

ПОРІВНЯЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВИРОБНИЦТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ ТА ІНШИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

¹Вінницький національний технічний університет
²ТОВ «Аерок»

В роботі висвітлена актуальна проблема необхідності підвищення енергетичної ефективності в будівельній галузі, яка являється одним з найбільших споживачів енергії. Необхідність мінімізації споживання енергетичних ресурсів пов'язана з надмірними їх витратами, енергетичною залежністю країни. Крім того загострилась проблема викидів парникових газів, які приводять до зростання температури та змін клімату і пов'язані з надмірним спалювання вуглеводів.

В Україні зростає питома вага малоповерхового житла, яке потребує значно більше будівельних матеріалів. В роботі наведені порівняльні показники енергоємності виробництва традиційних стінових матеріалів і автоклавного газобетону. Зростання цін на енергоносії та нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій будівель привело до того, що автоклавний газобетон витісняє з будівельного ринку керамічну та силікатну цеглу, керамзит та керамзитобетонні вироби і становить 51% в структурі стінових матеріалів.

Проведений аналіз динаміки виробництва газобетону в Україні. Відбулось стрімке падіння обсягів виробництва автоклавного газобетону з 1,2 млн м³ в 1990 році минулого століття до 100 тис. м³ в 2000 році та стрімке зростання приблизно з 2007 року до 3,9 млн м³ в 2016 році. На сьогодні задекларовані потужності виробництва автоклавного газобетону оцінюються в 4,5 млн.м³. Показано, що перехід на виробництво газобетону з марки D600, D700 на D300 та D400 забезпечує зменшення матеріальних та енергетичних ресурсів. Для зменшення енергоємності виробництва самого автоклавного газобетону запропоновано використання доменного гранульованого шлаку, як частини портландцементу.

Наведені порівняльні показники газобетону низької густини ТОВ «Аерок» та німецької компанії «Xella», яка єдина в Європі виробляє газобетон під маркою «Multipor». Автоклавний газобетон D100–D200 є «найтеплішим» ніздрюватим бетонним утеплювачем, який придатний для внутрішнього та зовнішнього утеплення стін.

Ключові слова: енергозбереження, автоклавний газобетон

Вступ

За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), структура світового кінцевого споживання енергії в 2018 році виглядає наступним чином: будівлі - 31%, промисловість - 29%, транспорт - 29%, інше – 11 % (рис. 1).

В Україні вважається, що на будівельну галузь приходить біля 40% від всіх енергоносіїв які споживає економіка країни. Країна має величезний потенціал енергозбереження. За даними [1] на енергозбереження в житловому секторі випадає 34 %; в промисловості - 28 %; в секторі трансформації енергії на ТЕС - 21 %. На сектор послуг і сільське господарство припадає, відповідно, 12 % та 4 % потенціалу енергозбереження, а на сам процес будівництва – близько 1 % сукупного енергозбереження через порівняно незначний обсяг прямого енергоспоживання.

Промисловість будівельних матеріалів, особливо виробництво цементу, вапна, арматури, стінових матеріалів потребує значних затрат енергії. В будівельній галузі використовується 10% продукції машинобудування, 20% прокату чорних металів, 40% лісоматеріалів, галузь споживає вироби хімічної промисловості (лаки, фарби, пластмаси)[2].

На сьогодні проблема енергоспоживання розглядається, як дієвий фактор впливу на екологію. Рамкову конвенцію ООН щодо клімату підписали 195 країн світу в 2015 році в Парижі. Вона визначила основні принципи та заходи щодо запобігання зміни клімату і обсягів викидів парникових газів після 2020 року та поставила перед світовою спільнотою задачу - не допустити підвищення температури повітря до кінці століття більше 2 °С, а по можливості і не більше 1,5 °С.

В житловому будівництві України визначилися стійкі тенденції до зростання долі малоповерхового житла, по аналогії з країнами ЄС, США, Канади, де його доля в загальному обсязі житла складає 75-80%. Будівництво малоповерхового житла потребує в рази більше будівельних матеріалів, і на сам перед, стінових матеріалів.

Автоклавний газобетон на сьогодні визнаний, як найбільш перспективний стіновий матеріал в

країнах СНД та деяких країнах ЄС. В ньому поєднані високі конструктивно-теплоізоляційні властивості а за екологічними показниками він наближений до деревини.

