

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ БУДИНКИ З АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ

Лаповська С.Д., Волошина Т.М.

ДП «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут
будівельних матеріалів та виробів «НДІБМВ»
м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: В статті проаналізовано перспективність застосування виробів з автоклавного ніздрюватого бетону для зведення огорожувальних конструкцій будинків з низьким споживанням енергії. Показано, що при забезпеченні достатньої «герметичності» оболонки будинку, ніздрюватий бетон є високоефективною основою для будівель з наближеним до нуля споживанням енергії.

АННОТАЦИЯ: В статье проанализирована перспективность применения изделий из автоклавного ячеистого бетона для возведения ограждающих конструкций зданий с низким потреблением энергии. Показано, что при обеспечении достаточной «герметичности» оболочки здания, ячеистый бетон является высокоэффективной основой для зданий с приближенным к нулю потреблением энергии.

ABSTRACT: The article analyzes the prospects of using products from autoclaved aerated concrete for the construction of buildings with low energy consumption. It is shown that in sufficient "integrity" of the building fabric, cellular concrete is the basis for high-performance nearly-zero energy house.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Автоклавний ніздрюватий бетон, енергія, енергоємність, житлові будинки, конструкція.

Як відомо, будівельна промисловість є стратегічно важливою для економіки як у локальному, так і глобальному масштабі. Наприклад, у ЄС ця галузь є найбільшим роботодавцем, що забезпечує роботою понад 15 млн. чол. та приносить близько 500 млрд. євро ВВП щорічно [1].

Інституції ЄС підтримують стійку конкурентоспроможність всього сектора, який стикається з великою кількістю проблем, таких як економічна криза або необхідності адаптації будівель до зміни клімату та екологічних вимог. В країнах ЄС на житлові будинки припадає близько 40% від загального споживання енергії, причому спостерігається тенденція до збільшення показника. Для досягнення мети Кіотського протоколу зі скорочення викидів парникових газів необхідно сконцентруватися на будівельному секторі, як одному з найбільш енергоємних.

З цією метою Європейською комісією у 2011 р. розроблено Настанову з питань сталого будівництва та прийнято «План щодо підвищення енергоефективності», в яких житлові будівлі визначено як сектор з найбільшим потенціалом для економії енергії. Європейська директива щодо енергетичного виконання будинків (EPBD) вимагає для

житлових будинків максимального зниження споживання первинних енергоносіїв та переходу на відновлювані джерела енергії. Однак у помірних та холодних кліматичних зонах найчастіше спостерігається дефіцит відновлюваних джерел енергії. Цілісний підхід передбачає, що будинок з наближеним до нуля споживанням енергії є не тільки споживачем, але й генератором енергії. Тобто споживання первинної енергії повинно бути якомога меншим, а необхідна для функціонування будинку кількість енергії має вироблятися (сонячні батареї, енергія вітру тощо) або на місці, або максимально близько до будинку. Хороша ізоляція оболонки будинку (у тому числі зниження повітропроникності огорожувальних конструкцій) у поєднанні з сонячними батареями та тепловими насосами з високим коефіцієнтом продуктивності займають центральне місце у цьому підході. Це невідворотно ставить питання щодо ролі традиційних методів будівництва та традиційних матеріалів, таких як АНБ, який забезпечує структурну міцність та теплоізоляцію.

Останні дані з міжнародних досліджень щодо автоклавного ніздрюватого бетону (АНБ), в тому числі таких його властивостей, як продуктивність будівництва, вогнестійкість, можливість повторного використання та переробки, а також питомі витрати ресурсів та енергоефективність, свідчать про перспективність застосування цього прогресивного будівельного матеріалу для задоволення амбітної мети ЄС за стандартами «наближеного до нульового споживання енергії» для всіх нових будівель у 2020 році [2-8]. Це досить міцний, але легкий і простий у використанні будівельний матеріал, що може бути використаний для улаштування зовнішніх огорожувальних конструкцій і внутрішніх перегородок. АНБ потребує незначної кількості енергії в процесі виробництва та дозволяє значно економити енергію протягом життєвого циклу будівлі. Крім того, у перспективі відходи після утилізації будівель з ніздрюватого бетону можуть бути повторно використані або перероблені. Економічні зовнішні стіни з АНБ дозволяють досягти широкого діапазону величин термічного опору, як у багат шаровому, так і одно шаровому виконанні огорожувальних конструкцій. Розглянемо перспективність застосування ніздрюватого бетону при зведенні енергоефективних будівель на прикладі проектів житлових будинків, розроблених у Великобританії на виконання «Кодексу для сталого будинку» (Code for Sustainable Homes), прийнятого урядом Англії та Уельсу у співпраці з Building Research Establishment (BRE) [2 - 3] та проектів житлових будинків, розроблених дослідницьким центром концерну Xella [8].

