

БУДІВНИЦТВО<https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-158-5-7-18>

УДК 691.327.332

В. Р. Сердюк¹
Д. Г. Рудченко²**ЗРОСТАННЯ ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА ТА СФЕРИ
ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОБЕТОННИХ БЛОКІВ**¹Вінницький національний технічний університет;²ТОВ «Аерок», Обухів

Досліджено сучасний стан виробництва газобетону автоклавного тверднення (АГБ) та основних технологічних особливостей виконання кам'яної кладки з використанням стандартних газобетонних блоків і блоків спеціального призначення (О-блоки, У-блоки і Т-блоки).

Проаналізовано динаміку виробництва звичайної глиняної цегли, яка витісняється з будівельного ринку автоклавним газобетоном через високу енергоємність її виробництва та низькі теплоізоляційні властивості.

Проаналізовано також структуру виробництва АГБ України за густиною. Більшість виробників АГБ України виробляє газобетон марки D500. Крайні світові виробники АГБ виробляють енергоефективний газобетон D400 і D300. Показані економічні і експлуатаційні технологічні переваги виконання кам'яної кладки газобетонних блоків низької густини та перспективи зростання виробництва ефективного теплоізоляційного газобетону густиною 100...150 кг/м³. Зазначені переваги використання для ведення кладки газобетонних блоків цементного та пінополіуретанового клею замість традиційних цементно-піскових розчинів. При цьому усуваються втрати тепла через шви, які є «містками холоду».

Показані перспективи застосування газобетонних О-блоків спеціального призначення, які використовуються як незмінна опалубка для підсилення конструкції стіни, влаштування вентиляційних каналів, За умов використання У-блоків усувається традиційний «місток холоду» на рівні віконних і дверних перемичок, забезпечується вирівнювання термічного опору стіни по всій її площині. Газобетонні Т-блоки виконують функцію ефективного термовкладиша для улаштування збірно-монолітного перекриття.

Ключові слова: автоклавний газобетон, виробництво, кладка, спеціальні газобетонні блоки.

Вступ

В умовах постійного зростання вартості енергоносіїв і проблем, пов'язаних з викидами парникових газів, особливої уваги набуває питання зростання виробництва енергоефективних конструкційно-теплоізоляційних і теплоізоляційних матеріалів. Існує необхідність надійного утеплення застарілого житлового фонду. На будівельний сектор економіки припадає до 40 % від всіх енергоносіїв, що використовуються в країні, а за даними Міністерства економіки України втрати енергії становлять приблизно \$1,5 млрд в рік.

Застосування виробів з газобетону автоклавного тверднення (АГБ) низької щільності як огорожувальну конструкцію зовнішньої стіни дозволяє підвищити її теплотехнічні властивості, знизити навантаження на фундаменти, збільшити продуктивність праці. Завдяки своїм пожегобезпечним властивостям, відсутності емісії шкідливих речовин на стадіях виробництва та експлуатації, відносно низькій вартості вироби з газобетону стають масовими і перспективними.

Пінополістирол, як теплоізоляційний матеріал, має низку обмежень для утеплень будівель через пожежонебезпеку, виділення токсичних речовин і відсутність паропроникності в стіновій конструкції. Його перевага — низька вартість. Застосування для теплоізоляції скловати або мінеральної вати небезпечно для здоров'я через вміст в них отруйних сполук і можливості проникнення мікрОВОЛОКОН вати в організм людини. Крім цього, недоліком є і невисока вогнестійкість цих матеріалів. Волокна мінеральної вати не дозволяють воді достатньою мірою випаровуватися, а

кожен відсоток підвищення вологості матеріалу — це збільшення теплопровідності до 6 %. За тривалої експлуатації може відбуватись послаблення термічного опору огорожувальних конструкцій стін. В теплоізоляційному газобетоні перераховані проблеми практично відсутні.

Мета роботи — дослідження особливостей виконання мулярних робіт та розширення практики використання стандартних газобетонних блоків і блоків спеціального призначення.

Результати дослідження

За всю відносно нетривалу історію існування автоклавного газобетону (близько 70 років) зберігається тенденція до зменшення його щільності зі збереженням міцності. Цю проблему постійно вирішують виробники газобетону і науковці. Якщо на момент розпаду СРСР вироби з газобетону мали середню щільність 643 кг/м^3 [1], то за останні 30 років на сучасних заводах його середня густина зменшилась приблизно до 500 кг/м^3 , а кращі європейські компанії виготовляють газобетон густиною $300\text{...}400 \text{ кг/м}^3$ з класом міцності C1,5 (2,5 МПа). В Білорусії, Казахстані і РФ згідно з дослідженнями НААГ, вироби з АГБ випускаються з щільністю $200\text{...}800 \text{ кг/м}^3$, в Україні діапазон щільності $150\text{...}500 \text{ кг/м}^3$, і пояснюється це наявністю виключно нових заводів і високим рівнем технології виробництва газобетону.

На сьогодні АГБ став загально вживаним стіновим матеріалом, який витісняє з будівельного ринку традиційні стінові матеріали (глиняну, силікатну цеглу, керамзит, керамзитобетон), використовується для зведення, як зовнішніх, так і внутрішніх стін, утеплення покрівлі, стін та підлоги.

Доля конструкційно-теплоізоляційного АГБ в структурі стінових матеріалів багатьох європейських країн зросла до 40...60 %, в Україні вона становить 53 %, а обсяги виробництва цього матеріалу в Україні з 2000 по 2020 рік збільшились в 40 раз. За загальними обсягами виробництва Україна вийшла на 4 місце в Європі, потіснивши Німеччину. Загальні обсяги виробництва АГБ в 2020 році дещо перевищили 4 млн м^3 [2].

