

Трет'яков С.С.

Луганський національний аграрний університет  
(пр-т Ювілейний, 65Г, Харків, 61000, Україна; e-mail: TretyakovSergey@i.ua)

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗВИПАЛЮВАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ У МАЛОПОВЕРХОВОМУ БУДІВНИЦТВІ

У статті проведено аналіз використання безвипалювальних будівельних матеріалів та виробів з глинистої сировини, як екологічно чистого, доступного, дешевого матеріалу для зведення сучасного та енергоефективного малоповерхового житла. Проаналізовано сучасні способи зведення огорожувальних конструкцій стін з глинобетону на основі закордонного та вітчизняного досвіду будівництва. Наведено переваги і недоліки різних способів влаштування конструкцій стін з глинобетону. З'ясовано, що вартість безвипалювальних матеріалів значно дешевше середньої ринкової вартості традиційних будівельних матеріалів. Показано, що питомі витрати на опалення будинку з глинобетонних блоків майже, у двічі нижчі від цегли та наближені до газосилікатних блоків.

**Ключові слова:** глина, глинобетон, безвипалювальні матеріали з глинистої сировини, стінові матеріали.

**Вступ.** Будівництво енергоефективних, екологічних, малоповерхових будинків, це важливий етап у розвитку сучасного житлового будівництва. Забезпечити населення доступним та комфортним помешканням, підвищивши, тим самим, рівень життя своїх громадян, є важливим державним пріоритетом.

У нашій країні, особливо, критично стоїть питання пов'язане з вирішенням проблеми забезпеченням житлом переселенців з Донбасу та Криму. Крім того, з погіршенням політичної обстановки в сучасному суспільстві, вони мають тенденцію ставати ще гострішими [12].

Вирішити ці питання можливо за рахунок використання будівельних матеріалів з місцевої глинистої сировини з використанням у виробництві економічних безвипалювальних технологій.

У багатьох країнах світу, насамперед у США, Канаді, Австралії, Франції, Німеччині, Польщі, Китаї, Індії, Мексики, а також останнім часом в Україні ведеться робота по вивченню та узагальненню даних основних фізико-механічних властивостей безвипалювальних будівельних матеріалів, а саме: опору на стиск, теплопровідності, модуля пружності, вогнестійкості, паропроникнення і т. д. Особливого значення, має розгляд питання проектування та технологічних заходів при зведенні будинків із ма-

теріалів на основі глинистої сировини. Питання використання безвипалювальних будівельних матеріалів та підвищення їх фізико-механічних властивостей висвітлені у роботах Г. Мінке, А.Г. Вандоловського, О.А. Григоренко, М. В. Савицького та ін. Моделювання та оптимізація складів безвипалювальних будівельних матеріалів різного призначення, досить широко описана у науково-дослідницькій літературі. Аналіз закордонних і вітчизняних публікацій на тему будівництва, з безвипалювальних будівельних матеріалів свідчить про те, що ця тема є актуальною та потребує детального дослідження основних фізико-механічних властивостей виробів з глинистої сировини [1-3, 6-7, 12-15].

**Мета дослідження.** Провести аналіз основних сучасних методів зведення малоповерхових будинків з використанням безвипалювальних будівельних матеріалів та виробів, виявити основні переваги та недоліки.

**Результати дослідження.** Розвиток сучасного, екологічного, енергоефективного будівництва з безвипалювальних будівельних виробів набуває все більшого розповсюдження у всьому світі, зокрема у розвинутих країнах Європи, Австралії, Північній Америці, Нової Зеландії, Індії, Китаї та інших. Очікуване підвищення рівня енергоефективної будівельної діяльності у

країнах, що мають більше всього виконаних екологічних проектів зображено на рис. 1 [1]. В цих країнах переглядаються питання будівництва енергоефективних будівель, здійснюється дослідження та впровадження енергозберігаючих технологій для зменшення використання природних енергоресурсів.

Серед людей, які будують собі будинки, зростає попит на економічно та енергетично ефективне будівництво, при якому приділяється більше уваги здоровому та збалансованому клімату приміщень.

