

УДК 624.012.4

¹В.Р. Сердюк, д.т.н., проф. ;²Д.Г. Рудченко, к.т.н, ген. дир.¹ВНТУ, м. Вінниця²ТОВ "Аерок" м. Обухів

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ

Анотація. У статті наведено показники виробництва автоклавних газобетонів в Україні та сусідніх країнах. Показано, що в умовах підвищення вимог термічного опору до огорожувальних конструкцій газобетони мають переваги над традиційними стіновими матеріалами. Розглянуто сучасні наукові концепції вдосконалення конструктивного рішення стіни, виготовленої з використанням ніздрюватого бетону. Розкрито основні проблемні питання при використанні ніздрюватих бетонів в стінових конструкціях будівель та споруд. Показано основні тенденції удосконалення якості захисних покривів стінових конструкцій з автоклавного газобетону. Проаналізовано основні причини негативних наслідків використання газобетону в огорожувальних конструкціях будинків. Зазначено основні технологічні особливості зберігання газобетону, процесу будівництва та його експлуатації в стінових конструкціях, особливо в перші роки експлуатації будівлі. Показано, що рівноважена вологість стіни досягається впродовж 1-2 років його експлуатації. Приведено ряд заходів для зовнішньої обробки одношарової стіни з газобетону, газосилікату. Визначено основні підходи та рекомендації до забезпечення ефективності використання газобетону в огорожувальних конструкціях малоповерхового житла.

Ключові слова: газобетон, експлуатаційні властивості, енергетична ефективність, теплопровідність.

Постановка проблеми. У зв'язку із зростанням вимог до термічного опору огорожувальних конструкцій в сучасному будівництві масового поширення набув автоклавний газобетон. Він легко піддається обробці, має низьку густину, добре підходить як для індивідуального малоповерхового будівництва, так і для будівництва висотних каркасних будинків. Цей матеріал потіснив на будівельному ринку традиційні, недостатньо енергоефективні при експлуатації та високоенергоємні при виробництві традиційні стінові матеріали (цегла, керамзит керамзитобетон).

За даними Всеукраїнської асоціації виробників автоклавного газобетону його питома вага в структурі стінових матеріалів у 2020 році склала понад 50%. З 2000 року по 2020 рік в Україні виробництво газобетону зросло з 100 тис м³ до 4 млн. м³.

Лідером-виробником автоклавного газобетону в Україні є завод Орієнтир-Буделемент, який у 2020 р. реалізував за даними Всеукраїнської асоціації виробників автоклавного газобетону 1,301 млн. м³ газобетону (або 32%) під товарною маркою "Стоунлайт". При цьому 94% газобетону становить марка D500 і 6% – марка D400. До потужних виробників газобетону слід також віднести ТОВ "ЮДК" – 13%; Енерджи Продакт – 12%; ТОВ "ЮПИТЕР" – 6%; Корпорація ХБМ – 5%; Тернопільбуд – 2%.

На заводи компанії ТОВ "Аерок" приходиться 28% газобетону, що виробляється в Україні. Ця компанія першою в Україні відмовилася від виробництва "важкого" газобетону марки D600, досягла найбільшої частки в структурі виробництва енергоефективного газобетону марки D300 і D400, освоїла виробництво теплоізоляційного газобетону щільністю D150. У 2020 році компанія реалізувала 1,138 млн. м³ газобетону з наступним розподілом по щільності: 55% марки D400, 23% марки D300, 21% марки D500

і 1% марки D150, або близько 8 тис. м³ теплоізоляційного газобетону.

Найбільшими перевагами цього матеріалу є низька маса і теплопровідність, за рахунок чого при його використанні знижується маса і товщина огорожувальних конструкцій, навантаження на фундамент, а також транспортні витрати і тривалість будівництва. При щільності автоклавного газобетону 300-500 кг/м³ огорожувальні стіни не потребують додаткового утеплення при традиційній та прийнятній товщині стіни в 30...40 см. У 2021 році в Україні передбачається зростання нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій на 20%, тому виробники газобетону будуть пропонувати кладку стін у 2 шари з блоків різної густини.

