меншої щільності значно зменшуються витрати сировини, наприклад, $568,3 \text{ кг}$ на 1 м^3 газобетону при щільності 600 кг/м^3 до $276,7 \text{ кг}$ за щільності 300 кг/м^3 , тобто витрати сировини скорочується на 51 %. Крім того, виробництво таких стінових блоків є менш енергоємним. За тепловологої обробки виробів тривалість їх витримки в автоклаві може бути скорочена на 1,5—2 години [3].

Основним стіновим матеріалом в Польщі, як і в Україні, є автоклавний газобетон, який стрімко «витіснив» з будівельного ринку високоенергозатратні на стадії виробництва та не енергоефективні на стадії експлуатації керамзитобетонні вироби та традиційну глиняну цеглу [4]. Частка автоклавного газобетону, як ефективного конструкційно-теплоізоляційного матеріалу в структурі стінових матеріалів України, зросла до 60%. За загальними обсягами його виробництва в 2020 році Україна випередила Німеччину і після РФ, Туреччини і Польщі вийшла на 4 місце в Європі. Темпи зростання виробництва цього будівельного матеріалу в світі становлять щорічно приблизно на 6–7%, а в Україні обсяги його виробництва з 2000 року до 2020 року зросли в 46 раз (рис.1).

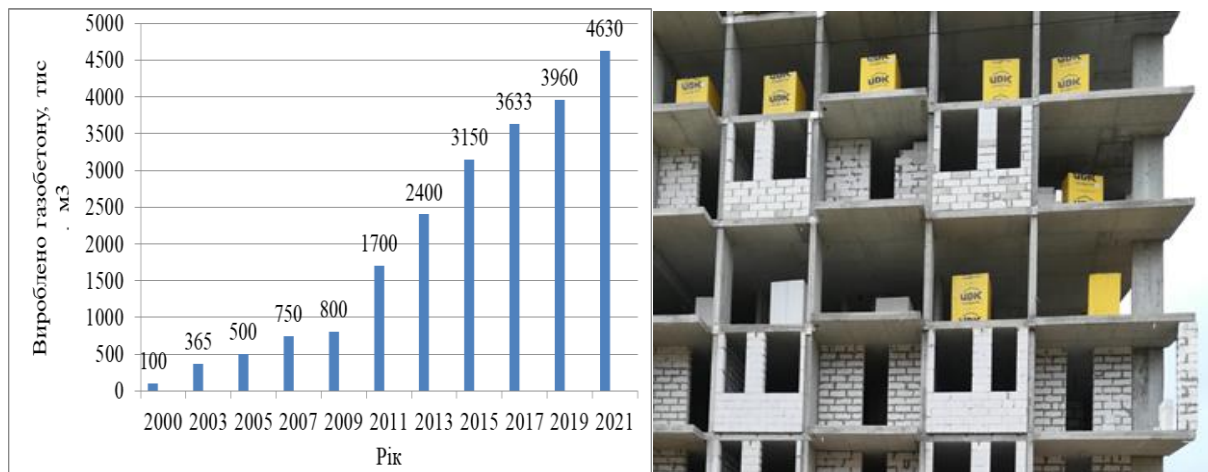


Рисунок 2. – Динаміка зростання виробництва автоклавного газобетону та його використання при будівництві висотних каркасно-монолітних житлових будинків

За даними досліджень Transparency Market Research, глобальний ринок автоклавного газобетону в світі з 2016 по 2024 рік зростає на рівні CAGR (середньорічний темп зростання з урахуванням складного відсотка) 7,3%. [5].

Теплоізоляційні матеріали, такі як екструдований полістирол (XPS) або мінеральна вата, мають низьку теплопровідність, є найбільш поширеними і ефективними ізоляційними матеріалами. Однак важливо зазначити, що теплопровідність є лише однією з властивостей, яка визначає характеристики ізоляційного матеріалу. Інші фактори, такі як звукоізоляційні властивості, вогнестійкість, вологостійкість, здатність до обробки, екологічність і довговічність також слід брати до уваги при виборі конкретного ізоляційного матеріалу. Автоклавний газобетон марки D100 – D200 знайшов широке використання в європейських країнах як екологічно чиста негорюча теплоізоляція, яка використовується для внутрішнього і зовнішнього утеплення стін.

В табл. 1 наведені порівняльні показники основних стінових матеріалів. Як видно з табл. 1, враховуючи експлуатаційні властивості традиційних стінових матеріалів та енергоємність їх виробництва, автоклавний газобетон має теплопровідність, яка в рази менша, ніж у традиційних матеріалів і в структурі стінових матеріалів в європейських країнах становить 50% і більше.

Таблиця 1. Експлуатаційні властивості основних стінових матеріалів

Експлуатаційні характеристики	Цегла			Газобетон	
	глиняна повнотіла	пустотна	силікатна	D400	D300
Густина, кг/м ³	1500...1800	1200...1400	1700...1900	400	300
Міцність на стиск, кгс/см ²	M100–175	M100–175	M100–250	C2.0	C1,5
Теплопровідність, Вт/м · °С	0,6...0,7	0,33...0,45	0,8...1,15	0,13	0,09
Морозостійкість, циклів	F50–75	F50–75	F35	F100	F100
Водопоглинання, %	8...10	8...10	11...14	22	20

Канадська технологія будівництва з використанням СП-панель, поширена в США та інших європейських країнах, дозволяє швидко будувати «теплі» будинки. Принцип зведення будівель не складний, не потребує масивного фундаменту, що додатково скорочує їх вартість. На готову основу монтується каркас з дерева, після чого стіни обшиваються OSB плитами, а простір між ними заповнюється утеплювачем (мінеральна вата, пінополістирол). Проте така технологія не набула поширення в Україні.

Висновки

Енергоекологічні складові розвитку промисловості будівельних матеріалів та ціновий фактор на енергоносії в Україні призвели до витіснення з будівельного ринку традиційні стінові матеріали автоклавним газобетоном, який став основним стіновим конструкційно-теплоізоляційним матеріалом. Його частка в структурі стінових матеріалів в 2020 році склала 53 %.

Використання автоклавного газобетону марки D300 та D400 відповідає Концепції реалізації державної політики в сфері забезпечення енергоефективності будівель та Національному плану збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівня споживання енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сердюк В.Р. Тенденції виробництва керамзиту та використання керамзитобетону в сучасному будівництві. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2018. № 3.-С. 14–22.
2. Вылегжанин В.П., Пинскер В.А. «Автоклавный газобетон для строительства экономичного и экологичного жилья» Журнал Строительные материалы. 2009. №8, -С.8-11.
3. Клаус Бонеманн, «WERNHANN в странах СНГ и Балтии: более 35 заводов за десять лет,» Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, № 8, С. 41-43, 2014.
4. Сердюк В.Р., Рудченко Д.Г. Порівняльні показники енергоємності виробництва автоклавного газобетону та інших стінових матеріалів. Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві» ВНТУ. 2020. –С.41–48.
5. Ринок автоклавного аерірованого бетону (AAC),» Research And Markets.com [Електронний ресурс]. <https://www.researchandmarkets.com/r/6fmucz>.

Сердюк Василь Романович — д-р техн. наук, проф, кафедри будівництва міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vasromvs@gmail.com.

Бондар Олександр Олександрович - студент групи Б-23м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Speed21099@gmail.com.

Serdyuk Vasyi Romanovych — Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vasromvs@gmail.com.

Bondar Oleksandr Oleksandrovich - student of group B-23m, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Speed21099@gmail.com.