Через високі ціни на вугілля, природний газ та високу енергоємність виробництва такий традиційний для України стіновий матеріал, як цегла глиняна невогнетривка практично зникає з будівельного ринку і ціни на неї суттєво зросли. В кращі роки в Україні працювало біля 1 тис. цегельних заводів, в основному сезонних, які за простою технологією виробляли сирець, сушили його під навісом на вулиці і випалювали в елементарно простих печах з використанням кам'яного вугілля. Марка такої цегли — М50, М75 і навіть М100 задовольняла місцеві потреби будівельників для будівництва будинків до 5 поверхів. Саме такий застарілий житловий фонд цегельних та керамзитобетонних будинків до 9 поверхів потребує сьогодні утеплення. І наразі проектувальники передбачають в 9-, 10-поверховому будинку використання для стін на перших 4—5 поверхах силікатної, міцнішої цегли, а на 6—10 поверхах використовується звичайна глиняна цегла.

На рис. 1 показана динаміка виробництва глиняної невогнетривкої цегли. Аналогічна тенденція склалась і з виробництвом керамзиту і керамзитобетону.

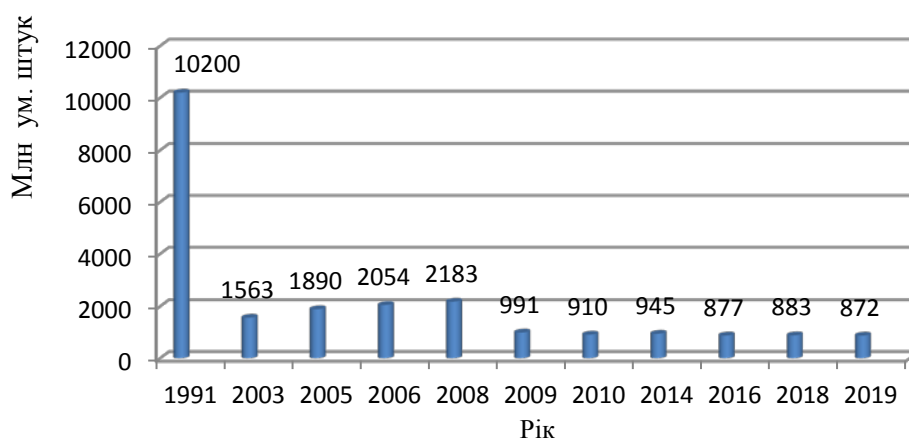


Рис. 1. Динаміка виробництва звичайної невогнетривкої глиняної цегли

Як видно з рис. 1 падіння виробництва глиняної цегли відбувалось у два етапи. Після розвалу колишнього СРСР падіння економіки в Україні тривало до 2000 року і після світової економічної кризи 2009 року обсяги виробництва глиняної цегли черговий раз скоротились більше ніж в 2 рази. Обсяги виробництва невогнетривкої глиняної цегли з 1991 року по 2019 рік скоротились майже

в 12 раз. За таких обсягів падіння виробництва відбувається практично руйнація галузі і нішу, яка звільнилась на ринку, займають конкуренти або конкурентні матеріали. Таким конкурентним стіновим матеріалом виявився АГБ. Але ефективні керамічні стінові матеріали зберігають високий відсоток в структурі стінових матеріалів, наприклад в Німеччині, до 30 %.

Тенденція регулярного зростання ціни на продукцію промисловості будівельних матеріалів є загально відомою. Пояснюється це зростанням цін на викопні види палива. Енергетична складова в собівартості глиняної цегли, керамзиту становить 40...50 %. При цьому в Україні катастрофічно стрімко скорочувався обсяг видобутку кам'яного вугілля, що спричиняло банкрутство заводів. Якщо станом на 1990 рік видобуток вугілля становив 155,5 млн т, то у 2007 році — 75,54 млн т, в 2015 році — 39,7 млн т, а в 2018 році імпорту вугілля склав 23,1 млн т (40 %), у 2020 році видобуток впав до 28,8 млн т, а рекордним в історії України був 1976 рік, коли видобуток вугілля становив 218,1 млн т.

Поступова відмова Європейських країн від вугілля — це не випадковість, а частина зобов'язань для боротьби зі зміною клімату, які країни ЄС взяли на себе в рамках Паризької угоди. Україна також є підписантом цієї угоди. Скорочення споживання вугілля пов'язано з подіями на Сході країни.

З часом у висотному житловому будівництві будуть домінувати каркасні, каркасно-монолітні будинки та за аналогією з розвиненими країнами ЄС має швидко поширюватись малоповерхова забудова (до 3-х поверхів). Для першого і другого варіантів будівництва житла базовим стіновим матеріалом є АГБ або енергоефективна кераміка, інші стінові матеріали мають низьку частку на будівельному ринку. Щитові каркасні будинки (енергоефективні і доступніші за ціною) з використанням сандвіч-панелей, популярних в США і Канаді, в Україні, як і в інших пострадянських країнах, так і не «прижилися».

Дані офіційної статистики України свідчать про величезне відставання обсягів будівництва житла. В Україні в 2020 році було побудовано лише 9,9 млн м² житла, в Білорусії — 4,15 млн м², в РФ — 80,6 млн м², в Казахстані — 15,3 млн м². В «кращому» 1987 році було побудовано більше 21 млн м². Відсутність доступної іпотеки, доступу до земельних ділянок, тотальна корупція на стадії дозвільних процедур початку будівництва та прийому об'єкта в експлуатацію додатково ускладнюють ситуацію у житловому будівництві.

Як відомо, житлові умови є визначально важливим елементом рівня життя, які забезпечують базові потреби людини. Житлові умови життєво необхідні для створення родини, збереження здоров'я, розвитку дітей тощо, а витрати на утримання житла суттєво впливають на сімейний бюджет. Відсутність житла спонукає до міграційних процесів, депопуляції населення і наносить величезну шкоду для розвитку економіки країни.

Будівельний ринок України спроможний поглинути в рази більше автоклавного газобетону, ефективної кераміки та інших будівельних матеріалів, основна і глобальна проблема — це відсутність платоспроможного попиту населення. Саме тому в останні 15—20 років відносні обсяги будівництва жила (м² на 1 особу в рік) в Україні в 3 рази менші ніж в Білорусії, РФ, Казахстані [3].

