



Лаповська С. Д.



Черненко М. В.



Конопля М. С.

Лаповська С. Д., д. т. н., професор,
Державне підприємство «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів»,
вул. Костянтинівська, 68, 04080, Київ, Україна,
✉ labbmsp@ukr.net ☎ +38 (050) 311 26 35
ORCID ID: 0000-0002-1967-3200;

Черненко М.В., науковий співробітник.
Державне підприємство «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів»,
вул. Костянтинівська, 68, 04080, Київ, Україна,
✉ labbmsp@ukr.net,
ORCID ID: 0009-0003-8301-3914

Конопля М. С., аспірант,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект, 31, 03037, Київ, Україна,
✉ Nikolaykonoplya@gmail.com ☎ +38 (067) 768 08 08
ORCID ID: 0009-0001-4392-5973

Svitlana Lapovska, D. Sc. (Tech.), Prof.,
State Enterprise «Ukrainian Research and Design Institute
of Building Materials and Products»,
str. Kostyantynivska, 68, 04080, Kyiv, Ukraine,
✉ labbmsp@ukr.net ☎ +38 (050) 311 26 35
ORCID ID: 0000-0002-1967-3200;

Mykola Chernenko, researcher,
State Enterprise «Ukrainian Research and Design Institute
of Building Materials and Products»,
str. Kostyantynivska, 68, 04080, Kyiv, Ukraine,
✉ labbmsp@ukr.net,
ORCID ID: 0009-0003-8301-3914

Mykola Konoplya, postgraduate,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
ave. Povitroflotskyi Prospect, 31, 03037, Kyiv, Ukraine,
✉ Nikolaykonoplya@gmail.com ☎ +38 (067) 768 08 08
ORCID ID: 0009-0001-4392-5973

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА

RESEARCH OF THE PHYSICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE FOR CONSTRUCTION

Анотація. Розглянуті проблеми енергозбереження будинків, раціональне застосування автоклавного газобетону зниженої густини, порівняно з аналоговим стіновим матеріалом. Розглянуті енергозберігаючі технології виробництва автоклавного газобетону.

Мета роботи – Визначити ефективність застосування автоклавного газобетону зниженої густини (D400-D300) при зведенні будинків. Визначити шляхи енергозбереження при виготовленні автоклавного газобетону.

Висновки. Розглянуті шляхи енергозбереження при будівництві будинків з використання нідзрюватого бетону автоклавного тверднення, а також розглянуті методи енергозбереження при виготовленні нідзрюватого бетону.

Ключові слова: Автоклавний газобетон, нідзрюватий бетон, енергозбереження, термічний опір.

Abstract. Considered problems of energy saving of buildings, rational application of autoclaved aerated concrete of reduced density, compared to analog wall material. Energy-saving technologies for the production of autoclaved aerated concrete are considered.

The purpose of the work is to determine the efficiency of using autoclaved aerated concrete of reduced density (D400-D300) in the construction of buildings. Determine the ways of energy saving in the production of autoclaved aerated concrete.

Purpose of the article. Ways of energy saving in the construction of houses using autoclaved aerated concrete are considered, as well as methods of energy saving in the production of aerated concrete.

Key words: Autoclaved aerated concrete, aerated concrete, energy saving, thermal resistance.

Вступ

Житлові умови є невід'ємною складовою, яка забезпечує необхідні потреби людини. Вони важливі для забезпечення сімейного побуту, виховання дітей тощо. Однак утримання житла у відповідних умовах потребує значних витрат. Основні витрати на утримання житла є витрати на енергозбереження.

Згідно з комплексною державною програмою енергозбереження України, яка схвалена кабінетом міністрів України [1], одним із пріоритетних напрямків розвитку

промисловості будівельних матеріалів є модернізація застарілих виробництв і заводів із значними питомими витратами палива, зниження енергоємності виробництва стінових матеріалів за рахунок збільшення випуску пористої цегли, обсягів використання вторинних енергетичних ресурсів, випуску нідзрюватобетонних виробів.

Питання енергозбереження є актуальним для всього світу, особливо для України. Оскільки ціна на енергоносії невгамовно зростає не тільки для виробництва, але й для мешканців.

З цього приводу все більш активно використовуються енергозберігаючі технології. Така технологія дозволяє не тільки раціонально використовувати енергоносії, а ще й економити кошти.

Мета роботи

Визначити ефективність застосування автоклавного газобетону зниженої густини (D400-D300) при зведенні будинків. Визначити шляхи енергозбереження при виготовленні автоклавного газобетону.