Разом з тим, найчастіше низька якість будівельних робіт при зведенні приватних малоповерхових будинків і, на додачу, відсутність знань про експлуатаційні властивості автоклавного газобетону негативно позначаються на іміджі будівельного матеріалу.

Технологія виробництва автоклавного газобетону та його якість в Україні на сьогодні піднялася до європейського рівня, оскільки за останні 10-15 років були збудовані найсучасніші заводи з обладнанням від провідних компаній-виробників. Світовими лідерами за якістю і кількістю встановлених ліній є німецькі та голландські компанії Werhahn, MASA-Henke, WKB, Hess та інші, що широко присутні на світовому ринку виробників обладнання.

Використання сучасного обладнання дозволило значно підвищити коефіцієнт конструктивної якості газобетону [1]. Раніше стінові блоки та панелі мали густину 650-700 кг/м³, а для теплоізоляції суміщених покрівель для північних регіонів Радянського Союзу виготовлявся теплоізоляційний газобетон густиною 300 кг/м³ з міцністю на стиск 9-12 кгс/см². Сьогодні автоклавний газобетон густиною 300 кг/м³ – це кон-

струкційно-теплоізоляційний газобетон, який використовується в якості несучого стінового матеріалу для малоповерхових будинків (до 3-х поверхів), а також для висотних каркасно-монолітних житлових та інших об'єктів.

Виробництво автоклавного газобетону в СРСР масштабно розпочалося лише в кінці 60-х — на початку 70-х років минулого століття, коли було закуплено 10 сучасних заводів у Польщі. Якщо пік обсягів виробництва автоклавного газобетону в колишньому СРСР разом з республіками Прибалтики становив 6,6 млн м³, то Білорусь у 2014 році вийшла на рівень виробництва 3,2 млн м³, РФ виробляє 13...14 млн м³ в рік за наявності встановленої потужності 68 заводів 17,42 млн м³ газобетону, в Україні виробничі потужності виробництва газобетону країни наближаються до 4,9 млн м³ [2].

Компанія "Аерок" на даний час є єдиною компанією, яка масштабно виробляє найлегший конструкційно-теплоізоляційний газобетон марки D300 з міцністю 2,5 МПа, та теплоізоляційний газобетон D150, аналогів якому немає в країнах СНД. Газобетон D100 на мінеральній основі виготовляється під брендом "Multipor" провідним світовим виробником і постачальником сировини, будівельних матеріалів в Німеччині і на світовому ринку концерном "Xella".

Мета роботи. Проведення аналізу технологічних особливостей будівництва та експлуатації будівель з використанням автоклавного газобетону.

Виклад основного матеріалу. Як відомо, пропарка цементного бетону при 85-95°C забезпечує приріст міцності цементних матеріалів приблизно на 70-75%, автоклавна обробка при 190-200°C є примусовим синтезом новоутворень з забезпеченням 100% міцності. Завдяки високій температурі та тиску насиченої пари кварцовий пісок виконує функцію компонентів в'язучого, цим самим забезпечується висока міцність автоклавного матеріалу за рахунок утворення низькоосновних гідросилікатів кальцію, які є основними носіями міцності в цементних системах.

Таким чином, потенційні проблеми, які можуть виникнути в процесі експлуатації автоклавних газобетонів пов'язані виключно з недотриманням технології будівництва та експлуатації. Висока пористість матеріалу, з одного боку, забезпечує високі теплоізоляційні властивості, а з іншого, за несприятливих

умов газобетон може адсорбувати вологу з повітря.

Оскільки газобетонні заводи в Україні працюють за технологією лиття, то після автоклавної обробки газобетону в середовищі насиченої пари при температурі 195-200 °C і надлишковому тиску 12-14 бар матеріал має вологість по масі до 40 %. Після видалення газобетону з автоклава, як передбачено технологією його виробництва, він укладається на піддони та упакується в плівку, в якій він зберігається та транспортується на будівельні об'єкти або на тимчасові склади. Наявність плівки не тільки сприяє транспортуванню, але і захищає газобетон від атмосферних опадів і практично унеможливує його висихання.

Швидко побудований будинок при наявності на внутрішніх стінах сучасних шпалер чи іншого оздоблювального покриття (миючого, водо- та повітрянепроникного) виключає можливість внутрішніх стін швидко видаляти вологу. За таких умов стіна може зберігати високу вологість.