Тенденції зростання виробництва АГБ

Аналітичне агентство [4] з дослідження ринку, що об'єднує професіоналів в області світової інформації про ринки включає 1700 дослідницьких груп з 81 країни, прогнозує зростання обсягу світового ринку АГБ з \$18,8 млрд в 2020 році до \$25,2 млрд до 2025 року за середньорічного темпу зростання 6,0 %. Аналогічні прогнози зазначені і в звіті Transparency Market Research під назвою «Ринок автоклавного пінобетону — глобальний галузевий аналіз, розмір, частка, зростання, тенденції і прогноз, 2018—2026 роки». Темпи зростання виробництва АГБ складуть понад 7 % в рік в період з 2017 по 2026 рік.

Такому зростанню світового виробництва АГБ сприяє декілька беззаперечних аргументів:

– автоклавний газобетон потребує найменше енергетичних ресурсів під час виробництва в порівнянні з традиційними стіновими матеріалами. Багаторічний досвід виробництва автоклавного газобетону показав, що енерговитрати на його виробництво становлять 320 кВт·год/м³, при виробництві повнотілої цегли потрібно витратити 900 кВт·год/м³, пустотної — 600 кВт·год/м³ [5];

– в АГБ поєднані конструкційні і теплоізоляційні властивості, тому стіни з АГБ густиною 300...500 кг/м³ практично не потребують додаткового утеплення для прийнятної товщини зовнішньої стіни 375...500 мм.;

– в умовах дії підвищених нормативних вимог до термічного опору огорожувальних конструкцій товщина зовнішніх стін з традиційних стінових матеріалів на відміну від АГБ перевищує

2 м або потребує обов'язкового утеплення;

– під час виконання кам'яних робіт продуктивність праці будівельників зростає в декілька разів і одночасно зменшуються витрати на транспортування, влаштування фундаментів;

– кладка з газобетону марок D300—D500 забезпечує найменшу товщину з однорідних стінових конструкцій, випереджаючи з цього погляду легкі бетони і великоформатну кераміку;

– АГБ за ціною є найдоступнішим з індустріальних стінових матеріалів, виробляється з поширених сировинних матеріалів, повністю піддається рециклігу.

Зростання обсягів виробництва АГБ відбувається на фоні зменшення виробництва традиційних енергоємних стінових матеріалів. Це відбувається і в країнах, багатих на вуглеводи (Казахстані, РФ). За даними [6] зростання виробництва АГБ в РФ відбувається на тлі зниження випуску інших стінових матеріалів. За період з 2014 року виробництво силікатних стінових матеріалів знизилось на 56 %, керамічних — на 25 %, бетонних каменів — на 18 %, а виробництво АГБ зросло на 6 % і частка газобетону на ринку стінових матеріалів зросла до 46 %.

В Україні передбачається будівництво нових заводів. Київська ПФГ «Ковальська» заявила про наміри у найближчі п'ять років стати абсолютним лідером з виробництва АГБ. У м. Стрий Львівської області компанія «Аерок» планує побудувати завод потужністю 480 тис. м³. За умови будівництва нових заводів та використання наявних потужностей за декілька років Україна вийде на сьогоднішній рівень відносних обсягів виробництва газобетону Польщі — 150 м³/тис. осіб в рік. Білорусь за цим показником є світовим лідером — більше 300 м³/тис. осіб в рік, при цьому приблизно 1,5 млн м³ АГБ ця країна експортує у сусідні країни. В Україні станом на 2020 рік вироблялось приблизно 95 м³/тис. осіб в рік.

За даними Європейської економічної комісії ООН частка будівництва у ВВП 2018 року в Україні становила 2,3 %, у Польщі — 7,9 %. За даними Держкомстату, обсяги будівництва в Україні в 2018 році склали €4,3 млрд. Для порівняння у Польщі — €50 млрд (майже у 12 разів більше ніж в Україні). В ході форуму «Україна 30» послом України в Польщі повідомлено, що у Польщі працює приблизно 1,5 млн українців і більше третини з них — у будівельній галузі.

В умовах дефіциту робітничих кадрів і жорсткої економії енергоресурсів для успішного розвитку будівельної галузі важливими є такі кроки: заміна зовнішніх стін з дрібних газобетонних блоків на великорозмірні стінові панелі; індустріалізація будівництва шляхом виготовлення на заводах армованих панелей перегородок висотою на кімнату; впровадження плит перекриття і покриття з пористого бетону, які поширені в країнах ЄС (рис. 2).



Рис. 2. Будівництво будинків з використанням газобетонних панелей

Окремі європейські компанії виробляють з АГБ навіть сходові марші, забезпечуючи економію деревини, виготовляються і широко використовуються газобетонні блоки спеціального призначення (О-блоки, Т-блоки, U-блоки). В Україні виробляються лише U-блоки, хоча використання О-блоків і Т-блоків поширене в європейських країнах і є економічно доцільним і для України, особливо з урахуванням актуальності енергозбереження.

В січні 2020 року Урядом схвалено Концепцію та Національний план щодо поетапного збільшення кількості будинків з близьким до нульового рівнем споживання енергії (НСЕБ). На першому етапі протягом 2020—2025 років передбачається створення нормативно-правової бази, на другому етапі (2025—2030 рр.) — має відбутись перехід до обов'язкового дотримання стандартів

НСЕБ. Щоб пришвидшити темпи реалізації заходів з енергозбереження Міністерство розвитку громад і територій розробило законопроект «Про створення умов для запровадження комплексної термомодернізації будівель».

Властивості стінових блоків з АГБ

Клас міцності на стиск газобетонних блоків має бути не нижче С1,5, а за середньою густиною марка газобетону — не вище D700, марка за морозостійкістю — F100. АГБ щільністю 300 кг/м³ має гарантовану міцність на стиск не менше 2,5 МПа, що цілком достатньо для будівництва мало-поверхових будинків (до трьох поверхів), або висотних каркасних будинків. Чим вище міцність газобетону та нижче його густина, тим він є якіснішим стіновим матеріалом в умовах експлуатації. Газобетонні блоки з класом міцності С1,5 — С2 і щільністю 300 — 350 кг/м³ є найпріоритетнішим стіновим матеріалом. Коефіцієнт теплопровідності газобетону D300 в сухому стані становить 0,08 Вт/(м·К), а в умовах експлуатації з урахуванням рівноважної вологості (4...5 %) — 0,095 Вт/(м·К), що практично в 5—6 разів нижче ніж у традиційної керамічної цегли.