Енергозберігаючі технології

Енергозберігаючі технології – це заходи, які в сукупності призводять до зниження використання енергії. Ці заходи важливі не тільки з економічної точки зору, але й з екологічної, оскільки сприяють зменшенню кількості викидів шкідливих речовин. До них відносять наступні заходи:

- використання поновлюваної енергії;
- рекуперация тепла;
- використання енергозберігаючих матеріалів.

Використання газобетону

На будівельному ринку представлений безліч стінових матеріалів але щоб забезпечити нормативні вимоги, які висуває ДБН 2.6-31:2016 «Теплова ізоляція споруд», необхідно такі матеріали додатково утеплювати мінеральною або пінополістирольною плитами, або використовувати енергоефективні матеріали.

Одним з таких матеріалів представлений на будівельному ринку, як автоклавний газобетон зниженої густини. Цей матеріал не тільки відповідає нормативним показникам по термічному опорі огороджувальних конструкцій, а й забезпечує необхідну несучу здатність. Автоклавний газобетон зниженої густини представлений на ринку густиною D300 із значенням термічного опорю $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ та достатньо високим класом за міцністю, який відносять до C2. Такий показник термічного опорю відповідає вимогам ДБН 2.6-31:2016 «Теплова ізоляція споруд», а міцність, достатня для зведення 2 та 3 поверхових будинків. Тому для зведення стінових конструкцій використовують газобетон маркою за густиною D400-D300. Крім того, автоклавний газобетон густиною $300 \text{ кг}/\text{м}^3$, порівняно з газобетоном густиною $600 \text{ кг}/\text{м}^3$, дозволяє зводити зовнішні стінові конструкції товщина яких зменшується вдвічі.

Дослідження глобального ринку автоклавного газобетону [2], прогнозує зростання виробництва автоклавного газобетону майже на 20,84 млрд. \$ США до 2026 року. Враховуючи те, що розвиток зеленого будівництва набирає популярності у Європейських країнах, обсяг виробництва автоклавного газобетону може значно збільшитися.

Такий розвиток виробництва очевидний, оскільки цей матеріал має низку переваг [3] серед інших стінових матеріалів, а саме:

- під час виробництва потребує менше енергетичних ресурсів;
- поєднує в собі теплоізоляційні та конструкційні властивості;
- продуктивність кам'яних робіт збільшується;

Фахівцями ДП «НДІБК» було проведено дослідження яке встановило, що одношарова зовнішня стіна з автоклавного газобетону різною шириною від 375-400мм, маркою за густиною D400, без утеплювання, значення термічного опорю, такої конструкції, знаходиться в межах $R=3,3 - 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, ці показники цілком задовольняють

вимоги, які встановлені у ДБН 2.6-31:2016 «Теплова ізоляція споруд». Якщо порівнювати значення теплопровідності автоклавного газобетону густиною D400-D300, з повнотілою керамічною цеглою, значення теплопровідності газобетону будуть в 7-8 разів меншими ніж у цегли, до того ж товщина цегли повинна бути 380 мм та обов'язково утеплена мінераловатними плитами.

Крім того, система «паз-гребінь», яка найчастіше використовується для зведення будинків, а також укладання газобетону на тонкий шар клейової суміші, дозволяє мінімізувати в стіновій конструкції так звані «містки холоду», що знано покращують теплофізичні характеристики.

Автоклавний газобетон густиною $300 \text{ кг}/\text{м}^3$, товщиною 300 мм, має значення теплопровідності $0,08 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$, при таких показниках цей матеріал забезпечує відповідність нормативним вимогам термічного опорю [4]. Стінова конструкція з автоклавного газобетону густиною $300 \text{ кг}/\text{м}^3$ не потребує додаткового утеплення.

Проте безліч потенційних забудовників, у разі різних стереотипів, часто приходять до думки про необхідне утеплення стін із автоклавного газобетону бетону, навіть шириною 375 мм.

Однак необхідно враховувати, при виборі утеплення для стін із автоклавного газобетону, особливості матеріалу:

- Відпускна вологість блоку, залежно від густини, знаходиться в межах 30...40%;
- Блоки додатково звожуються в процесі будівництва (при нанесенні штукатурних або кладочних розчинів або інших розчинів);
- У ході експлуатації будинку волога, у вигляді пари, проникає в конструкцію зовнішньої стіни.

Стіни з автоклавного газобетону володіють високим показником паропроникності, що безумовно забезпечує комфортне проживання.

Найчастіше в якості утеплювача використовують пінополістирольні та мінераловатні плити. Пінополістирольні плити характеризуються низьким показником паропроникності

$$\mu = 0,05 \text{ мг}/\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па},$$

а фасадні мінераловатні плити, порівняно з пінополістирольними, мають показник паропроникності більше в 10 разів

$$\mu = 0,5 \text{ мг}/\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па}.$$

В лабораторії будівельної теплотехніки та акустики ДП «НДІБК» проведені експериментальні дослідження теплопередачі конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією.