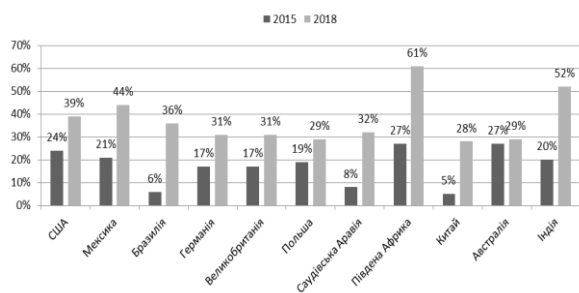


Рис. 1. Очікуване підвищення рівня енергоефективної будівельної діяльності у країнах, що мають більше всього виконаних екологічних проектів

Наприклад у деяких штатах США впроваджено програми з екологічного будівництва для міст з населенням більш ніж 50 тис. жителів. Головною метою таких програм є консультування та підтримка населення у розвитку енергоефективного будівництва [2].

Щодо темпів екологічного сучасного будівництва у США, можливо виділити ряд будівельних компаній, що займаються малоповерховим будівництвом з використанням безвипалювальних будівельних матеріалів. Так будівельною компанією «Colorado Earth adobe and earth blocks» спроектовано та побудовано житлові будинки у США, Новій Зеландії, Великобританії, налагоджено власне виробництво глиняних безвипалювальних блоків та цегли методом екструзії [3].

У Європі компанія «ARGILUS» є французьким лідером з виробництва безвипалювальної глиняної цегли, глиняних сумішей та виробів із глини. На базі компанії створено курси для підготовки будівельників, де вивчаються технологічні заходи при

проведенні робіт із основною продукцією компанії [4].

Сучасний досвід виробництва енергоефективних безвипалювальних будівельних матеріалів в Україні на рівні підприємств нажаль відсутній, але існують окремі невеликі приватні виробництва. Так компанія «GlinKo» виробляє екологічно чисті оздоблювальні матеріали на основі глини українських родовищ [5].

Виробництво будівельних матеріалів для малоповерхової забудови в Україні представлено такими основними матеріалами як керамічна та силікатна цегла, газобетон, дерев'яний брус, SIP панелі (структурна ізоляційна панель). Останнім часом почали з'являтися будинки з соломи, як ефективного утеплювача за каркасною технологією, та солом'яні панелі заводського виготовлення. Що стосується будівництва з безвипалювальних будівельних матеріалів, в Україні зустрічаються окремі випадки будівництва екологічних будинків з матеріалів на основі глинистої сировини, але ці проекти є винятковими, а не загальною тенденцією.

Наприклад будинок з пустотілого саману у м. Радомишль Житомирської області побудований у 2012 р., автор проекту та господар будинку С. Боженко. Будинок побудований за монолітною технологією з використанням переставної опалубки розробленою за технологією Вайсбурда Ю. М. (рис. 2.) [8].

Сьогоднішній потенційний приватний забудовник, перш за все, хоче отримати енергоефективне, та недороге житло. Сучасні будівельні матеріали повинні мати, не тільки високі показники міцності та енергоефективності, а також бути екологічними, спрямованими на зниження енергетичних витрат і викидів парникових газів при виготовленні [10]. Саме такі критерії висуваються до сучасних матеріалів для зведення нових будівель. Будівництво з безвипалювальних матеріалів дає змогу побудувати недороге, енергоефективне та екологічне житло.



Рис. 2. Будинок з пустотілого саману у м. Радомишль Житомирської області побудований у 2012 р.

До головних переваг безвипалювальних матеріалів з глинистої сировини можливо віднести:

**Екологічність.** Зниження забруднення навколишнього середовища, мінімальні витрати енергоресурсів при виготовленні, тим самим зменшуються викиди вуглекислого газу у повітря. Енергоспоживання при виробництві будівельних матеріалів таких як силікатна цегла та газобетон значно вище ніж у безвипалювальних глиняних блоків, тому що на транспортування, обробку глинистих ґрунтів і виробництво з них будівельних безвипалювальних матеріалів витрачається близько 10% енергії, необхідної для технологічного виробництва силікатної цегли або газобетону (рис 3.) [11]. Отже, рівень забруднення навколишнього середовища при виготовленні безвипалювальних глиняних блоків мінімальний.

**Енергоефективність.** У залежності від складу наповнювача для виготовлення безвипалювальних глиняних блоків, можливо досягти низьких показників теплопровідності ( $\lambda = 0,10 - 0,14 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ). Найбільш перспективним вважається введення до складу суміші легких заповнювачів (перліт, вермикуліт, порожнисті мікросфери і

т.п.) [6]. Легкий глинобетон проводить тепло на рівні з газобетоном та деревом. У порівнянні з силікатною цеглою ( $\lambda = 0,56 - 0,7 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ), будинки з безвипалювальних глиняних матеріалів приблизно у 2 рази мають менші витрати на опаленні, а ніж з силікатною цеглою. У результаті енергоспоживання на обігрів будинку виявляється незначним, навіть для регіонів з холодним кліматом.