В роботі [3] пропонується технологія сушки газобетонних блоків в автоклаві гарячим повітрям, отриманим в теплогенераторі. За таких умов існує можливість зростання собівартості висушених блоків не більше, ніж на 5%. На думку авторів цієї пропозиції, використання висушених в заводських умовах газобетонних блоків сприятиме підвищенню якості будівельних робіт. Ця технологія була озвучена на черговій 10-й міжнародній науково-технічній конференції виробників газобетону, яка відбулась у 2018 році в Мінську. Цілком очевидно, що подовження автоклавного режиму запарювання газобетону шляхом додаткової сушки призведе до зменшення обсягів виробництва газобетону на підприємстві та зруйнує графік перепуску пари в автоклавному господарстві та додаткових втрат енергії.

Найбільш прийнятним рішенням, яке реалізується в європейській та вітчизняній практиці будівництва та експлуатації малоповерхових будинків з використанням автоклавного газобетону, є нанесення паропроникного покриття на фасадну стіну.

За наявності на поверхні газобетонної стіни, щільної цементно-піщаної штукатурки або штукатурних сумішей з полімерною добавкою, встановлення вікон, дверей та подальше виконання мокрих процесів всередині приміщення (стяжка під підлогу, штукатурка внутрішніх стін та інше), відбувається



Рис. 1. Фрагменти стінових огорожувальних конструкцій з різними видами руйнувань, виконаних з газобетону білоруського виробництва у Білорусі.



Рис. 2. Зовнішній вигляд будинку з автоклавного газобетону без оздоблювального шару побудований в 1939 році, м. Рига

зростання вологості всередині приміщення до 90%, тому газобетон, як високопористий матеріал, адсорбує вологу і може додатково зволожуватись. За таких умов власник будівлі буде вимушений "переопалювати" будинок, відчувати дискомфорт (сирість), можлива поява цвілі стін через високу теплопровідність вологих стін, а в послідовному можливе руйнування зовнішньої штукатурки.

Порушення технології будівельних робіт, пов'язаних з недотриманням вимог паропроникнення захисного покриття газобетонних стін за умов високої вологості самих стін приводять до можливого руйнування покриття через замороження води та збільшення її в об'ємі приблизно на 10% при утворенні льоду. На рис. 1 приведено зовнішній вигляд руйнації захисного покриття будівель, виконаних з газобетону білоруського виробництва у Білорусі [4].

Швидкість видалення вологи зі стінової конструкції залежить від умов і режимів експлуатації, та характеристик оздоблювальних шарів. Вважається, що рівнозначне значення вологості зовнішньої стіни становить 5...6 % і за нормальних умов досягається за 1-2 роки.

В скандинавських країнах існує будівельна практика визначення початку виконання оздоблювальних робіт через оцінку вологості самого газобетону в стіні. Відбувається це наступним чином: по центру стіни висвердлюється шурф, вилучена з середини

газобетонної стінової конструкції стружка зважується, висушується та визначається відсоток її вологості. Оздоблювальні роботи розпочинаються за умови вологості газобетону в середині газобетонної стіни менше 12%.

Беззаперечним підтвердженням довговічності і морозостійкості газобетону, як стінового матеріалу, є будинки зі стінами з газобетонних блоків, які взагалі не захищені і експлуатуються протягом 70 років без тріщин, відшарувань і лущення кладки.(рис. 2). Фото цього будинку присутнє в багатьох посібниках з будівельних матеріалів та у мережі Інтернет, як наглядне підтвердження довговічності незахищеного автоклавного газобетону.

Іншим оригінальним варіантом відкритого фасаду житлового будинку є відсутність зовнішнього оздоблювального шару на поверхні стіни з імітацією кам'яної кладки. При виконанні кладки газобетонні блоки з використанням фрези або відрізних дисків влаштовуються під прямим кутом або під кутом фаски. Фасад будівлі отримує вигляд цегельної (блочної) кладки з розшитими швами (рис. 3).

Основна вимога до оздоблювального покриття або штукатурки зводиться до паропроникності окремих шарів стіни зсередини стіни в сторону зовнішньої поверхні будівлі для виходу вологи. При наявності високої вологості в приміщенні передбачається натуральне або примусове вентилявання.