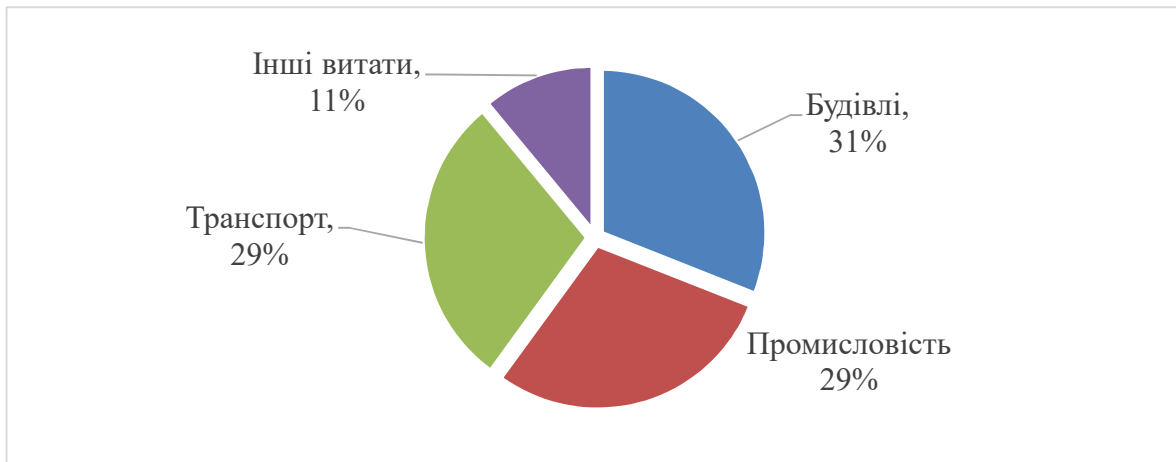


Рисунок 1 - Структура світового кінцевого споживання енергії в 2018 році

Обґрунтування вибору теми дослідження. За даними [3] застосування стінових матеріалів з пористих бетонів забезпечує зниження вартості: фундаментів до 30%, енерговитрат на опалення будівель до 35%, транспортних витрат до 30%, вартості одного квадратного метра житла до 20%.

Зростання цін на енергоносії та нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій будівель дало поштовх до збільшення виробництва автоклавного газобетону. В табл.1 наведені порівняльні характеристики стінових матеріалів.[8].

Таблиця 1

Порівняльні показники виробництва та основних властивостей стінових матеріалів

Показник	Од. вим.	Цегла		Керамзитобетон	Газобетон
		глиняна	силікатна		
Щільність	кг/м ³	1550-1700	1700-1950	900-1200	300-600
Теплопровідність	Вт/м·°С	0,6-0,95	0,85-1,15	0,75-0,95	0,08-0,15
Питомі витрати умовного. палива	кг.ум.п./тис. шт. ум. цегли	246	60-80	35	20-40
Питомі витрати електроенергії	кВт·год/тис шт ум. цегли	80-82	36-38	30-32	20-35

Як видно з табл. 1 за теплофізичними показниками та енергоємністю виробництва автоклавний газобетон значно перевищує традиційні стінові матеріали.

У зв'язку з підвищенням нормативних вимог до термічного опору огорожувальних конструкцій традиційні стінові матеріали через високу їх теплопровідність та енергоємність виробництва втрачають свої позиції на будівельному ринку і це стосується особливо керамзитобетону. Відбулась фізична ліквідація багатьох підприємств з виробництва гравію. В Республіці Білорусь з 4-х заводів, які були побудовані за часів Радянського Союзу, на сьогодні працює лише 2, в Україні станом на 2018 рік залишилось лише 4 заводи. Обсяг виробництва керамзитового гравію в Росії зменшився майже в 11 раз, з 38 млн м³ у 1990 році до 3,4 млн м³ у 2011 році [4 - 5].

Масштабне виробництво автоклавного газобетону в колишньому СРСР розпочалось в кінці 50-х на початку 60-х років, коли були закуплені у Польщі і побудовані 10 заводів потужністю кожного, приблизно 167 тис м³ / рік. В Росії було побудовано 7 заводів, в Казахстані – 2, в Україні - 1 завод. Крім того, приблизно в той час розпочалось будівництво заводів на вітчизняному обладнанні. В 1990 році крім польських налічувалось майже 100 малопотужних заводів загальною потужністю 6,6 млн. м³ в рік.