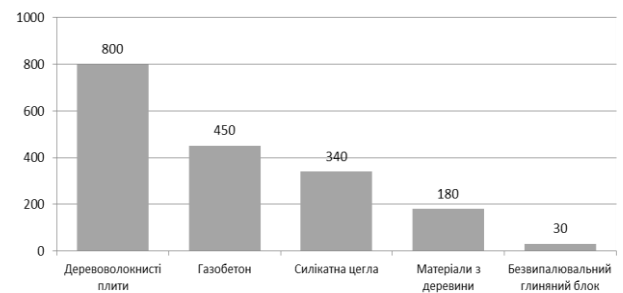


Рис 3. Первинні енергетичні витрати на виробництво будівельних матеріалів, кВт ч/м³

**Доступність матеріалу.** Матеріал доступний та коштує дешево (ціна за блок варіюється від місця розташування кар'єру, складу модифікатора та наповнювача, витрат на транспорт і т. д. та у середньому складає 450 – 600 грн. за 1 м³). Ґрунтову цеглу формують з напівсухою суміші на пресах напівсухого пресування. Потім їх виймають з форм і сушать, до повного затвердіння у результаті виходить дуже міцна саманна цегла (міцність при стисненні до 15 МПа) здатна конкурувати за міцністю з цеглою, вартість глиняних блоків виявляється набагато нижче, ніж цегла, або газосилікатний блок [13]. Безвипалювальні блоки можна формувати з глини різного мінерального та фізико-хімічного складу з добавками соломи, льняної костри, вапна та інших наповнювачів. Як будь-який будівельний матеріал, безвипалювальні блоки з глинистої сировини мають свої недоліки [9]:

1. Глинисті ґрунти не однорідні за своїм складом. У залежності від місця розташування кар'єру, властивості глинистих ґрунтів відрізняються за складом мінеральних, органічних частин, а також за кількістю глини, пилу, піску та великих заповнювачів, ці фактори дуже сильно впливають на фізико-механічні властивості матеріалу.

2. Ґрунти з великим вмістом глинистої речовини мають значну усадку. Вологі ґрунти зменшують свій об'єм при висиханні. Усадка ґрунта викликає місцеві напруги, що сприяють утворенню усадочних тріщин.

3. Глинисті ґрунти не водостійкі, тому стіни з глиняних матеріалів повинні бути додатково захищені від впливу атмосферних опадів.

4. Є потреба у періодичному догляді зовнішніх стін (оштукатурення та побілка).

Незважаючи на недоліки, будівництво з безвипалювальних матеріалів з глинистої сировини стає все більш популярним та ефективним. При чому спостерігається поширеність забудови громадських будівель, а також будівель комерційного використання. Так, за даними Г. Мінке [9] у Австралії окрім приватних будинків зводяться багато великомасштабних будівель комерційного призначення. Наприклад сюди можна віднести житлову будівлю у Чарльз Стюартському університеті в Австралії загальною площею 420 м<sup>2</sup> (рис. 4), усі стіни будівлі виконані з монолітного глинобетону.



Рис. 4. Житлова будівля у Чарльз Стюартському університеті у Австралії з стінами з монолітного глинобетону [9]

На сучасному ринку будівництва з безвипалювальних матеріалів із глинистої сировини розрізняють три основні технології зведення будівель:

1) суцільне монолітне будівництво (за допомогою з'ємної та не з'ємної опалубки);

2) будівництво з саманної цегли або саманних блоків (ґрунтоблоків);

3) каркасне будівництво з наповненням (утепленням) легким саманом або заповненням легкими саманними блоками.

**Перший варіант.** Зверху фундаменту встановлюється опалубка у товщину майбутньої стіни. В опалубку щільно запресовують суміш в'язкої густої глини з водою та добавкою наповнювача (соломи), льняної костри. У міру заповнення опалубку піднімають вище тим самим зводять стіни на потрібну висоту [15].

**Другий варіант.** Кладка з саманної цегли ведеться так само як і з випалювальної керамічної, але існує ряд відмінностей. При влаштуванні кладки з саманної цегли застосовують глиняний або вапняно-піщаний розчин. На відміну від стінової кладки із обпаленої цегли, де шви розчинів дозволяють вирівняти відхилення по горизонталі, при кладці із самана шви практично відсутні і вирівняти відхилення кладки практично не можливо [9].