Рис. 3. Фасади будинку з завчасно виготовленою фаскою під розшивку цегельної кладки (з мережі інтернет)



Рис. 4. Мурування блоків з використанням клею за допомогою каретки та зубчастого шпателя

Окремі фахівці пропонують розпочинати оздоблювальні роботи від 6 місяців до 1 року після зведення каркасу будівлі, що є не завжди прийнятним як для будівельників, так і для самих забудовників.

В альбомі технічних рішень з використання виробів з автоклавного газобетону компанії "Н+Н", яка є другим за величиною виробником автоклавного газобетону в світі, значено, що по довговічності житлових, громадських і промислових будівель зовнішні стіни, які виготовлені з використанням газобетонних панелей або блоків, не поступаються стінам, виготовленим з цегли або бетону. Їхня прогнозована довговічність становить 125 років.

З європейського досвіду відомо, що тривалість ефективної експлуатації будівель, утеплених мінерало-ватними або пінополістирольними плитами, до першого капітального ремонту становить 25...35 років.

Сам автоклавний газобетон в структурі експлуатованої зовнішньої стіни має вологість в середньому 4...5% з середньою щільністю газобетону 300...500 кг/м³ має великий обсяг "резервної" пористості, яка

забезпечує йому високу морозостійкість протягом 50...100 циклів.

Для зовнішньої обробки одношарової стіни з газобетону, газосилікату рекомендується:

- використання будь-яких навісних вентиляційних фасадів з облицюванням декоративними панелями, сайдингом, вагонкою;
- облицювання лицьовою цеглою з повітряним (бажано вентиляційним) зазором 30-50 мм. між цеглою і кладкою з блоків;
- штукатурка спеціальними легкими штукатурними сумішами для газобетону;
- тонкошарова (3-5 мм) штукатурка (шпаклівка) спеціальними складами для газобетону;
- покраска стіни фасадними паропроникними фарбами.

Безшовна кладка газобетону та "містки холоду"

Відносно великі розміри газобетонних блоків та висока точність лінійних розмірів забезпечують високу продуктивність праці при виконанні кам'яної кладки і, відповідно, зменшують терміни будівництва. Принципово новим підходом вирішення проб-



Рис. 5. Безшовна кладка газобетонних стін з використанням пінополіуретанової піни



Рис.6. Прорізання штроб та укладка арматури

леми шва як "містка холоду", став перехід від традиційного шва з цементно-піщаного розчину до використання спеціальних мурувальних розчинів (-клеїв). Використання каретки-дозатора клею та ковша для клеючого розчину (клею) забезпечує рівномірність товщини шару 2...3 мм горизонтальних та вертикальних швів кладки газобетонних блоків.

Автоклавний газобетон позиціонується на ринку як матеріал для енергозберігаючих конструкцій, тому в останні роки велику популярність отримала безшовна кладка газобетонних блоків з використанням пінополіуретанової піни. (рис. 5). Сама ідея була запозичена з кладки стінових енергоефективних керамічних блоків.

Як видно з рис.5, технологія кладки з використанням пінополіуретанової піни елементарно проста і менш трудомістка ніж з використанням клею.

Кладка стін поверху, як правило, ділиться на 3 яруси, висота кожного приймається не більше 1,2 м.

Для нарізки штроб використовуються ручні або електричні штроборізи (рис.6). Для армування стіни використовують сталеву арматуру діаметром 8...12 мм. В залежності від ширини стіни передбачається влаштування 1 або 2 штроби. (до 200 мм — 1 штроба).

Типове технічне рішення кріплення газобетонної кладки до несучих колон каркасної будівлі приведено на рис. 7.

Виконання кам'яних робіт з використанням газобетонних блоків кардинально не відрізняється від виконання цегельної кладки та кладки стінових блоків з інших матеріалів. Переважна частина українців самотужки буде приватні будинки з використанням автоклавного газобетону, інша частина залучає в якості підрядчиків будівельні бригади.

