

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 624.012.4 + 624.014

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ СТІНИ З ВИКОРИСТАННЯМ НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ

Сердюк В. Р., Рудченко Д. Г., Августович Б. І.

В даній статті наведені показники виробництва автоклавних газобетонів в Україні та сусідніх країнах. Показано, що в умовах підвищення вимог термічного опору до огорожуючих конструкцій газобетони мають переваги над традиційними стіновими матеріалами. Розглянуті сучасні наукові концепції вдосконалення конструктивного рішення стіни, виготовленої з використанням ніздрюватого бетону. Проведено аналітичні дослідження щодо підвищення ефективності використання ніздрюватих бетонів в стінових конструкціях будівель та споруд. Технологія облаштування стін з газобетону.

Ключові слова: виробництво газобетону, технологія будівництва стінових конструкцій, термічний опір огорожуючих конструкцій

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СТЕНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Сердюк В. Р., Рудченко Д. Г., Августович Б. И.

В данной статье приведены показатели производства автоклавного газобетона в Украине и соседних странах. Показано, что в условиях повышения требований термического сопротивления к ограждающим конструкциям газобетоны имеют преимущества над традиционными стеновыми материалами. Рассмотрены современные научные концепции совершенствования конструктивного решения стены, изготовленной с использованием ячеистого бетона. Проведены аналитические исследования по повышению эффективности использования ячеистых бетонов в стеновых конструкциях зданий и сооружений. Технология отделки стен из газобетона.

Ключевые слова: производство газобетона, технология строительства стеновых конструкций, термическое сопротивление ограждающих конструкций.

FEATURES WALL USING CELLULAR CONCRETE

Serdyuk V., Rudchenko D., Avgustovych B.

In this article the performance of autoclave aerated concrete in Ukraine and neighboring countries. It is shown that increasing demands in terms of thermal resistance of enclosing structures aerated to have advantages over traditional wall materials. The modern scientific concept of constructive improvement decisions walls made using cellular concrete. Feasibility studies on efficient use of cellular concrete in wall constructions and buildings. Technology improvement of aerated concrete walls.

Keywords: production of aerated concrete, construction technology of wall structures, thermal resistance of enclosing structures.

Вступ. Рівень споживання енергії на душу населення, як і забезпеченість, житлом, є індикатором оцінки соціально-економічного розвитку конкретної країни, і рівня науково-технічного прогресу, на якому ця країна знаходиться.

Постійне зростання цін на імпорتنі енергоносії, обмеження викидів парникових газів і фактор вичерпання первинних вуглеводів, а саме природного газу і нафти, поки має стимулюючий вплив на пошук шляхів енергозбереження. Енергоємність ВВП України більше ніж в 2 рази перевищує світовий показник, а питомі витрати теплової енергії на опалення будівель в кілька разів вище ніж у сусідніх європейських країнах.

Мета роботи. Проведення аналітичних досліджень щодо підвищення ефективності використання ніздрюватих бетонів в стінових конструкціях будівель та споруд.

Тенденції виробництва ніздрюватого бетону. Житлово-комунальний сектор України споживає до 40% від всіх її енергоносіїв. Чергове підняття вимог до показників термічного опору огорожувальних конструкцій стін в Україні привело до того, що одношарова стіна з традиційних стінових матеріалів має мати неприйнятну товщину.

У європейських країнах питома вага виробів з ніздрюватого бетону в структурі стінових матеріалів складає близько 50%, а в Німеччині, Франції, Польщі, Чехії, Швеції, Фінляндії, Естонії, Білорусії - більше 50%, в Україні - 18% [1]. Відносно дешеві та енергоефективні крупно щитові збірні будинки, які широко поширені в Європі і особливо в США, очевидно, через ментальність населення, не прижилися в країнах СНД.