Центром вищезгаданого концерну Xella було проведено ряд експериментів, спрямованих на визначення можливості застосування АНБ для зведення житлових будівель з наближеним до нуля споживанням енергії для умов холодного (м. Стокгольм, довгота: 18,08°, широта: 59.35°, висота над рівнем моря: 15 м) та помірного (м. Берлін, довгота: 13.42°, широта: 52.53°, висота над рівнем моря: 44 м) клімату [8]. Коефіцієнти теплопередачі та можливі комбінації структурних компонентів наведено у табл. 1.

У Великобританії було зведено п'ять експериментальних будинків з АНБ т. з. «Miller Zero Carbon Home», що задовольняють різним рівням Кодексу – від найнижчого до найвищого, що забезпечує нульовий рівень викиду CO₂. Ці будинки, що отримали 79 балів зі 100 можливих, були виконані для задоволення вимог рівнів 1, 3, 4, 5 і 6 (з нульовим викидом вуглецю) Кодексу. Цей проект покликаний продемонструвати, як ці різні рівні Кодексу можуть бути досягнуті для житлових будинків [4]. В будинках використано матеріали, доступні на ринку, з метою продемонструвати, як можливо досягти зниження викидів вуглецю в житловому будівництві в теперішніх умовах. Конструкція будинків виконана з високоефективних матеріалів і показує, як завдяки використанню малопотужного енергетичного та опалювального обладнання можливо знизити викиди вуглецю на понад 25%. В будинках, що задовольняли вимогам рівня 4 Кодексу було використано дрібноштучні блоки з АНБ на тонкошаровому розчині.

Таблиця 1

Можливі комбінації для будинків з низьким споживанням енергії для холодних і помірних кліматичних зон

Будівельна конструкція	Коефіцієнт теплопередачі U , Вт/(м ² К)	Опис конструкції
Зовнішні стіни EB_01*	0,15...0,24	Масивні монолітні стіни, композитні стіни або стіни з ізолюваним повітряним прошарком, легкі стіни (з дерев'яними рамами), повинні мати значення U в межах 0,10...0,15 Вт/(м ² К).
Дах і стеля в неопалюваному просторі	0,10...0,15	Добре ізолювані масивні конструкції та звичайні дерев'яні конструкції (теплоізолюваний простір між балками, кроквами)
Підлога	0,15...0,25	Бетон, ізолюваний зверху і знизу спіненим пінополістиролом
Вікна	Значення U залежить від розміру вікна	Властивості скла: Передача сонячної енергії: 0,55 U -значення: 0,70...0,90 Вт/(м ² К) Рама: дерев'яна, $U=1,10$ Вт/(м ² К)
Фотоелектрична енергетика	Вироблення електроенергії для компенсації використання енергії тепловими насосами та іншими електричними системами	Необхідна площа залежить від споживання електроенергії системами приготування їжі / охолодження / вентиляції (для нежитлових приміщень - для освітлення); для холодних і помірних кліматичних зонах близько 30...40 м ² нетто-площі). Альтернативно потужність може бути забезпечена іншими видами поновлюваних джерел енергії (вітру, біомаси). Умова – потужність має генеруватись на місці.
Геліотермальна установка	Для виробництва гарячої води для домашніх потреб	У звичайних умовах в односімейних будинках близько 3...4 м ² нетто-площі для кожного мешканця
Тепловий насос	Виробництво теплової енергії	Можливі різні поновлювані джерела енергії (повітря, вода, ґрунт) для опалення та вироблення гарячої води у разі недостатніх ресурсів (зимовий час). ККД для комбінованого опалення та гарячого водопостачання не повинна бути нижче 2,5, в ідеалі 2,7
* для зовнішніх стін EB_01 було використано тришарові елементи, що складаються з 1 шару АНБ середньою густиною 100 кг/м ³ , який розміщено між 2 шарами АНБ з середньою густиною 350 кг/м ³ ; штукатурка зовні та всередині; загальна товщина 41,5 см.		