В даному експериментальному дослідженні були використанні наступні матеріали:

- автоклавний газобетон товщиною 300 мм, густиною $400 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- пінополістирольні плити товщиною 50 мм та 100 мм;
- мінеральноватні плити товщиною 50 мм та 100 мм.

У випадку використання автоклавного газобетону та пінополістиролу шириною 50мм, в якості утеплювачі, вологість такої конструкції дорівнює 18,5%, що перевищує нормативне значення майже в 3 рази, опір теплопередачі становить $3,14 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$. При використанні пінополістирол шириною 100мм, вологість такої конструкції перевищує нормативний в 2,5 рази, та становить 14,9 %, опір теплопередачі $4,41 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$. Утеплення із пінополістиролу шириною 50 мм. буде недоцільним, як з точки зору енергозбереження так і економічної. Утеплення із пінополі-



стиролу шириною 100мм. рекомендується в якості утеплювача, проте призведе до збільшення енерговитрат в перші роки експлуатації.

Використання мінераловатної плити шириною 50 мм. вологість конструкції знаходиться близько до нормативного та становить 7,2 %, нормативний показник вологості 6 %, опір теплопередачі 3,56 (м² · К)/Вт. При використанні мінераловатної плити шириною 100 мм., вологість конструкції збільшується до 8,8 %, при такому утепленні значення опору теплопередачі дорівнює 4,67 (м² · К)/Вт. Утеплення із мінераловатної плити рекомендується для застосування в конструкціях із автоклавного газобетону, так як забезпечує необхідну паропроникність для комфортного проживання.

Волога стіна із автоклавного газобетону буде менш теплою, а також знизиться довговічність матеріалу. Тому, для уникнення небажаних наслідків, необхідно забезпечити видалення лишньої вологи із зовнішньої частини стіни. Тому при виборі утеплювача для автоклавного газобетону необхідно вибирати матеріал з високим показником паропроникності.

Енергозберігаючі технології в процесі виготовлення автоклавного газобетону

Навіть процес виготовлення автоклавного газобетону не обходиться без енергозбереження. Існує декілька

шляхів, які зменшують енергозатрати в процесі виробництва автоклавного газобетону:

- використання системи рекуперації тепла;
- використання енергії гідросилікатних новоутворень;
- використання інтенсифікатори помелу;
- використання техногенних та природних мінеральних добавок;
- використання зворотного шламу;
- використання хімічних добавок.

Сучасні заводи по виготовленню автоклавного газобетону працюють по безвідходному виробництву, так само виробництво дозволяє значно значно заощаджувати природні ресурси, а також покращувати деякі технологічні властивості.

Одним із перспективним напрямком енергозбереження є заміна портландцементу на мінеральні добавки техногенного походження. Дослідження [1] показали, що заміна портландцементу на доменний гранульований шлак (в межах від 15 % до 20%), призвело до збільшення кінетики набору пластичної міцності до автоклавної обробки.

В процес формування гідросилікатних новоутворень, виділяється деяка кількість енергії, наприклад, при утворенні тобермориту виділяється до 80 кДж/кг; при утворенні ксолоніта до 45 кДж/кг.

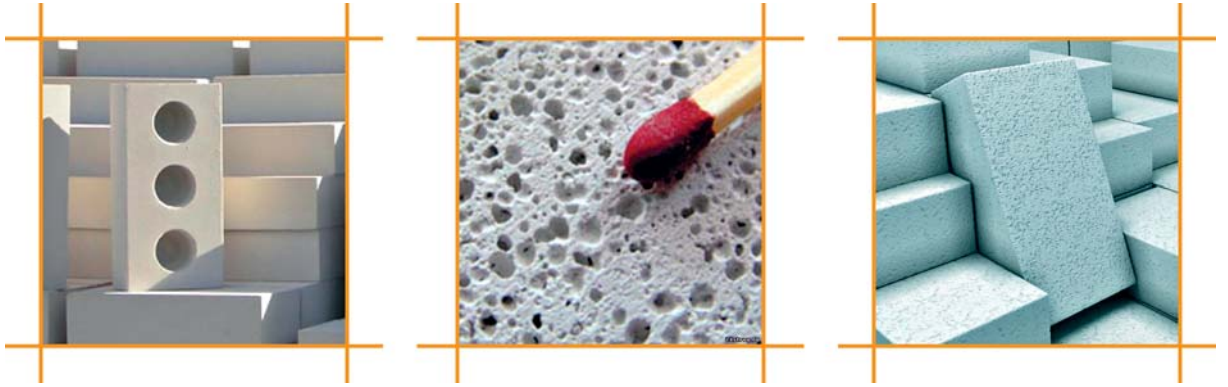
Така додаткова теплова енергія витрачається на додатковий прогрів газобетонної маси із середини. Наразі усі виробники газобетону використовують такий, хоч і не значну, але технологічно важливу енергію, як екзотермія новоутворень.