З 1 січня 2008 року в Україні термічний опір зовнішніх стін для першої, найбільш «холодної» зони було збільшено до $2,8 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$, тобто, його зростання склало майже 2,5 рази в порівнянні з 1993 роком, а в 2013 році були внесені зміни №1 в ДБН В.2.6-31: 2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель», які передбачають послідує значне зростання нормативних показників термічного опору огорожувальних конструкцій (стін, вікон, дверей та ін.) та наближення їх вимог, щодо питомих витрат енергії до середньоевропейського рівня.

На сьогодні замість 4-х кліматичних зон передбачено 2 зони; для першої зони відбулось зростання термічного опору для стін до $3,3 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$, для другої - до $2,8 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$. Зі збільшенням показників термічного опору стін ніздрюватий бетон, крім дерева, став єдиним стіновим матеріалом, з якого можуть бути виготовлені одношарові стіни прийнятної товщини (табл.1).

Таблиця 1 – Порівняльна товщина одношарової стіни для забезпечення нормативних вимог щодо термічного опору $R=3,3 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$

Стіновий матеріал	Густина матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$	Товщина стіни, м
Ніздрюватий бетон	300	0,31
Ніздрюватий бетон	400	0,36
Силікатна цегла	1850	2,53
Керамічна цегла	1800	2,31
Керамзитобетон	1000	1,85

Привабливість газобетону, як будівельного матеріалу, полягає в тому, що він являється конструктивно-теплоізоляційним, виробляється з використанням місцевої доступної сировини: піску, золи-винос, інших побічних продуктів гірничорудної промисловості і мінерального в'язучого. В'язучим служить, як правило, цемент або комплексне цементно-вапняне в'язуче, менш поширені вапняно-цементне, шлако-лужне, вапняно-белітове, високозольні в'язучі речовини [2].

Для виробництва невтоклавного газобетону наповнювачем при наявності хімічних добавок можуть служити багатотонажні мілкодисперсні відсівы, які накопичуються і відвалах вітчизняних кар'єрів що утворюються при виробництві гранітного щебеню [3].

На пострадянському просторі лідером у виробництві ніздрюватих бетонів є Білорусія. До 2015 року передбачено збільшити питому вагу газобетону у загальному обсязі виробництва стінових матеріалів до 85% [4].

В Білорусії в 2015 році планується довести річний обсяг виробництва ніздрюватого бетону до 3,85 млн. м^3 . На 1 тис. жителів щороку в Білорусії виробляється 320-340 м^3 виробів з ніздрюватого бетону, в Росії - 69 м^3 , в Україні - 48,7 і в країнах Західної Європи - 180-220 м^3 [5].

Обсяг виробництва ніздрюватих бетонів в Україні зріс з 200 тис. куб. м. в 2000 році до 800 тис. куб. м. у 2008 році за рахунок будівництва нових заводів і реконструкції існуючих потужностей, які збереглися з часів існування СРСР, а станом на 2014 рік виробничі потужності газобетону зросли до 2,7 млн. м^3 в рік і значно перевищили кращий показник виробництва пострадянського періоду – 1,7 млн. м^3 в рік.

Європейським лідером за обсягами виробництва газобетону являється Польща, яка щорічно виробляється 4,5-5,5 млн. м^3 густиною від 300 до 750 $\text{кг}/\text{м}^3$ згідно національного стандарту PN-EN 771-4: 2004 з міцністю на стиск 1,5-7,5 МПа і коефіцієнтом теплопровідності від 0,09 до 0,2 $\text{Вт}/(\text{м} \times \text{°C})$. Польща накопичила виробничі потужності до 7,5 млн. м^3 в рік і тривалий час була експортером газобетону в Україну, Росію. З великим запізненням країни СНД почали нарощувати обсяги виробництва газобетону. Майже 30 років тому річний обсяг виробництва газобетонних виробів становив у Польщі - 167, Чехословаччині - 192, Швеції - 280 м^3 на 1 тис. жителів, тоді як в колишньому Союзі цей показник становив близько 20 м^3 .