Ще в 80-і роки в СРСР газобетон був оцінений належним чином. Була прийнята програма з комплексного будівництва житлових і цивільних будівель з пористих бетонів. Протягом 1985-1995 років передбачалось доведення обсягу виробництва газобетону до 45 млн. м³ /рік. В Україні в

рамках загальносоюзної програми була розроблена республіканська програма реконструкції та будівництва нових 24 заводів по виробництву автоклавного газобетону загальною потужністю 2,7 млн м³.

Після розвалу колишнього СРСР в Україні залишилось більше 10 невеликих заводів із загальною потужністю близько 1,2 млн. м³ газобетону в рік. До 2000 року обсяг виробництва автоклавного газобетону зменшився до 100 тис м³. Частина заводів зупинила свою роботу, інша частина була порізана на металобрухт. В 2004 році в Україні була прийнята державна програма «Розвиток виробництва ніздрюватобетонних виробів та їх застосування у масовому будівництві України на 2005-2011 роки», яка в 2009 році в період економічної кризи була урядом скасована.

Після подолання економічної кризи перехідного періоду в колишніх республіках СРСР розпочалось зростання виробництва газобетону. Вже в 2010 році в РФ вироблялось більше 3 млн. м³ [6], в Україні - приблизно 1,3 млн. м³, в Республіці Білорусь – 2,9 млн. м³ газобетону [7]. Республіка Білорусь з виробничими потужностями 4,5 млн. м³ є світовим лідером з виробництва газобетону на душу населення і тривалий час залишалась експортером газобетону в сусідні країни. У 2016 році виробництво автоклавного газобетону в Україні зросло до 3,6 млн м³ і його доля в структурі стінових матеріалів перевищила 51%, витіснивши традиційні стінові матеріали. Основними виробниками, які суттєво наростили його виробництво стали компанії: «Аерок», «Орієнтир-БУДЕЛЕМЕНТ», «ЮДК» і «Енерджи продакт».

Для виготовлення газобетону необхідні сировинні енергомісні цемент та вапно. В свою чергу на проблему енергозатратності виробництва цементу накладаються екологічні проблеми. При отриманні 1 т. клінкеру в атмосферу потрапляє 0,5 т. CO₂ (K = 0,5071 т/т) за умови вмісту CaO в клінкері біля 65%. За даними різних джерел кількість викидів при виробництві 1 т. цементу коливаються в діапазоні 0,54-0,83 т. [9]. За кількістю викидів парникових газів Україна займає 10-е місце у світі після США, Росії, Японії, Німеччини, Канади, Великобританії, Франції, Італії, Австралії [10].

Цілком очевидно, що враховуючи енергетичну ефективність автоклавного газобетону (табл. 1) та ціновий фактор, його виробництво буде і надалі зростати, так як відносні обсяги будівництва житла за даними офіційної статистики в Україні (м²/люд в рік) приблизно в 2,5-3 рази нижчі ніж в Республіці Білорусь, Казахстані, РФ і 3-5 менші ніж в країнах ЄС.

В умовах залежності України від імпорту енергоносіїв існує необхідність зростання обсягів його виробництва при дочасному зменшенні енергоємності самого виробництва газобетону. В найбільшій мірі це стосується зменшення витрат енергоємного цементу на одиницю продукції.

Мета роботи. Дослідження шляхів зменшення енергоємності мінерального в'язучого при виробництві стінових виробів з автоклавного газобетону.

Результати досліджень. Одним з найефективніших технологічних прийомів зменшення енергоємності виробництва автоклавного газобетону є підвищення його коефіцієнта конструктивної якості. Це означає збільшення міцності газобетону, або її збереження, при зменшенні його густини [11].

Проведені нами розрахунки з вибірки показників автоклавного газобетону ТОВ «Аерок» за 2019 рік показали, що середня густина газобетону AEROC D300 складає – 316,05 кг/м³, D400 – 382,9 кг/м³, D500- 433,42 кг/м³ при середній міцності на стиск 2,43 МПа, 2,98 МПа і 3,05 МПа відповідно. Коефіцієнт варіації щільності виробництва газобетону коливається в межах 0,2-0,35, а за показники міцності - 2,35-6,5%, що свідчить про оптимальність і стабільність хімічного складу сировинних компонентів та самого технологічного процесу виробництва, який контролюється відповідним комп'ютерним програмним забезпеченням.

Найбільші резерви в зменшенні енергоємності виробництва автоклавного газобетону пов'язані з переходом його виробництва на більш низьку густину, наприклад з D600, D500 до D400 та D300 при збереженні та покращенні необхідних фізико-технічних та механічних характеристик. Слід зазначити, що газобетон марок D600 - D1100 найбільшими виробниками не виробляється.