Висновки та перспективи подальших розроблень

1. Автоклавний газобетон зниженої густини – ефективний матеріал для стінових огорожуючих конструкцій.
2. Встановлено, що газобетон густиною 300-400 кг/м³ за своїми характеристиками може використовуватися як для огорожуючих конструкцій в багатопверхових будинках так і для несучих конструкцій стін в будинках до трьох поверхів.
3. Визначили залежність опору теплопередачі від вологості.
4. Встановили найбільш ефективний матеріал для утеплення конструкції з автоклавного газобетону.
5. Визначено, що для регулювання енергозбереження автоклавного газобетону використовують енергію гідросилікатних новоутворень для обігріву масиву ніздрюватого бетону при наборі пластичної міцності.

Література:

1. Рудченко Д.Г., Сердюк В.Р., Шляхи енергозбереження при використанні виробництві газобетону низької щільності. (2021) Всеукраїнський науково-технічний і виробничий журнал «Будівельні матеріали та виробництво»: ст.4–10.
2. Autoclaved Aerated Concrete Global Market Report 2022 // URL : <https://www.reportlinker.com/p06248248/Autoclaved-Aerated-Concrete-Global-Market-Report;>
3. Сиротін О., Інформаційно-аналітичний журнал «Будівельний журнал» (2021): ст 12–13.
4. ДБН 2.6-31:2016 «Теплова ізоляція споруд»
5. Рудченко Д.Г., Сердюк В.Р., Шляхи зменшення енергетичної та екологічної складової у виробництві автоклавного газобетону. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2020, № 2, ст. 20–26.
6. Дворкін Л., Лаповська С. Будівельне матеріалознавство : підручник / Леонід Дворкін, Світлана Лаповська. Київ: Кондор, 2017, 448 с.
7. Геневефа Запоточна-Ситек Історія автоклавного газобетону в Польщі : підручник / Геневефа Запоточна-Ситек. – Варшава: Наукове видавництво PWN S.A., 2019, 402 с.



НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРІЯ СИЛІКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ

ВИКОНУЄ РОЗРОБКИ:

- технології виробництва ніздрюватобетонних виробів автоклавного та неавтоклавного тверднення, зокрема газобетонних, пінобетонних і піногазобетонних виробів на основі природної сировини та кремнеземистих відходів промисловості (відходи збагачення залізистих кварцитів, доменні гранульовані шлаки, золи та золошлакові суміші теплових електростанцій, відпрацьовані формувальні суміші ливарного виробництва тощо);
- технології виробництва силікатної цегли;
- технології виробництва стінових і облицювальних матеріалів з використанням техногенної сировини;
- технології виробництва вапна, у тому числі гідратного;
- технології виробництва стінових і в'язучих матеріалів на основі карбонатних відходів хімічного очищення води атомних і теплових електростанцій;
- технології виробництва крейди для будівництва, сільського господарства, кабельної, гумової, лакофарбної, полімерної, парфумерної, косметичної, харчової, медичної, паперової та інших галузей промисловості;
- технології виробництва кольорових стінових матеріалів з використанням пігментів і забарвлюючих відходів промисловості;
- нормативних документів (стандарти, технічні умови) на будівельні матеріали та вироби і технологічної документації (вихідні дані для проектування, технологічні регламенти) на виробництво ніздрюватобетонних виробів, силікатної цегли та каменів, вапна, крейди.

ПРОВОДИТЬ:

- дослідження природної сировини та відходів промисловості для визначення придатності та раціональних шляхів їх використання у виробництві будівельних матеріалів і виробів;
- визначення ефективності органічних і неорганічних добавок для бетонів;
- комплекс робіт з постановки продукції будівельного призначення на виробництво;
- розрахунок норм витрат сировини на виробництво будівельних матеріалів і виробів та норм втрат сировинних матеріалів при виробництві;
- сертифікаційні випробування будівельних матеріалів і виробів;
- експертизу будівельних матеріалів і виробів для підтвердження їх придатності для застосування в будівництві (технічне свідоцтво).

e-mail:

ndibmv@ukr.net

trashuk@bigmir.net