Стіна з газобетону щільністю 300...500 кг/м³ товщиною 300...400 мм є самодостатньою з позиції нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій і не потребує додаткового утеплення. Утеплювати її доцільно тільки в тому разі, якщо поставлена мета досягнути вимог наближеної до будівлі майже нульового споживання енергії або «пасивної» будівлі. В табл. 1 подані дані Всеукраїнської асоціації виробників АГБ про виробничі потужності виробників і структуру виробництва газобетону по щільності в 2020 році.

Таблиця 1

Обсяги та структура ринку автоклавного газобетону України у 2020 році

Виробник	Виробничі потужності, тис м ³ /рік	Реалізація на ринку, %	Марка за густиною				
			D150	D300	D400	D500	D600
ТОВ «Орієнтир-Буделемент»	1460	32,4			6	94	
ТОВ «Аерок»	1150	28,4	1	23	55	21	
ТОВ «ЮДК»	525	12,7			98	2	
ТОВ «Енерджі Продакт»	470	12,3			86	13	1
ТОВ «Юпітер»	280	6,1			50	50	
Корпорація «ХСМ»	200	4,6				100	
ТОВ «Тернопільбуд»	160	2,0			12	88	
ПАТ «Житомирський КСВ»	80	0,6				100	
ТОВ «Дніпровський ЗБК»	50	0,9				100	

Як впливає з табл. 1, у 2020 році 60 % АГБ виробили дві компанії — «Орієнтир-Буделемент» і «Аерок», відповідно, 32 % і 28 %, ці компанії розміщені в Київській області, в західній частині країни працює лише один завод — ТОВ «Тернопільбуд», на який припадає 2 % виробленої продукції.

В країнах СНГ (Білорусі, РФ, Казахстані) газобетонні блоки виробляються в діапазоні густини 200...800 кг/м³. Переважна більшість європейських компаній-виробників АГБ і колишніх пострадянських країн виробляє газобетон марки за густиною D500, оскільки його виробництво не потребує жорсткого технологічного контролю виробництва і не є дуже чутливим до зміни сировинних компонентів і самого технологічного процесу, до прикладу, в РФ, де працює більше 60 заводів, середня густина газобетону в 2020 році склала 505,7 кг/м³.

Ефективність легшого стінового матеріалу цілком очевидна, як на стадії виробництва, так і на стадії експлуатації. З табл. 1 видно що такі компанії, як ТОВ «ЮДК», ФПГ «Ковальська» (колишній Енерджі Продакт) і меншою мірою ТОВ «Юпітер» характеризуються високим технологічним рівнем виробництва газобетону і виробляють майже 100 % газобетону густиною 400 кг/м³.

ТОВ «Аерок» займає особливе місце в ієрархії кращих виробників АГБ України і країн СНД, оскільки є єдиним виробником не тільки газобетону марки D400 але і марки D300. Цей виробник виробляє теплоізоляційні плити марки D150 за аналогією з продукцією найбільшого в світі транснаціонального концерну Xella (96 заводів, більше 7 тис працівників, власний випробувальний центр), який є світовим флагманом виробництва газобетону марки Ytong і виготовляє найлегші газобетонні плити під брендом Ytong Multiprog густиною 100...112 кг/м³. Ці плити використовуються в європей-

ських країнах для утеплення будинків та двошарової кладки стін енергоефективних будинків. Газобетон «Аерок» D150 має коефіцієнт теплопровідності $0,055 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, міцність на стиск $> 400 \text{ КПа}$. У німецького Multipor D100 відповідно ці показники становлять $0,045 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ і $>350 \text{ КПа}$. Для порівняння, пінополістирол має коефіцієнт теплопровідності $0,04 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Статистичні данні свідчать, що у м. Києві і у Київській області будується приблизно 20 % житла і виробляється 60 % основного стінового матеріалу. Додаткова вартість на транспортні витрати автоматично постійно накладається на вартість матеріалу (будівництва) в регіонах, де середня заробітна плата приблизно 2 рази нижча ніж у Києві.

Як видно з табл. 1 більшість українських виробників, виробляє газобетон густиною марки D500. Відносно «важкий» АГБ марки D600 в Україні практично не виробляється.

Масштабне виробництво виробів з АГБ в пострадянських країнах, разом і з Україною, на відміну від європейських виробників, має декілька особливостей:

- практично відсутнє виробництво армованих газобетонних виробів;
- в номенклатурі виробників стінових газобетонних блоків відсутні спеціальні газобетонні блоки (О-блоки, Т-блоки), а U-блоки, через низку організаційно-технічних причин не достатньо часто використовуються приватним забудовником;
- з огляду на світові тенденції виробництва АГБ обмежено виробляються облицювальні теплоізоляційні панелі.

Використання армованих виробів з АГБ, блоків, панелей та інших модульних елементів дозволяє будувати будинки в максимально стислі терміни. Так, індивідуальний будинок площею 150 м^2 , що включає внутрішні перегородки, елементи підлоги і покрівельні покриття, може бути змонтований бригадою з трьох осіб всього за один тиждень [7]. Трудомісткість в будівельних умовах 1 м^2 наведеної загальної площі люд-днів з панелей — 3,1, блоків — 4,43 [8].

В Україні лише компанія «Аерок» опанувала виробництво 8 типорозмірів плит перекриття/покриття довжиною від 2400 мм до 6400 мм, висотою 250 мм і шириною 600 мм. Асортимент віконних і дверних перемичок передбачає перекриття шириною прорізів від 1200 мм до 3200 мм з глибиною спірання 150...350 мм. Монтаж перемичок виконується з використанням м'яких стропів, а для монтажу плит використовуються м'які стропи, вилочні захвати і спеціальні механічні захвати. Така монтажна оснастка не достатньо поширена, очевидно з цієї причини обсяги виробництва армованих виробів в Україні менше 1 %, в РФ за даними [6] вони складають лише 0,33 % від загального випуску АГБ.