Основним виробником автоклавного газобетону в Україні є російська компанія «Аерок», яка в 2014 році поставила на будівельний ринок країни біля 1 млн м³ газобетону. У промислових умовах ТОВ «Аерок» отримано газобетон класу В 1,5 щільністю D 300 кг/м³, з більш високим коефіцієнтом конструктивної якості, а в 2013 році компанія першою в Україні почала виготовляти теплоізоляційні блоки щільністю не більше D 200 кг/м³ і міцністю на стиск не менше 1 МПа і теплопровідністю $\lambda = 0,053 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$, а на даний час виготовляє теплоізоляційні блоки D 150 кг/м³ з міцністю на стиск не менше 0,4 МПа (теплопровідність в сухому стані $\lambda = 0,05 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$) [6].

Технологія облаштування стін з газобетону. З конструктивної точки зору умовно розрізняють три основних види стін по числу основних шарів: одношарові, двошарові і тришарові. Використання багатошарових конструкцій стін є одним з важливих напрямів гарантованого підвищення термічного опору стін, але при цьому ускладнюється сама технологія будівництва та ремонтів. Перехід в будівництві від одношарових стін до багатошаровим не завжди виправданий через недовговічність теплоізоляційних матеріалів, недостатню вогнестійкість та модливі шкідливі екологічні наслідки. Особливої уваги заслуговує використання доступного за ціною пінополістиролу.

Зокрема, цегляні будинки в даний час проектуються і будуються з навісними теплоізоляційними фасадами з використанням пінополістиролу з прогнозованою довговічністю 50 років. Проте, за висновками експертів з Німеччини, де ці фасади експлуатуються близько 40 років, тривалість міжремонтного періоду для фасадів зі скріпленою теплоізоляцією і тонким штукатурним шаром становить 20 років, зауважимо, це при високому німецькому якості робіт і строгому дотриманні технології будівництва [7].

Крім того, традиційний пінополістирол по вогнестійкості відноситься до класу Е «нормально займисті» згідно стандарту DIN EN 13501. У Німеччині його відносять до класу горючих будівельних матеріалів В1 «важко займисті» згідно стандарту DIN 4102. Альтернативою пінопласту є мінвата, піноскло, неорганічний Masa- LithoPore, які відносяться до класу А1 «невогорючі» згідно стандарту DIN 4102.

Забезпечення довговічності і надійності фасадних систем в сучасному висотному житловому будівництві являється надзвичайно актуальною проблемою. Холдингова компанія "Київміськбуд" - багатофункціональна інвестиційно-будівельна фірма, в яку входить біля 100 підприємств і організацій, які забезпечують виконання всього комплексу будівельних робіт буде більше 90% житлового та соціально побутового фонду столиці. Фахівці компанії зазначають, що з 1996 року при зведенні каркасно-монолітних житлових будинків було опробовано біля 50 варіантів конструктивних рішень зовнішніх стін. В компанії дійшли висновку про те, що кожна фасадна система, в тому числі і ті, що ввозиться із-за кордону, разом з перевагами мала і свої недоліки.

При проектуванні конструкції стіни мають бути враховані такі вимоги, як міцність, надійність, довговічність, морозостійкість, гарантований термічний опір, достатня звукоізоляція, екологічна та пожежна безпека, стійкість до сильних поривів вітру, паро-проникність, архітектурна виразність та ін.

Один з можливих варіантів влаштування зовнішніх стін - це багатошарова їх конструкція з теплоізоляційними матеріалами або одношарові стіни з ефективного конструкційно-теплоізоляційного матеріалу. Від щільності газобетону значною мірою залежать міцність, теплопровідність, а значить, теплоізоляційні властивості конструкції самої стіни.