В табл. 2 приведені основні порівняльні характеристики автоклавного газобетону відповідно до вимог українського ДСТУ Б В.2.7-45:2010 «Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови» (з врахуванням Зміни №2 до ДСТУ), характеристик газобетону ТОВ «АЕРОК» Україна - лідера «найтеплішого» газобетону країн СНД і німецької компанії «Xella», яка єдина в Європі виробляє газобетон під маркою «Multipor», склад якого запатентований.

Порівняльні фізико-механічні характеристики автоклавного газобетону відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-45:2010 продукції ТОВ «АЕРОК» та німецької компанії «Xella»

Марка, D	Густина, кг/м ³	Клас, C	Міцність, МПа, не менше	Теплопровідність у сухому стані, Вт/(м·°C), не більше	Паропроникність, мг/(м·год·Па), не менше
100	70 -120	C0,25	>0,4	0,052	0,30
150	120-170	C0,25	>0,4	0,058	0,30
200	180-220	C0,35	0,50	0,055	0,28
250	220-270	C0,50	0,72	0,065	0,28
300	270-320	C0,75	1,06	0,080	0,26
350	320-370	C1,00	1,45	0,090	0,24
400	370-420	C1,50	2,17	0,10	0,23
500	420-530	C2,0	2,90	0,12	0,20
600	530-630	C2,50	3,62	0,14	0,17
700	630-740	C3,50	5,09	0,18	0,15
800	740-840	C5,00	7,23	0,21	0,14
900	840-950	C7,5	10,85	0,24	0,12
1000	950-1050	C10,0	14,50	0,29	0,11
1100	1050-1150	C12,5	18,10	0,34	0,10
Газобетон ТОВ «АЕРОК»					
150	120-180	C0,35	0,4	0,05	0,3
300	307	C1,5	2,32	0,08	0,26
400	389	C1,5	2,83	0,1	0,23
500	431	C2	2,92	0,12	0,20
Газобетон компанії «Xella» теплоізоляційні панелі «Multipor»					
115	100-115	C0,35	0,5	0,045	0,3

Газобетон «Multipor» марки D100-115 - це мінеральний екологічно чистий утеплювач придатний для внутрішнього і зовнішнього утеплення, в Європі виробляється лише декілька років, але за цей час здобув популярність у споживачів завдяки своїм унікальним експлуатаційним характеристикам [12]. Масове виробництво теплоізоляційного газобетону марки D150 вперше серед країн колишнього Радянського Союзу розпочалося на заводі компанії «Аерок» в 2013 році.

Як видно з табл. 2 газобетон марки D500; D400 та D300 виробництва компанії «Аерок» за показниками міцності на стиск перевищує показники, які регламентовані державним стандартом України, зокрема, для марки D400 передбачено 2,17 МПа, а фактично становить більше 2,9 МПа, для марки D300 при нормативних 1,06 МПа фактично міцність становить більше 2,4 МПа, для марки D500 встановлена міцність на стиск 2,9 МПа, а фактично становить більше 3 МПа. Фактична міцність газобетону D300 відповідає показникам кращих європейських виробників.

Підвищення якості газобетону передбачає низку технологічних заходів, спрямованих на зменшення енергоємності в'язучого. Саме виробництво автоклавного газобетону базується на штучному синтезі гідросилікатів кальцію (переважно тоберморіту) при температурі 200 °C і тиску пари 1,2 МПа. Молотий кварцевий пісок в умовах автоклавної обробки газобетону виконує функцію реакційно активного компоненту мінерального в'язучого. При цьому, базовою складовою в'язучого газобетонної суміші виступає енергоємний цемент, вапно, можуть бути використані доменні гранульовані шлаки (ДГШ), які є найбільш прийнятною активною мінеральною добавкою для портландцементів та інші добавки.

ДГШ сам по собі не володіє високою гідравлічною активністю. Його активація відбувається при наявності цементу, вапна, інших лужних компонентів [13]. Зола-винос з високим вмістом СаО [14], штучно створені мінеральні добавки [15] забезпечують можливість економії в'язучого. Саме витрати енергоємного в'язучого для газобетону є одним із важелів конкурентоспроможності продукції виробника, оскільки найбільші витрати енергії приходяться саме на цемент, а витрати на автоклавну обробку газобетону, помел піску, безперервну гомогенізацію піщаного шламу,

практично є ідентичними для всіх виробників газобетону. Виробники газобетону - це сучасні європейські, як правило німецькі заводи, на яких максимально використовують перепуск пари в автоклавах, інтенсифікатори помелу піску, передбачене максимальне використання залишків енергії пари і конденсату для технологічних і господарсько-побутових потреб підприємств.