В європейській країнах крім традиційних стінових блоків використовуються газобетонні блоки спеціального призначення (О-блоки, U-блоки та Т-блоки), які економічно доцільно використовувати для малоповерхової забудови житла. Через необізнаність споживача, проєктанта, відсутність спеціального монтажного обладнання вони мало затребувані на будівельному ринку України.

Використання U-блоків

За даними Всеукраїнської асоціації виробників автоклавного газобетону до 80 % АГБ використовується приватними забудовниками. Доля малоповерхового житла має наблизитись до європейських показників 75...80 %. Виникають певні складності транспортування, як газобетонних плит перекриття, малогабаритних збірних перемичок так і U-блоків переважно з Київської області. До виконання будівельних робіт приватних будинків долучаються не потужні будівельні організації з необхідним набором необхідної монтажної оснастки і кранами, а невеликі будівельні бригади, які досить часто працюють без ліцензій, не офіційно і спрощують окремі будівельні процеси. Навіть явно високоенергоефективні газобетонні панелі перекриття, які виготовляються в Києві, на місцевому рівні в регіонах не використовуються і їх заміняє важка пустотна залізобетонна панель або монолітне перекриття, яке потребує додаткового утеплення та звукоізоляції.

Якщо приватний забудовник офіційно замовляє проєкт будинку, то ПВР та технологічна карта не розробляються, і від цього втрачається якість будівництва.

Цілком очевидно, що дилерська мережа компаній-виробників газобетону повинна мати регіональні склади для своєчасної доставки комплектів збірних перемичок, плит перекриття, блоків спеціального призначення, які виробляються в Україні. В регіонах мають функціонувати мобільні будівельно-монтажні механізовані компанії, оснащені відповідним обладнанням.

По всьому периметру несучих стін газобетонної коробки будинку встановлюється газобетонний короб з використанням U-блоків, цей блок виконує функцію незнімної опалубки (рис. 2). В середині такого блоку розміщуються арматурний каркас з металевих стрижнів діаметром 10—12 мм.

Ці стрижні не повинні контактувати з газобетоном через його високу паропроникність. Тому для запобігання корозії арматурні стрижні мають бути покриті щільним бетоном.

Віконні та дверні перемички можуть бути виготовлені на землі і змонтовані за допомогою крана в робоче положення або виготовляються безпосередньо на стіновій конструкції.

Через невелику сумарну товщину стінок газобетонного короба (лотка) U-блоків, з урахуванням експлуатаційної теплопровідності газобетону $0,14 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ \text{C})$ необхідно перед армуванням і заливкою важким бетоном вкладати під зовнішню стінку лотка утеплювач — мінеральну вату або пінополістирол. Необхідно завчасно розраховувати загальний приведений опір теплопередачі елемента/вузла, як суму приведених опорів теплопередачі всіх складових короба (рис. 3). За таких умов вирівнюється термічний опір стіни по всій її площі і традиційний «місток холоду» на рівні перемички усувається.

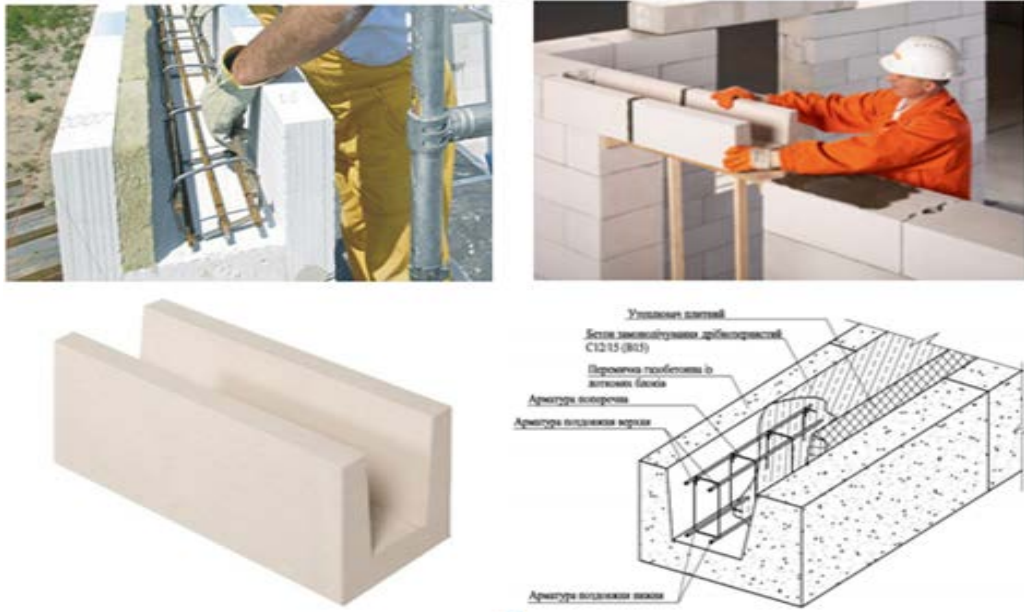


Рис. 3. Фрагменти влаштування віконної перемички та обв'язочного армопоясу поясу газобетонного будинку з використанням U-блоків

Лише в 2015 році введений в дію Державний Стандарт ДСТУ-Н Б В.2.6-202: 2015 «Настанова з проектування та влаштування конструкцій будівель із застосуванням виробів з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення», яка деталізує технологію використання U-блоків.