Таким чином, багатошарова конструкція стін, враховуючи природну мінливість властивостей утеплювачів в період експлуатації, їх підвищену товщину і безліч кріплень знижують конструктивну і теплотехнічну однорідність стін, та робить її не довговічною. А волокнисті теплоізоляційні матеріали переважно можуть застосовуватися для утеплення вентильованих фасадів. При використанні їх всередині стіни, мінераловатні плити легко пропускають пари повітря приміщень і при контакті з цеглою або бетоном може утворитися конденсат. Узагальнення російського досвіду свідчить про те, щонайбільший термін кращих утеплювачів не перевищує 15-20 років. Накопичення вологи в конструкції стіни за один сезон може досягти 20%, а вологість волокнистих плит щільністю до 150 кг/м³ становить 8%. Циклічні зміни температури в процесі експлуатації призводять до зниження міцності плит на 10%, а теплоізоляційних якостей - на 35%.

Короткий проміжок часу між виготовленням газобетонних блоків, та їх зберігання в поліетиленовій плівці приводить до того, що газобетон не завжди встигає втратити вологу, яка накопичується в ньому при його гідротермальній обробці. Європейський досвід свідчить про

ефективність двошарових стін з повітряним прошарком (газобетон - повітряний прошарок-цегла). В роботі [8] встановлено, що зовнішні конструкції із сучасного газобетону характеризуються високою швидкістю висихання. Так, зокрема вологість газозобетонної конструкції D 600-700 кг/м³ (без зовнішнього оздоблювання) досягає свого рівноважного значення вологості вже на 4-5 рік експлуатації і не перевищує 5%, а в панелях облицьованих паронепроникними покриттями не раніше ніж через 13 років експлуатації і становить 10% (рис.1).

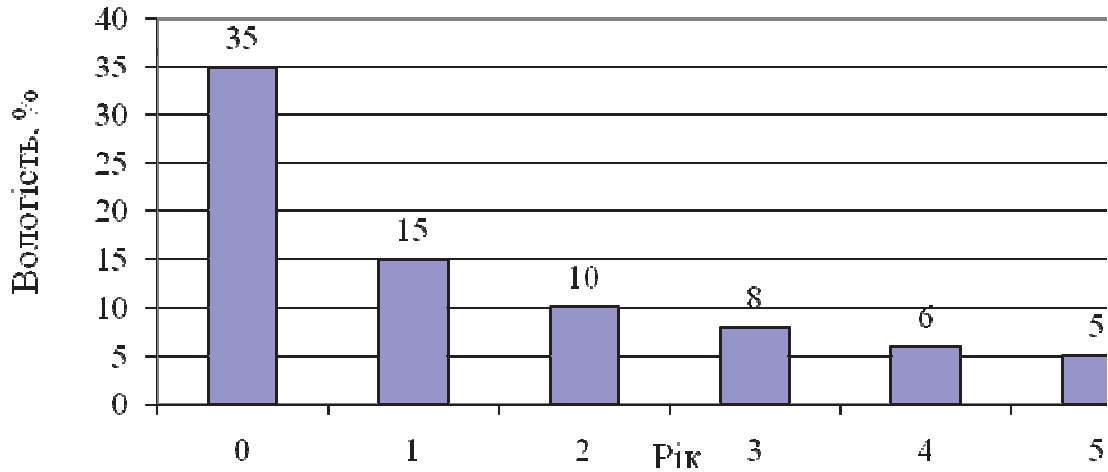


Рисунок 1 – Узагальнений графік зміни вологості одношарових зовнішніх стінових газозобетонних панелей

Обштукатурювання стін з автоклавного газобетону з послідуною їх обробкою фарбами або декоративною штукатуркою, або навіть облицьовання є найбільш поширеним технологічним рішенням при будівництві малоповерхового житла з використанням ніздрюватих бетонів. Досить часто має місце значне тріщиноутворення в штукатурному покритті, а також в контактній зоні з газобетонною кладкою. Це призводить до зниження довговічності огорожувальних конструкцій. Причиною тріщиноутворення покриття може бути проектування складу і властивостей штукатурки без урахування спільної її роботи з газобетонною основою. Адже при наклеюванні м'яких шпалер в нутрі приміщення та влаштуванні паронепроникного покриття фасадної поверхні стін тривалий час стіна буде залишитись вологою. Стіна з підвищеним вмістом вологи має менший рівень термічного опору, а нанесення на поверхню газобетонної стіни штукатурних сумішей з низьким коефіцієнтом паропроникності може в послідууючому привести до появи тріщин і відшарування штукатурних сумішей на фасадах будинків. Отже, наявність підвищеної вологості газобетону створює дві основні проблеми: виникає «точка роси», або «площина можливої конденсації водяної пари», що може привести до руйнації оздоблювального шару та зростає теплопровідність огорожуючої конструкції.