Як відомо, найбільш ефективним способом гідравлічної активації шлаку в складі змішаного в'язучого з портландцементом є його висока дисперсність, тепловолога обробка, а також підвищення температури ізотермічної витримки і її тривалість, а умови гідротермальної обробки (200 ° С, тиск насиченої пари 1,2 МПа) в більшій мірі мають сприяти використанню гідравлічного потенціалу ДГШ.

Гідравлічна активність ДГШ оцінюється показником модуля основності:

$$M_o = (CaO + MgO) / SiO_2.$$

В залежності від величини модуля основності шлаки поділяються на три види: кислі - $M_o < 1$; нейтральні $M_o = 1$; основні $M_o > 1$. В переважній більшості шлаки є основними.

Ефективність добавки ДГШ в змішаному в'язучому складається з частки, що відповідає ефекту від заміни частини цементу, і частки від зміни міцності самого в'язучого. Для оцінки ефективності шлаку з урахуванням оцінки цих двох ефектів, може бути використана формула Висоцького С. А. [16]:

$$\eta_{\text{ш}} = \frac{100(C_1/R_1 - n C_2/R_2)}{C_1/R_1}$$

- де: C_1 – витрати цементу без шлаку в бетоні певного складу, кг;
 R_1 – міцність бетону на вихідному цементі, МПа;
 C_2 – витрати змішаного в'язучого, кг;
 R_2 – міцність бетону на змішаному в'язучому, МПа;
 n – доля вихідного цементу в змішаному в'язучому.

Проведені дослідження [17] дозволяють припустити, що оптимальний вміст шлаку в змішаному в'язучому - не більше 70%. При високому вмісті шлаку в змішаному цементі (66%), активованому $Ca(OH)_2$, продукти гідратації представлені гідросилікатним гелем С-S-H, еtringітом, гідрогранатами, але при цьому має бути збалансована кінетика зростання пластичної міцності і газовиділення без яких не можливо забезпечити створення макроструктури газобетону.

Якщо тужавіння суміші запізнюється, то бульбашки водню «пронизують» масив (називають це «кипінням» масиву) суміш не до спучується і навпаки, коли тужавіння вже відбулось а газовиділення не завершилось то відбуваються «вириви» в масиві газобетону через вихлопи газу. На сучасних заводах оптимальні технологічні параметри газобетонної суміші мають підтримуватися в автоматичному режимі.

Відома добавка двуводного гіпсу відіграє важливу роль при використанні малоактивного доменного гранульованого шлаку підвищує міцність змішаного в'язучого при використанні її в кількості 5%, як при нормальному твердінні, так і при підвищеній температурі. Ніздрюваті шлакобетони мають високу міцність і морозостійкість, низьку собівартість.

Висновки

В умовах енергетичної залежності проблема споживання енергетичних ресурсів в будівельному комплексі країни має розглядатись, у тому числі, з позиції необхідності скорочення викидів парникових газів та покращення екологічного стану довкілля. Промисловість будівельних матеріалів, особливо виробництво цементу, вапна, арматури, стінових матеріалів потребує значних затрат енергії при їх виробництві.

Через зростання вартості енергетичних ресурсів і вимог до термічного опору огорожувальних конструкцій будівель основним стіновим матеріалом на сьогодні став автоклавний газобетон, який суттєво потіснив традиційні стінові матеріали. Питома його вага в структурі стінових матеріалів України перевищує 50%.

Після найбільшої руйнації виробництва автоклавних газобетонів, в порівнянні з сусідніми республіками, в Україні відбулось відновлення галузі, нарощені потужності по виробництву газобетону до 4,5 млн м³. Обсяги виробництва автоклавного газобетону в Україні в порівнянні з 2000 роком зросли більше ніж в 36 раз.

Виробництво автоклавного газобетону на ТОВ «Аерок» відповідає кращим європейським стандартам. За фізико-механічними показниками газобетон перевищує показники, що закладені в ДСТУ Б В.2.7-45:2010 «Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови». ТОВ «Аерок» виробляє газобетон марки D500, D400 та D300 і ефективний мінеральний утеплювач марки D150, що наближений до кращих світових мінеральних утеплювачів.