Для усунення містків холоду на швах кладки газобетонних блоків з середини 90-х передбачається використання цементного клею товщиною до 2 мм і пінополіуретанового клею-піни (ППУ-клею), які виробляються безпосередньо на газобетонних заводах і реалізуються споживачу разом з газобетонними блоками. В роботі [9] подані результати перевірки залежності міцності кладки газобетонних блоків в залежності від виду матеріалу шва кладки. Основні результати випробувань на стиск наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Тимчасовий опір стисненню кладок в залежності від використання виду матеріалу шва кладки

№ з.п.	Виконання шва кладки	Відносна міцність, %
1	Цементно-піскова суміш, 10 мм	100
2	Тонкошаровий цементний клей, 2 мм	132
3	Тонкошаровий розчин з шліфовкою блоків, 1,5 мм	126
4	Пінополіуретановий клей (ППУ-клей)	118
5	Насухо	121

На підставі отриманих експериментальних даних розроблені та рекомендовані значення витрат ППУ-клею в залежності від товщини блоків: 375 мм — 1 балон на 1 м^3 кладки; 300 мм — 0,8 балона на 1 м^3 кладки; 200 мм — 0,75 балона на 1 м^3 кладки; 100 мм — 0,75 балона на 1 м^3 кладки. Для блоків шириною до 150 мм наноситься одна смуга, для блоків від 150 до 300 мм — дві смуги.

Для блоків товщиною більше 300 мм — три смуги [10].

До переваг ППУ-клею слід віднести низьку теплопровідність шва (близько 0,04 Вт/м·°С). Для порівняння, теплопровідність цементно-піщаних розчинів близько 0,93 Вт/м·°С. До інших переваг можна віднести низькі витрати піни, високу адгезію до мінеральних основ, високу продуктивність праці, широкий температурний діапазон експлуатації затверділої піни від –40 до +90 °С [11]. Важливим для покупця газобетону є і те, що одночасно з газобетоном він купує мінеральний клей або ППУ-клей. Серед країн колишнього СРСР таку практику, щодо ППУ-клею впровадила лише одна найбільша російська компанія-виробник АГБ «Bonolit Group», яка одночасно з газобетонними блоками реалізує спеціальний ППУ-клей, під власною торговою маркою — поліуретановий клей Bonolit «Формула тепла» і додатково популяризує свою продукцію.

Використання О-блоків

О-блоки в пострадянських країнах не виробляються. Дослідження європейського досвіду вертикального армування стін з використанням О-блоків підтверджує ефективність їх використання за певних умов будівництва будинків з газобетонних блоків. В Україні відсутня практика вертикального армування газобетонних стін та влаштування каналів для інженерних комунікацій з використанням О-блоків.

До переваг використання О-блоків слід віднести швидку і просту їх установку. Блоки з'єднуються між собою за допомогою звичайного цементного клею. Вертикально армуються стіни, які потенційно схильні до бічних навантажень (паркани, окремі стіни, підземні поверхи будівель, підвали, стіни будівель на крутих схилах, стіни будівель в зоні сходження селів, лавин, в регіонах з сильними вітрами, ураганами і торнадо, в сейсмонебезпечних районах).

Використання вертикального армування з О-блоками за наявності армованого поясу з U-блоками забезпечує можливість використання для кладки стін газобетону низької щільності, як би умовно забезпечує перехід до каркасного будівництва малоповерхового житла, що характеризується меншими трудовитратами під час будівництва та втратами тепла в процесі експлуатації.

З європейської практики відомо, що вертикальне армування стін з використанням О-блоків виключає необхідність горизонтального армування кладки, що забезпечує зменшення витрат сталі та трудомісткість зведення будівлі. Влаштування штраб виконується вручну, є трудомістким і затратним процесом. О-блоки виготовляються зі стандартних блоків, а відходи, що утворюються, є компонентом цементних клеїв сухих мінеральних сумішей.

Вертикальне армування забезпечує перерозподіл навантаження від всього перекриття, або знаходиться під дією зосередженого навантаження від балок перекриття. При цьому вертикальним армуванням посилюються місця перев'язки кладки сполучених стін і кутів, прорізів в стінах і невеликих простінків. У вертикальний канал, утворений зі стикованих О-блоків, встановлюється арматурний каркас. О-блок виконує функцію незнімної опалубки, яка заповнюється залізобетоном. Арматура має бути установлена таким чином, щоб вона була захищена бетоном з усіх боків і з'єднувалася з металевим анкером, замуrowаним у стрічковий фундамент будівлі.

Довжина О-блоку становить 500 мм, висота — 250 мм, блоки мають клас міцності на стиск С3.5 і щільність D500. Коефіцієнт теплопровідності — 0,12 Вт/м·°С. О-блоки легко вбудовуються в кладку стін з використанням стандартних блоків (рис. 4).

У табл. 3, як приклад, подані основні характеристики О-блоків, які Франція імпортує з Туреччини.

Таблиця 3

Параметри стінових кутових блоків, що використовуються у Франції

Indicators (Показники)	G2/04	G2/05	G3/05	G4/06
Length (Довжина), cm	60	60	60	60
Height (Висота), cm	25	25	25	25
Thickness (Товщина), cm	20—30	20—30	20—30	20—30
Thermal Conductivity Value (Значення теплопровідності), W/(m · K)	0,11	0,13	0,13	0,16
Compressive Strength (Міцність на стиск), kgf/cm ²	25	25	35	50
Fire Class (Клас пожежостійкості), не горючий	A1	A1	A1	A1
Dry Density (Щільність в сухому стані), kg/m ³	400	500	500	600

Примітка: Газобетон G2/0,35 означає: густина сухого матеріалу 350 кг/м³ і міцність на стиск 2,3 Н/мм² (2,3 МПа).



Рис. 4. Загальний вигляд О-блоків і фрагмент влаштування кутових блоків

Влаштування в стіні вертикальних каналів за допомогою О-блоків дозволяє використовувати їх не тільки як опалубку несучих залізобетонних колон, але й димоходів та вентиляційних каналів (рис. 5). Існуюча практика влаштування каналів передбачає трудомісткий процес використання цегляної кладки і послідувочої штукатурки. В каналі розміщується труба з нержавіючої сталі або кераміки.