Крім паропроникності, на довговічність оздоблювального шару впливає міцність при стиску, модуль пружності, деформації (температурні, вологісні, карбонізаційні) газобетонного основи і штукатурки, а також процеси, які протікають при твердненні та експлуатації самої стіни.

Для обробки поверхні стін з дрібних ніздрюватих бетонних блоків застосовують суміші, що містять ряд компонентів спеціального призначення (рис. 2).

Оштукатурювання стін з дрібних газобетонних блоків рекомендується проводити тільки при кладці стін на розчині. Штукатурні розчини повинні бути обов'язково поризованими марки по щільності D 1500 і менше. Їх можна готувати шляхом перемішування цементу і піску в співвідношенні 1:3 з введенням в них пороутворюючих добавок або шляхом введення окремо приготовленої піни. Піна готується в змішувачах, оснащених електродрилем з насадкою, шляхом перемішування піноутворювача у воді. Піну додають в цементно-піщаний розчин до отримання розчинної суміші D 1500.

Зовнішню поверхню штукатурки ущільнювати і залізнити не рекомендується. Для подальшої обробки оштукатурених поверхонь стін можуть бути застосовані будь-які склади, сертифіковані виробниками.

Площина можливої конденсації - це не той шар стіни, температура якого відповідає точці роси повітря, що знаходиться в приміщенні. Площина конденсації - це шар, в якому фактичний парціальний тиск водяної пари стає рівним парціальному тиску насиченої пари. При цьому слід

враховувати опір паро проникненню шарів стіни, передуючих площині можливої конденсації. Конденсація стає можливою при зменшенні паропроникності оздоблювальних шарів або утеплювача в порівнянні з попередніми шарами. Одношарова стіна з паропроникним покриттям лише в рідкісні особливо морозні зими може зволожуватись конденсованою вологою. В умовах клімату України конденсацією пари в товщі одношарових стін можна знехтувати.

Функціональна дія компонентів для оздоблювання газобетонних стін
В'язучі речовини, які забезпечують адгезію і когезію (цемент, вапно, гіпс, полімери)
Стійкідо ультрафіолету(знебарвлення) пігменти (мінеральні та органічні)
Наповнювачі, що забезпечують паропроникність, тріщиностійкість та потрібнуктекстурупокриття
Водоутримуючі добавки, що сприяють необхідному набору міцності без пересушування
Гідрофобізатори типу кремнеорганічних рідин, що перешкоджають міграції вологи (як зволоженню, так і висолоутворенню)
Біоцидні добавки, що запобігають біокорозії
Добавки-нейтралізатори поверхневогозаряду, що перешкоджають осадженню аерозолів (пилу) на стінах
Добавки-антиоксиданти, які гальмують окисну деструкцію покриття
Добавки-пластифікатори, регулюючі легкоукладальність сумішей

Рисунок 2 – Компоненти та їх функції при оздоблюваннігазобетонних стін

Висновки

Україна значно поступається сусіднім країнам за показниками відносних обсягів виробництва ніздрюватих бетонів. Дослідження, проведені в ВНТУ та промисловевпровадження показали, щонеавтоклавній ніздрюватий газобетон, щільністю 500-520 кг/м³, отриманий на основігранітнихвідсівів, щоутворюються при виробництві щебеню з використаннямрядових добавокалюмінієвої пудри і добавок, які забезпечують седиментаційну стійкість сировинної суміші має переваги в частині скорочення енерговитрат на традиційний помел піску, його гомогенізацію та гідротермальну обробку.