В умовах необхідності зменшення енергетичних ресурсів в промисловості будівельних матеріалів ефективним технологічним прийомом є перехід до виробництва газобетону низької густини при збереженні міцності газобетону та покращенні його теплофізичних характеристик.

Для зменшення енерговитрат на мінерального в'язучого автоклавного газобетону передбачається використання активних мінеральних добавок природного та штучного походження. Найбільші перспективи використання мають доменні гранульовані шлаки, які можуть замінити частину портландцементу в складі в'язучого газобетону та природні мінеральні добавки, що містять активну форму кремнезема.

На ТОВ «Аерок» проводяться дослідження щодо використання активних мінеральних добавок (опоковидного мергелю) та доменного гранульованого шлаку в технології виробництва автоклавного газобетону.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. «Моніторинг енергоефективності України 2015», Борис Додонов, <http://www.ua.undp.org/content/dam/ukraine/docs/0061015-0.pdf>.
2. Биба В. В. Стан та перспективи розвитку будівельної галузі України / В. В. Биба, В. С. Гагаш // Зб. наук. праць ПНТУ. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – Вип. 4 (39). – Т. 2. – С.3–9.
3. Ухова Т. А. Ячеистый бетон - эффективный материал для однослойных ограждающих конструкций жилых зданий / Т. А. Ухова, Л. А. Тарасова Л. А. // Строительные материалы. - TECHNOLOGY. - 2003. - №11. - С.19-20.
4. В. М. Горин, «Применение керамзитобетона в строительстве – путь к энерго- и ресурсоэффективности, безопасности зданий и сооружений.» Строительные материалы, № 8, -С. 8-10, 2010.
5. Сердюк В.Р. Тенденції виробництва керамзиту та використання керамзитобетону в сучасному будівництві / Вісник ВПІ. 2018. № 3. – С.14-22.
6. Вишневский А. А., Гринфельд Г. И., Смирнова А. С. Производство автоклавного газобетона в России // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века №5-6.-С.44-46.
7. Подволоцкий А.В. Состояние рынка блоков из ячеистого бетона в Беларуси// Материалы 10-й юбилейной Международной НПК «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения (Минск, Могилев). – С. 24-27.
8. Воробьев Х. С. Проблемы производства и применения изделий из ячеистого бетона в строительстве / Х. С. Воробьев, В. С. Балицкий, А. А. Франивский А. А. //Строительные материалы и изделия. 2002. – №2. – С.7-11.
9. Schneider M. Technology developments in the cement industry. Cement International. 2015. – №1. – Р. 2-12.
10. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році. – К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2011. – 254 с.
11. Рудченко Д. Г. О повышении коэффициента конструктивного качества газобетона автоклавного твердения / Д. Г. Рудченко// Строительные материалы и изделия. – 2011. – № 4. – С.13-16.
12. Оливер Штрототте, Матиас Кларе, А.К. Иванов/ Производство минерального теплоизоляционного строительного материала низкой плотности/ НПК «Современный автоклавный газобетон», Краснодар, май 2013 г. –С.140-146.
13. Кривенко П. В., Рунова Р. Ф., Саницкий М. А., Руденко И. И. Щелочные цементы: монография. – Киев: издательство ООО «Основа», 2015. – 448 с.
14. Кривенко П.В., Пушкарева У.К., Гоц В.И., Ковальчук Г.Ю. Цементы и бетоны на основе топливных зол и шлаков:Монография. –Киев: издательствоООО «ИПК Экспресс-Полиграф», 2012. - 258с
15. Барановская, Е. И. Получение автоклавного газобетона с улучшенными физико-механическими свойствами / Е. И. Барановская, А. А. Мечай // Труды БГТУ. Серия III. Химия и технология неорганических веществ. – 2009. – Вып. XVII. – С. 40–44.
16. Высоцкий, С. А. Эффективность тепловой обработки бетонов на шлакопортландцементах различного состава. Автореф. канд. дис. Высоцкий, С. А. Эффективность термообработки бетонного портландцемента различного состава. Канд. тех. наук. - Москва, 1978. - С. 28.
17. H.Huang and G.Ye, D.Demidot Effect of blast furnace slag on self-healing of microcracks in cementitious materials.- Cement and concrete research, vol.60, june 2014. – P. 68-82.