Досягнення рівня 6 Кодексу для житлового будинку було набагато складнішим завданням. Незважаючи на те, що існував варіант з використанням суцільного мурування з АНБ блоків, було вирішено побудувати несучі стіни з ніздрюватобетонних панелей на висоту поверху товщиною 200 мм та шириною 600 мм, оскільки при цьому зменшується кількість швів, через які може відбутися витік повітря. Ще однією перевагою є збільшення термічної масивності конструкції стіни, що забезпечує пасивне нагрівання і охолодження протягом сезонів.

Зовнішня ізоляція, що мінімізувала втрати тепла через огорожувальні конструкції, була виконана з жорсткої фенольної зовнішньої ізоляції завтовшки 200 мм. Це

дозволили досягти значення $U=0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ для стіни. Дах було виконано односхилим, покрівельна конструкція включала пінополіуретанову ізоляцію висотою 190 мм між кроквами, що дозволило досягти значення $U=0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Вікна мали потрійний склопакет, заповнений ксеноном, з додатково ізольованими кромками і ПВХ рами, що забезпечило значення $U=0,68 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Герметичність $1,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2\cdot\text{год.})$ при 50 Па було отримано за допомогою внутрішнього штукатурення стін. Все тепло та електроенергія отримуються з відновлюваних джерел. Вони включають в себе опалювальний котел, що працює на біомасі (15 кВт), з'єднаний з системами підігріву підлоги і гарячої води для максимальної ефективності. Велика сонячна батарея (4,8 кВт, 38 м^2) на даху забезпечує електричною енергією. Будинок використовує систему вентиляції з рекуперацією тепла з опцією «by pass» для літнього періоду [4].

«Зелений будинок» Барратта [7] являє собою будинок, призначений для забезпечення якомога нижчого споживання енергії при високій щільності житлової забудови в майбутньому. Це був перший будинок, що збудовано як основна житлова будівля, що досягла найвищого, 6 рівня Кодексу.

Конструкція стін будинку складається з панелей з АНБ висотою на поверх товщиною 200 мм та шириною 600 мм. Зовні будинок було утеплено суцільною високоефективною фенольною теплоізоляцією завтовшки 180 мм, що дозволило досягти для стін герметичності $1,0 \text{ м}^3/(\text{м}^2\cdot\text{год.})$ та значення $U=0,1 \text{ W}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$. Внутрішні стіни також було виконано з АНБ. Використання АНБ для влаштування стіни у поєднанні з бетонними плитами підлоги в тепловій оболонці забезпечило високу теплову масивність будинку, що зменшило коливання температури в будинку. Для досягнення нульового рівня викиду вуглецю, на південній стороні даху було змонтовано фотоелектричні панелі. Опалення та вентиляція здійснюється через примусову систему вентиляції повітря, яка видаляє надлишкове тепло з кухні і ванної кімнати і подає його в інші частини будинку. Вся вентиляція проходить через теплообмінник, щоб мінімізувати втрати тепла.

ВИСНОВОК

Стале будівництво є проблемою, яка вимагає спільних зусиль з боку дослідників, політиків, виробників будівельної продукції, будівельників, архітекторів, розробників, а також від громадян, незалежно від того, чи є вони будівельниками, або власниками квартир, або орендарями. В останній версії EPBD (Європейська енергетична Директива щодо будівель) закликає до кінця 2020 року споруджувати всі нові будівлі з наближеним майже до нуля споживанням енергії. Термін «нуль» до цих пір не було чітко визначено, але очікується, що «нульовий рівень» буде зосереджено на попиті на первинну енергію будівлі. Будівельна галузь стикається з величезною кількістю змін з точки зору майбутнього будівництва. Навіть якщо більша частина заощаджень первинної енергії відбувається від використання поновлюваних джерел енергії, головним місцем для зниження споживання енергії завжди були опалення і вентиляція будівлі, які завжди знаходяться під сильним впливом енергетичної ефективності оболонки будинку [9].

Зовнішні огорожувальні конструкції з АНБ мають достатню міцність і довговічність, негорючі та можуть бути використані для досягнення найвищих рівнів енергозбереження для житлового будинку. У монолітному виконанні, АНБ є високо-ефективною основою для будинків з наближеним до нуля споживанням енергії.