Ніздрюватий бетон за своїми фізико-технічними властивостями, наблизений до деревини задовольняє сучасним вимогам, що висуваються до стінових будівельних матеріалів, а за деякими показниками перевершує традиційні стінові матеріали, але при його використанні вимагає високої культури виконання будівельних робіт.

При розробці конструкції стіни малоповерхового будинку перевага має віддаватисяповітряному прошарку з облицюванням стіни традиційною облицювальною керамічною або силікатною цеглою. Високі теплофізичні властивості ніздрюватого бетону можуть не повністю бути використані або втрачені при неякісному проектуванні конструкції стіни та неякісному виконанні будівельно-монтажних робіт.

При проектуванні огорожувальних конструкцій зовнішніх стін, даху слід враховувати властивості матеріалів, які входять до складу багатшарової конструкції стіни. При цьому, паро проникність кожного шару, розміщеного ближче до зовнішньої поверхні конструкції стіни, має бути вище.

Використана література

1. Мартыненко В. А. Производство изделий автоклавного твердения в 2010 г. / В. А. Мартыненко // Строительные материалы, изделия и санитарная техника. Наук.-тех. збор. Вып. 40. - 2010. – С. 122-128.
2. Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона (СН 277-80). Госстрой СССР. М. Стройиздат. 1981. – 46 с.
3. Ячеистый бетон как приоритетный энергосберегающий стеновой материал в странах СНГ / Сердюк В. Р., Августович Б. И., Абсеметов В. Э., Марданов А. К. // Збірник «Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка» - 2014, -№52, – С. 54-61.
4. Омелянчук В. П. Строительство новых заводов ячеистобетонных изделий - требование современной отрасли Украины / В. П. Омелянчук // Строительные материалы и изделия. 2007. - № 2. - С. 23-25.
5. Сажнев Н. П., Ткачик П. П. Ячеистый бетон в Республике Беларусь/Материалы 8-й МНП конференции. Минск – Могилев, 11–13 июня 2014 года. – С. 5-9.
6. Вишневский А. А., Гринфельд Г. И., Куликова Н. О. “Анализ рынка автоклавного газобетона России” // “Строительные материалы” – 2013. – №4. – С. 40–44.
7. Рудченко Д.Г. Ячеистый бетон автоклавного твердения АЕРОС плотностью 150 кг/м³. Особенности производства и применения. / Материалы 8-й МНП конференции. Минск – Могилев, 11–13 июня 2014 года. – С. 33-39.
8. Гагарин В. Г. Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем. Температурно-влажностные воздействия и долговечность систем с тонким штукатурным слоем (По материалам статьи Н.М. Künzel, Н. Künzel, K. Sedelbauer «Hygrothermische Beanspruchung und Lebensdauer von Wärmedämm Verbund systemen», Ваuphysik, 2006, Bd. 28, Н. 3) // АВОК. 2007. №6, - С.82–90; №7. - С. 66–74.
9. Силаенков Е. С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. –М.: Стройиздат, 1986. – 176 с.

Сердюк Василь Романович – д.т.н., професор, завідувач кафедри менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.

Рудченко Дмитро Геннадійович – к.т.н., генеральний директор ТОВ «Аерок».

Августович Богдан Іванович – аспірант кафедри менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.

Сердюк Василь Романович – д.т.н., професор, заведуючий кафедрой менеджмента строительства и гражданской обороны Винницкого национального технического университета.

Рудченко Дмитрий Геннадиевич – к.т.н., генеральный директор ООО «Аэрок».

Августович Богдан Иванович – аспирант кафедры менеджмента строительства и гражданской обороны Винницкого национального технического университета.

Vasil Serdyuk – Professor, head of construction management and civil defense Vinnitsia National Technical University.

Rudchenko Dmitry – Ph.D., General Director of "Aerok."

Avgustovich Bogdan – post-graduate department of construction management and civil defense Vinnitsia National Technical University.