REFERENCES

1. «Monitorynh enerhoeffektyvnosti Ukrainy 2015», Borys Dodonov, <http://www.ua.undp.org/content/dam/ukraine/docs/0061015-0.pdf>.
2. Byba V. V. Stan ta perspektyvy rozvytku budivelnnoi haluzi Ukrainy / V. V. Byba, V. S. Hatash // Zb. nauk. prats PNTU. Seria: haluzeve mashynobuduvannia, budyvnytstvo. – Poltava: PoltNTU, 2013. – Vyp. 4 (39). – Т. 2. – С.3–9.
3. Ukhova T.A. Yacheystyi beton - efektyvnyi materyal dlia odnosloinykh ohrazhdaiushchykh konstruktysyi zhylykh zdanyi / T. A. Ukhova, L. A. Tarasova L.A. // Stroytelnye materyaly. - TECHNOLOGY. - 2003. - №11. - S.19-20.

4. V. M. Horyn, «Prymenenye keramzytobetona v stroitelstve – put k enerho- y resursoeffektivnosti, bezopasnosti zdanyi y sooruzheniy,» Stroytelnye materyaly, № 8, -S. 8-10, 2010.
5. Serdiuk V.R. Tendentsii vyrobnytstva keramzytu ta vykorystannia keramzytobetonu v suchasnomu budivnytstvi /Visnyk VPI. 2018. № 3. – S.14-22.
6. Vyshnevskiy A. A., Hrynfeld H. Y., Smyrnova A. S., Proyzvodstvo avtoklavnoho hazobetona v Rossyy // Stroytelnye materyaly, oborudovanye, tekhnolohy XXI veka №5-6.-S.44-46.
7. Podvolotskiy A.V. Sostoianye rymka blokov yz yacheystoho betona v Belarusy // Materyaly 10-y yubyleinoi Mezhdunarodnoi NPK «Opyt proyzvodstva y pryomenenya yacheystoho betona avtoklavnoho tverdeniya (Mynsk, Mohylev). – S. 24-27.
8. Vorobev Kh. S. Problemy proyzvodstva y pryomenenya yzdelyi yz yacheystoho betona v stroitelstve/Kh.S. Vorobev, V.S. Balytskyi, A. A. Franyvskiy A. A. // Stroytelnye materyaly i yzdelyia. 2002. №2. – S.7-11.
9. Schnejder M. Technology developments in the cement industry. Cement International. 2015. №1. - P.2-12.
10. Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Ukraini u 2010 rotsi. – K. : Tsentr ekolohichnoi osvity ta informatsii, 2011. – 254 s.
11. Rudchenko D. H. O povyshenyi koeffytsyenta konstruktyvnoho kachestva hazobetona avtoklavnoho tverdeniya / D.H. Rudchenko// Stroytelnye materyaly i yzdelyia.- 2011, № 4.- S.13-16.
12. Olyver Shtrototte, Matyas Klare, A.K. Yvanov/ Proyzvodstvo myneralnoho teployzolyatsyonnoho stroytelnoho materyala nyzkoi plotnosti/ NPK «Sovremennyi avtoklavnyi hazobeton», Krasnodar, mai 2013 h. –S.140-146.
13. Kryvenko P. V., Runova R. F., Sanytskyi M. A., Rudenko Y. Y. Shchelochnye tsementy: monohrafiya. – Kyev: yzdatelstvo OOO «Osнова», 2015. – 448s.
14. Kryvenko P. V., Pushkareva U. K., Hots V. Y., Kovalchuk H. Iu. Tsementy y betony na osnove toplyvnykh zol y shlakov: Monohrafiya. – Kyev: yzdatelstvoOOO «YPK Ekspres-Polyhraf», 2012. – 258 s.
15. Baranovskaia, E. Y. Poluchenye avtoklavnoho hazobetona s uluchshennymy fizyko-mekhanicheskymy svoystvamy / E. Y. Baranovskaia, A. A. Mechai // Trudy BNTU. Seryia III. Khymiya y tekhnolohiya neorhanycheskykh veshchestv. – 2009. – Vyp. XVII. – S. 40–44.
16. Vysotskiy, S. A. Effektivnost teplovoi obrabotky betonov na shlakoportlandtsementakh razlychnoho sostava. Avtoref. kand. dys. Vysotskiy, S. A. Effektivnost termoobrabotky betonnoho portlandtsementa razlychnoho sostava. Kand. tekhn. nauk. - Moskva, 1978. - S. 28.
17. H.Huang and G.Ye, D.Demidot Effect of blast furnace slag on self-healing of microcracks in cementitious materials.- Cement and concrete research, vol.60, june 2014. – R. 68-82.

Сердюк Василь Романович – д. т. н, професор, професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету. E-mail: modser@i.ua.