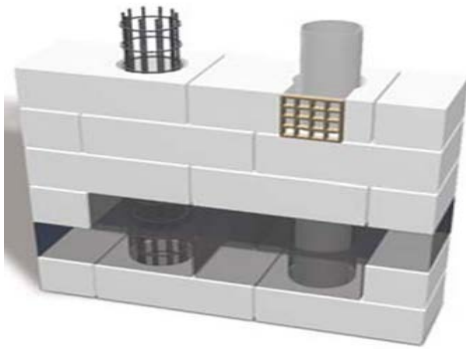


Рис. 5. Принципова схема влаштування вертикальної залізобетонної колони та вентиляційного каналу в стіні з використанням газобетонних О-блоків

В зарубіжній літературі зазначено, що оригінальність влаштування вертикального каналу з газобетонної оболонки для димоходів, в які вбудовується втулка, для відведення відпрацьованих газів усуває ризик утворення конденсату, суттєво знижує трудомісткість виконання таких робіт та забезпечує скрите розміщення комунікацій в стіні. В одному О-блоці може поміститись два отвори для вертикальних каналів, що спрощує влаштування прихованої розводки інженерних мереж без трудомістких робіт по влаштуванню штраб.

Використання Т-блоків

Конструкція збірно-монолітного перекриття, по суті є частково-ребристим монолітним перекриттям, простір між ребрами якого заповнений Т-блоками з автоклавного газобетону. Випробування показали, що таке перекриття, складене з блоків щільністю D500 і класу міцності на стиск C2,5 не втратило несучої здатності під час контрольного навантаження 1300 кг/см^2 . Висока адгезія бетону з поверхнею газобетонних виробів забезпечується близькою хімічною структурою цих



Рис. 6. Фрагмент влаштування збірно-монолітного перекриття Ytong з використанням Т-блоків

матеріалів і високою поверхневою пористістю газобетону [12]. До переваг цього типу перекриття слід віднести низьку його собівартість, можливість самостійного виконання робіт без використання підйомно-транспортного устаткування. Трудомісткість зведення перекриття становить 0,46 людино-години на 1 м^2 конструкції, витрата арматури — $3,5 \dots 4,5 \text{ кг/м}^2$. Перекривається таким типом перекриття проліт в 6 і більше метрів (рис. 6).

Такі перекриття ідеально підходять для зведення будівель за комплексною системою використання газобетонних блоків і влаштування перекриття з використанням Т-блоків. Зверху перекриття виконується вирівнювальна стяжка. Газобетонне перекриття забезпечує одночасно високий термічний опір самого перекриття, виключає необхідність додаткового утеплення і виконує важливу функцію звукоізоляції перекриття.

Функцію Т-блоку в європейській практиці раніше виконували керамічні Т-блоки. Пізніше їх замінили пустотними керамзитобетонними, а наразі, за пропозицією виробників автоклавного газобетону типу «Ytong» виготовляють газобетонні Т-блоки. Збірно-монолітні перекриття є популярними для заміни застарілого дерев'яного перекриття або для надбудови нових поверхів для влаштування мансардних і цокольних поверхів в забудованих і обжитих районах, де є проблемним заїзд автокрана і транспортних засобів для доставки плит перекриття.

Відоме збірно-монолітне перекриття «TERIVA», яке широко застосовуються в багатьох країнах Європи, широко рекламується німецька система «ALBERT», білоруська «Дах» російська «Марко». Конструктивна схема таких перекриттів залишається незмінною, змінюється лише вид матеріалу балок (залізобетон, деревина, метал) та матеріал термовкладишів: поризована кераміка, шлакоблок, полістирол, газобетонний Т-блок. При цьому зберігається вирівнювальна стяжка бетону до 5 см з металевою сіткою з чарунками 10×10 см зі сталевого дроту (\varnothing 6 мм).

Висновки

Руйнація і занепад виробництва традиційних стінових матеріалів (керамічної і силікатної цегли, керамзиту) пов'язана із стрімким зростанням вартості енергоносіїв, зокрема кам'яного вугілля, та невідповідності їх теплоізоляційних властивостей сучасним нормативним вимогам термічного опору огорожувальних конструкцій.

Основним стіновим матеріалом, який витісняє з будівельного ринку традиційну глиняну, силікатну цеглу і керамзитобетон став автоклавний газобетон. Високі конструкційно-теплоізоляційні характеристики, низька енергоємність виробництва забезпечують йому переваги перед іншими стіновими матеріалами.

Зростання обсягів виробництва автоклавного газобетону в умовах сучасних тенденцій збільшення частки малоповерхового житла в загальних його обсягах потребує зростання виробництва не тільки армованих газобетонних виробів, але й спеціальних стінових блоків (U-блоків, Т-блоків і О-блоків), які з певним запізненням через необізнаність з'являються і на ринку будівельних матеріалів України.

З переходом до виконання кам'яної кладки з газобетонних блоків за використання цементних клеїв товщиною шва 2 мм і пінополіуретанових клеїв замість традиційних цементно-піскових розчинів забезпечується підвищення термічного опору стіни, зменшуються витрати розчину та зростає продуктивність праці.

Улаштування збірно-монолітного перекриття з використанням газобетонних Т-блоків у поєднанні з U-блоками в будівельній практиці європейських країн забезпечує низку переваг порівняно з поширеною вітчизняною практикою використання важких залізобетонних плит перекриття. Використання О-блоків необхідно розглядати як невикористаний інструментарій індустріалізації будівництва енергоефективного малоповерхового житла. Його впровадження забезпечує зменшення матеріало- та енергоємності будівельного виробництва та прискорює виконання будівельних робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. В. Коровкевич, і др., *Малоэтажные дома из ячеистых бетонов*. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации. Ленинград, ЛенЗНИИЭП, 1989, 284 с.
- [2] Д. Г. Рудченко, і В. Р. Сердюк, «Пути энергосбережения при использовании и производстве газобетона низкой плотности.» *Будівельні матеріали та виробы*, № 1-2 (102), с. 4-10, 2021.
- [3] Т. В. Сердюк, С. Ю. Франішина, В. Р. Сердюк, і Д. Г. Рудченко, «Вплив енерго-екологічних складових на будівництво житла і виробництво стінових будівельних матеріалів.» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 3, с.7-17, 2021.
- [4] «Рынок автоклавного азрированного бетона (AAC),» Research And Markets.com. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.researchandmarkets.com/r/6fmucz>.
- [5] В. П. Вылегжанин, и В. А. Пинскер, «Автоклавный газобетон для строительства экономичного и экологичного жилья.» *Журнал Строительные материалы*, № 8, с. 8-11, 2009.
- [6] Г. И. Гринфельд, и А. А. Вишневский, «Рынок автоклавного газобетона России в 2020 году.» в *Матер. 11-й Межд. НПК «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения»* (Минск, 19–20 Мая 2021 года), с. 13-17.