Європейські будинки майбутнього будуть більш інженерні. Але вплив огорожувальних конструкцій будинку не буде автоматично анульовано. Добре ізольовані і герметичні оболонки необхідні для досягнення негативного енергетичного балансу в будинку. Крім того, зберігання тепла разом з низькою витратою теплової енергії через

будівельні конструкції створить основу для використання передових систем, таких як сонячні батареї, теплові насоси і тощо.

Таким чином, навіть в епоху низького енергоспоживання, окремо або у поєднанні з новими композиційними матеріалами автоклавний ніздрюватий бетон як матеріал з високим потенціалом розвитку, буде пропонувати рішення для проблем, пов'язаних з підвищеними вимогами щодо енергоефективності зовнішніх огорожувальних конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Політика Європейського Союзу та перспективи нормування сталого будівництва / Вісенте Леос - Аргуельєс / Забезпечення сталого майбутнього: 5-а Міжнародна конференція з АНБ. - Польща, Бидгощ: Політехнічний університет, 14-17 вересня 2011,
2. Просування конструктивних рішень з автоклавного ніздрюватого бетону для задач сталого будівництва в Європі / Джос Кох/ 5-а Міжнародна конференція з АНБ "Забезпечення сталого майбутнього". Польща, Бидгощ, 14-17 вересня 2011, Політехнічний університет м. Бидгощ.
3. Проектування з використанням автоклавного газобетону з метою досягнення сталих будинків / Кліфф Фудж / 5-а Міжнародна конференція з АНБ "Забезпечення сталого майбутнього". Польща, Бидгощ, 14-17 вересня 2011, Політехнічний університет м. Бидгощ.
4. www.zerocarbonhomes.org - сайт некомерційної організації «Zero Carbon Hub», Мілтон Кейнс.
5. Міністерство у справах громад і місцевого самоврядування. Код для сталого будинку - крок до зміни в практиці будівництва сталого будинку, www.communities.gov.uk. – Лондон, 2006.
6. Міністерство у справах громад і місцевого самоврядування, 2010. Код для сталого будинку - Технічне керівництво, www.communities.gov.uk. - Лондон .
7. www.passivhaus.org.uk, сайт BRE. - Уотфорд.
8. Будівництво будинку з наближеним до нуля споживанням енергії з АНБ для різних європейських кліматичних умов / Торстен Шох / 5-а Міжнародна конференція з АНБ "Забезпечення сталого майбутнього". Польща, Бидгощ, 14-17 вересня 2011, Політехнічний університет м. Бидгощ
9. На шляху до будівель з наближеним до нуля споживанням енергії. Визначення загальних принципів відповідно до EPBD. Підсумковий звіт - ec.europa.eu.

REFERENCES

1. European Union's policy and regulatory perspectives on sustainable construction /Vicente Leoz-Argüelles / Securing a sustainable future: 5th International Conference on AAC. - Poland, Bydgoszcz, September 14-17, 2011, UTLS.
2. Promoting AAC solutions for sustainable construction challenges in Europe / Jos Cox / Securing a sustainable future: 5th International Conference on AAC. - Poland, Bydgoszcz, September 14-17, 2011, UTLS.
3. Designing with AAC to achieve sustainable houses /Cliff Fudge/ Securing a sustainable future: 5th International Conference on AAC. - Poland, Bydgoszcz, September, 14-17, 2011, UTLS.
4. www.zerocarbonhomes.org website of the Zero Carbon Hub, Milton Keynes.
5. Department for Communities and Local Government, 2006. Code for Sustainable Homes-A step-change in sustainable home building practice, www.communities.gov.uk. - London.
6. Department for Communities and Local Government, 2010. Code for Sustainable Homes-Technical Guide, www.communities.gov.uk. - London.
7. www.passivhaus.org.uk, website of the BRE. - Watford.
8. Construction of a nearly-zero energy house with AAC under different European climate conditions / Torsten Schoch / Securing a sustainable future: 5th International Conference on AAC. - Poland, Bydgoszcz, September 14-17, 2011, UTLS.
9. Towards nearly zero-energy buildings. Definition of common principles under the EPBD. Final report – Executive Summary ec.europa.eu.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2014 р.