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

V. Serdyuk¹
D. Rudchenko²

COMPARATIVE INDICATORS OF ENERGY CONTAINMENT OF PRODUCTION OF AUTOCLAVE CONCRETE CONCRETE AND OTHER WALL MATERIALS

¹Vinnitsia National Technical University

²Aerok LLC

The paper highlights the current problem of the need to increase energy efficiency in the construction industry, which is one of the largest consumers of energy. The need to minimize the consumption of energy resources is associated with their excessive costs, energy dependence of the country. In addition, the problem of greenhouse gas emissions, which lead to rising temperatures and climate change and are associated with excessive combustion of carbohydrates, has become more acute.

In Ukraine, the share of low-rise housing is growing, which requires much more building materials. The paper presents comparative energy consumption of traditional wall materials and autoclaved aerated concrete. Rising energy prices and regulatory requirements for thermal resistance of building envelopes have led to the fact that autoclaved aerated concrete displaces ceramic and silicate bricks, expanded clay and expanded clay concrete products from the construction market and is 51% in the structure of wall materials.

An analysis of the dynamics of aerated concrete production in Ukraine. There was a sharp decline in the production of autoclaved aerated concrete from 1.2 million m³ in 1990 to 100 thousand m² in 2000 and a sharp increase from about 2007 to 3.9 million m³ in 2016. Today, the declared production capacity of autoclaved aerated concrete is estimated at 4.5 million m³. It is shown that the transition to the production of aerated concrete from the brand D600, D700 to D300 and D400 provides a reduction of material and energy resources. To reduce the energy consumption of the production of autoclaved aerated concrete, it is proposed to use blast furnace granulated slag as part of Portland cement.

The comparative indicators of low-density aerated concrete of Aerok LLC and the German company Xella, which is the only one in Europe to produce aerated concrete under the Multipor brand, are given. Autoclaved aerated concrete

D100 – D200 is the "warmest" cellular concrete insulation, which is suitable for internal and external wall insulation.

Key words: energy saving, autoclaved aerated concrete

Serdyuk Vasyl Romanovich – Dr. Tekh. Sciences, Professor, Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture of Vinnytsia National Technical University.

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

В. Р. Сердюк¹
Д. Г. Рудченко²

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА И ДРУГИХ СТЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹Винницький національний технічний університет
²ТОВ «Аэрок»

В работе освещена актуальная проблема необходимости повышения энергетической эффективности в строительной отрасли, которая является одним из крупнейших потребителей энергии. Необходимость минимизации потребления энергетических ресурсов связана с чрезмерными их расходами, энергетической зависимостью страны. Кроме того обострилась проблема выбросов парниковых газов, которые приводят к росту температуры и изменений климата и связанные с чрезмерным сжигания углеводородов.

В Украине растет удельный вес малоэтажного жилья, которое требует значительно больше строительных материалов. В работе приведены сравнительные показатели энергоемкости производства традиционных стеновых материалов и автоклавного газобетона. Рост цен на энергоносители и нормативных требований термического сопротивления ограждающих конструкций зданий привело к тому, что автоклавный газобетон вытесняет со строительного рынка керамическую и силикатный кирпич, керамзит и керамзитобетонные изделия и составляет 51% в структуре стеновых материалов.

Проведенный анализ динамики производства газобетона в Украине. Состоялось стремительное падение объемов производства автоклавного газобетона с 1,2млн м³ в 1990 году прошлого века до 100 тыс. м³ в 2000 году и стремительный рост примерно с 2007 года до 3,9 млн. м³ в 2016 году. На сегодня задекларированные мощности производства автоклавного газобетона оцениваются в 4,5 млн.м³. Показано, что переход на производство газобетона с марки D600, D700 на D300 и D400 обеспечивает уменьшение материальных и энергетических ресурсов. Для уменьшения энергоемкости производства самого автоклавного газобетона предложено использование доменного гранулированного шлака, как части портландцемента.

Приведенные сравнительные показатели газобетона низкой плотности ООО «Аэрок» и немецкой компании «Xella», которая единственная в Европе производит газобетон под маркой «Multipor». Автоклавный газобетон D100-D200 является «самым теплым» ячеистым бетонным утеплителем, который пригодны для внутреннего и наружного утепления стен.

Ключевые слова: энергосбережение, автоклавный газобетон

Сердюк Василий Романович – д.т.н., профессор, профессор кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры Винницкого национального технического университета. E-mail: modser@i.ua.

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