[7] Клаус Бонеманн, и Г. В. Романова, «Wehrhahn: более 10 лет на рынке производства автоклавного газобетона в странах СНГ и Балтии,» в *Материалы 8-й Межд. НПК конференции «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения»*. Минск: «Стринко», 2014, с. 47-52.

[8] В. В. Коровкевич, «Жилые дома из ячеистых блоков для сельского жилищно-гражданского строительства,» *Промышленность автоклавных материалов и местных вяжущих. Экспресс информация*, вып. 7, 1983, с. 28-31.

[9] А. Глумов, «Кладка на полиуретановых составах: как устранить мостики холода,» *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*, № 4, с. 30-31, 2014.

[10] А. С. Горшков, и Е. С. Никифоров, «Инновационная технология возведения стен и перегородок из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения на пенополиуретановых клеях,» в *Материалы НПК «Современный автоклавный газобетон»*, май 2013, с. 19-26.

[11] А. С. Горшков, Г. И. Гринфельд, В. Е. Мишин, и Н. И. Ватин, «Повышение теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея,» *Строительные материалы*. № 4, с. 1-8, 2014.

[12] В. А. Пинскер, В. П. Вилегжаніна, і А. Г. Почтенко, «Збірно-монолітні перекриття з газобетонних блоків,» в *Пористі бетони в сучасному будівництві*. Збірник доповідей, вип. 4, с. 14-16, 2007.

Рекомендована кафедрою будівництва, міського господарства та архітектури ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 31.08.2021

Сердюк Василь Романович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, e-mail: vasromvs@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Рудченко Дмитро Геннадійович — канд. техн. наук, генеральний директор, e-mail: aeroc@aeroc.ua .

ТОВ «Аерок», Обухів

V. R. Serdiuk¹
D. H. Rudchenko²

Growth of Production Volumes and Fields of Use of Reinforced Concrete Blocks

¹Vinnytsia National Technical University;

²LLC “Aerok”, Obukhiv

The current state of production of autoclaved aerated concrete in Ukraine is investigated in the article. The purpose of the article is to study the state of production of aerated concrete autoclave hardening (AGB) of the main technological features of masonry using standard aerated concrete blocks and special purpose blocks (O-blocks, U-blocks and T-blocks).

The analysis of the dynamics of production of ordinary clay bricks, which is being displaced from the construction market by autoclaved aerated concrete due to the high energy consumption of its production and low thermal insulation properties, is given.

The structure of production of AGB of Ukraine by density is analyzed. Most manufacturers of AGB Ukraine produce D500 aerated concrete. The world's best AGB manufacturers produce energy-efficient aerated concrete D400 and D300. The economic and operational technological advantages of low-density aerated concrete block masonry and the prospects for increasing the production of effective thermal insulation aerated concrete with a density of 100...150 kg/m³ are shown. The advantages of using aerated concrete blocks of cement and polyurethane foam glue instead of traditional cement-sand mortars are given. At the same time heat losses through seams which are "cold bridges" are eliminated.

Prospects for the use of aerated concrete blocks for special purposes O-blocks used as fixed formwork to strengthen the wall structure, ventilation ducts, window and yard jumpers. Aerated concrete T-blocks perform the function of an effective thermal liner when installing a prefabricated monolithic floor.

Keywords: autoclaved aerated concrete, production, masonry, special aerated concrete blocks.

Serdiuk Vasyly R. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Municipal Economy Construction and Architecture, e-mail: vasromvs@gmail.com ;

Rudchenko Dmytro H. — Cand. Sc. (Eng.), General Director, e-mail: aeroc@aeroc.ua

Рост объемов производства и сферы использования газобетонных блоков

¹Винницкий национальный технический университет;

²ООО «Аэрок», Обухов

Исследовано современное состояние производства автоклавного газобетона в Украине. Целью статьи является исследование состояния производства газобетона автоклавного твердения (АГБ), основных технологических особенностей выполнения каменной кладки с использованием стандартных газобетонных блоков и блоков специального назначения (О-блоки, У-блоки и Т-блоки).

Проанализирована динамика производства обыкновенного глиняного кирпича, который вытесняется со строительного рынка автоклавного газобетона по причине высокой энергоемкости ее производства и низких теплоизоляционных свойств.

Проанализирована структура производства АГБ Украины по плотности. Большинство производителей АГБ Украина производит газобетон марки D500. Лучшие мировые производители АГБ производят энергоэффективный газобетон D400 и D300. Показаны экономические и эксплуатационные технологические преимущества выполнения кладки газобетонных блоков низкой плотности и перспективы роста производства эффективного теплоизоляционного газобетона плотностью 100...150 кг/м³. Приведены преимущества использования цементного и пенополиуретанового клея вместо традиционных цементно-песчаных растворов для ведения кладки газобетонных блоков. При этом устраняются потери тепла через швы которые являются «мостиками холода».

Показаны перспективы использования газобетонных блоков специального назначения. О-блоки используются в качестве неизменной опалубки для усиления конструкции стены, устройство вентиляционных каналов, При использовании У-блоков обеспечивается выравнивание термического сопротивления стены по всей ее плоскости и устраняется традиционный «мостик холода» на уровне оконных и дверных перемычек. Газобетонные Т-блоки выполняют функцию эффективного термокладыша при устройстве сборно-монолитного перекрытия.

Ключевые слова: автоклавный газобетон, производство, кладка, специальные газобетонные блоки.

Сердюк Василий Романович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, e-mail: vasromvs@gmail.com ;

Рудченко Дмитрий Геннадиевич — канд. техн. наук, генеральный директор, e-mail: aeroc@aeroc.ua