На сьогоднішній день виробники будівельних матеріалів компенсують відсутність технологічних карт власними розробками. В умовах конкуренції доступу продукції інших країн на український ринок,

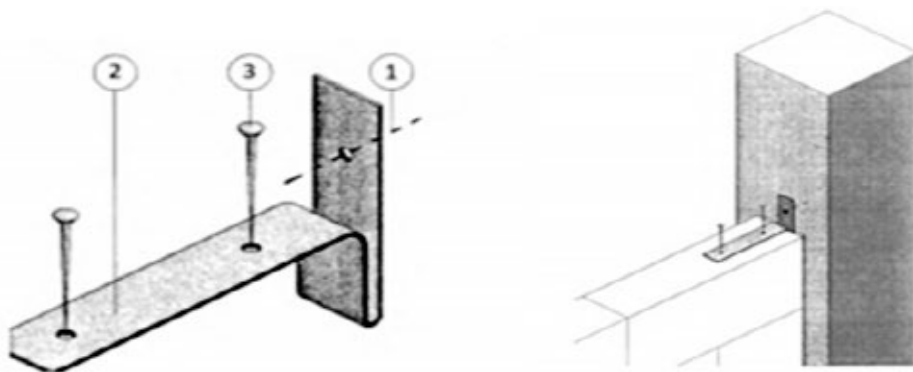


Рис. 7. Типове технічне рішення фіксації газобетонної стіни до колон будівлі.

Де: 1 — дюбель до залізобетонному основи 2 — закладна деталь товщиною 0,8-1 мм шириною 20-40 мм з оцинкованої сталі; 3 — оцинковані цвяхи

українські підприємства супроводжують свою продукцію різноманітними посібниками, рекомендаціями, буклетами та іншим ілюстративним матеріалом, наприклад компанія "Аерок" з 2007 року підготувала 20 таких видань [5-6], які доступні в мережі інтернет та розповсюджуються на різноманітних конференціях, презентаціях, виставках, тощо. Під егідою Всеукраїнської асоціації виробників автоклавного газобетону випускаються спеціалізовані посібники [7]. Країни СНД щорічно проводять спеціальні конференції, які присвячені виключно проблемам виробництва та експлуатації автоклавного газобетону, які час від часу проводяться в РФ та Білорусії, а інколи і в Україні.

Оскільки питома вага автоклавного газобетону в структурі стінових матеріалів європейських країн коливається в межах 40-60%, то в програмах навчальних закладів має приділятися належна увага вивченню цього матеріалу.

Висновки. Газобетонні стіни мають покриватись захисними паропроникними покриттями, облицьов-

уватись цеглою, сайдингом чи іншими покриттями з повітряним прошарком.

Через високу гідрофільність газобетону всі будівельні процеси з використанням автоклавного газобетону мають виключати можливість капілярного підсосу води та її затікання.

Пориста система автоклавного газобетону приводить до накопичення ним вологи. Волога в складі автоклавного газобетону забезпечує зростання питомої теплопровідності матеріалу, а при її замерзанні — до втрат теплозахисних властивостей матеріалу та можливої руйнації захисного покриття, особливо, якщо це покриття характеризується меншою паропроникністю, ніж сама газобетонна конструкція стіни.

Використання пінополіуретанової піни при кладці стінових блоків забезпечує зростання продуктивності праці та забезпечує мінімізацію втрат тепла через шви. Оздоблення стін слід починати через кілька місяців після зведення коробки будинку та перевірки вологості газобетону.

Література

1. Рудченко Д.Г. О повышении коэффициента конструктивного качества газобетона автоклавного твердения / Д.Г. Рудченко // Строительные материалы и изделия. 2011, № 4. С.13-16.
2. Сердюк В.Р., Рудченко Д.Г. Шляхи зменшення енергетичної складової у виробництві автоклавного газобетону. Вісник ВПІ. 2020. №2. -С.20-26.
3. Кузьменков М.И., Мартинов О.Г. Пути сушки газосиликатных блоков. — С.60-67 /Материалы 10 Юбилейной между. научн.-практ. конф. "Опыт производства и применение ячеистого бетона автоклавного твердения" 29-31 мая 2018 г. (Минск, Могилев).
4. Гарнашевич Г.С., Губская А.Г., Власенко Ж.Н., Ясинская Н.С., Сажнев Н.П., Лоско В.В., Лоско А.В. Теплофизические и тепловлажностные свойства ячеистого бетона автоклавного твердения. — С. 54-59/ Материалы. 10-й Юбилейной между. научн.-практ. конф. "Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения. 29-31 мая 2018г. (Минск, Могилев).
5. Альбом технічних рішень огорожувальних конструкцій малоповерхових житлових та громадських будинків на основі газобетонних блоків AEROC. Матеріали для проектування. Київ 2010.-С. 114с. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.slideshare.net/AEROC>.
6. Руководство пользователя. Газобетон — это AEROC. Шестое издание 2020. Киев. Электронный ресурс. Режим доступа: https://aeroc.ua/wp-content/uploads/2020/04/rukovodstvo_2020.pdf
7. Парута В.А., Бринзин Є.В., Сиротін О.В. Оздоблення стін з автоклавного газобетону/ Посібник для фахівців будівельної галузі, науковців та забудовників. Київ 2018.-С146с. Електронний ресурс. Режим доступу: http://gazbet.com.ua/userfiles/files/otdelka_sten_iz_gazobetona.pdf.

References

1. Rudchenko D.G. (2011). On increasing the constructive quality factor of autoclaved aerated concrete. *Building materials and products*, 4, 13-16.
2. Rudchenko D.G., Serdiuk V.R. (2020). Ways to Reduce Energy and Environmental Components in the Production of Autoclave Air Concrete. *Vinnitsia Politechnical Institute Bulletin*, 2(149), 20-26. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-149-2-20-26>
3. Kuzmenkov M.I, Martynov O.G. (2018). Drying and hardening of gas silicate blocks. *Experience in the production and use of autoclaved cellular concrete. Materials of the 10th International Scientific and Practical Conference (Minsk, Mogilev, Belarus)*, 60-67.
4. Garnashevich G.S., Gubskaya A.G., Vlasenko Zh.N., Yasinskaya N.S., Sazhnev N.P., Losko V.V., Losko A.V. (2018). Thermo-physical and thermal-moisture properties of autoclaved aerated concrete. *Materials of the 10th International Scientific and Practical Conference (Minsk, Mogilev, Belarus)*, 54-59.
5. Album of technical solutions for fencing structures of low-rise residential and public buildings based on AEROC aerated concrete blocks. *Materials for design*. (2010), 114. <https://www.slideshare.net/AEROC>.
6. Aerated concrete blocks is AEROC (2020). User manual, 6. https://aeroc.ua/wp-content/uploads/2020/04/rukovodstvo_2020.pdf
7. Paruta V.A., Brynzin Ye.V., Syrotin O.V. (2018). Finishing of walls from autoclaved aerated concrete. *A guide for construction professionals, scientists and developers*, 146. http://gazbet.com.ua/userfiles/files/otdelka_sten_iz_gazobetona.pdf.

¹Vasyl Serdyuk, Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Construction;

²Dmitrii Rudchenko, Ph.D., General Director at Aeroc LLC;

¹Urban Economy and Architecture of Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

²Aeroc LLC, Obuhiv

CONSTRUCTION WORKS AND UPKEEP OF BILDINGS FROM AUTOCLAVED CONCRETE

Abstract *This article presents the indicators of production of autoclaved aerated concrete in Ukraine and neighboring countries. It is shown that in the conditions of increase of requirements of thermal resistance to enclosing designs aerated concrete have advantages over traditional wall materials. Modern scientific concepts of improvement of the constructive decision of the wall made with use of cellular concrete are considered. The main problematic issues in the use of aerated concrete in the wall structures of buildings and structures are presented. The main tendencies of improvement of quality of protective coverings of wall constructions from autoclaved aerated concrete are revealed. The main reasons for the negative consequences of the use of aerated concrete in the enclosing structures of buildings are revealed. The main technological features of aerated concrete storage, construction process and its operation in wall structures, especially in the first years of operation of the building are indicated. It is shown that the balanced humidity of the wall is achieved during 1-2 years of its operation. A number of measures for external finishing of a single-layer wall from aerated concrete, aerosilicate are resulted. The main approaches and recommendations for ensuring the efficiency of aerated concrete in the enclosing structures of low-rise housing are identified.*

Key words: *aerated concrete, operational properties, energy efficiency, thermal conductivity.*