**Третій варіант.** Зводиться подвійний каркас необхідної конструкції з деревини, а проміжки між елементами каркасу забиваються легким саманом або саманними блоками. При цьому до каркасу прибивають з двох сторін опалубку з дощок, щоб пресований саман прийняв форму стіни. Коли стіни поверху повністю заповнені легким саманом - опалубку знімають, дають саману додатково просохнути, та потім покривають зовнішню поверхню стін глиною [15].

У результаті проведеного аналізу технологій зведення будинків з безвипалювальних матеріалів з глинистої сировини у табл. 1 наведено основні переваги й недоліки кожного.

Таблиця 1 - Основні переваги та недоліки технологій зведення будинків з без випалювальних глиняних матеріалів.

Технологія зведення	Переваги	Недоліки
Суцільне монолітне будівництво	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дешевизна сировини;</li> <li>• Великий вибір технологічних опалубочних конструкцій;</li> <li>• Мінімальне використання механізованої праці;</li> <li>• Низька вартість житла;</li> <li>• Рівномірний розподіл навантаження стін на конструкцію фундаментів;</li> <li>• Рівень забруднення навколишнього середовища при будівництві мінімальний.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Висока вартість опалубочної конструкції;</li> <li>• Низькі показники коефіцієнту теплотопередачі [9];</li> <li>• Тривалий час сушіння.</li> </ul>
Будівництво з саманної цегли, або саманних блоків	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Низька вартість сировини для виробництва цегли (блоків);</li> <li>• Швидкість зведення (3-4 місяці);</li> <li>• Різноманіття форм для виготовлення;</li> <li>• Низька вартість житла;</li> <li>• Мінімальне використання механізованої праці;</li> <li>• Рівномірний розподіл навантаження стін на конструкцію фундаментів.</li> <li>• Глиняний розчин не викликає подразнюючої дії на шкіру рук та алергічних реакцій у порівнянні з цементним [9].</li> <li>• Рівень забруднення навколишнього середовища при будівництві мінімальний.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Значні витрати ручної праці при будівництві;</li> <li>• Низька водостійкість.</li> </ul>
Каркасне будівництво з наповненням легким саманом або легкими блоками	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Можливість гнучкого планування та ведення робіт під час дощу;</li> <li>• Скорочення обмежень у розмірах, кількості та розташуванню прорізів.</li> <li>• Можливість оштукатурення стін паралельно зі зведенням, оскільки каркас не стискається.</li> <li>• Рівень забруднення навколишнього середовища при будівництві мінімальний.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Додаткові витрати ресурсів, часу на влаштування системи несучого каркасу;</li> <li>• Необхідність влаштування більш складного фундаменту під розподілене навантаження від ваги стін, та зосереджене від стійок каркасу.</li> </ul>

**Висновки.** Для масового використання та узаконення в Україні будівництва з безвипалювальних матеріалів існує потреба у проведенні ґрунтовних досліджень та розробці державних будівельних норм (у світі на сьогоднішній день у розвинених країнах таких як США, Німеччина, Франція, Великобританія створені адаптовані будівельні норми для виготовлення безвипалювальних матеріалів з глинистої сировини);

Будівництво будинку з глинистої сировини скорочує питомі енерговитрати у

середньому у вдвічі в порівнянні з будинком з цегли та знаходиться на рівні з газобетонним блоком.

Величезна кількість зведених за останнє десятиріччя будинків різного призначення з використанням безвипалювальних матеріалів по всьому світі, та в Україні, є підтвердженням актуальності будівництва будинків з екологічних матеріалів.

Сучасні технології будівництва дозволяють побудувати енергоефективне, недороге та екологічно безпечне житло використовуючи природні безвипалювальні матеріали з глинистої сировини.

Створення нових енергоефективних та енергозберігаючих підприємств для виготовлення безвипалювальних матеріалів та виробів, дасть можливість створити нові робочі місця у виробничому та експлуатаційному секторах.

Формування суспільної необхідності у нових знаннях та технологіях у галузі екологічного будівництва.

В Україні малоповерхове будівництво з безвипалювальних матеріалів із глинистої сировини має всі перспективи розвитку у зв'язку з тим, що існує певна категорія населення, яка хоче жити у екологічних, енергоефективних, доступних будинках.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. World Green Building Trends 2016/ Michael Petruccio, Burleigh Morton, Stephen A. Jones // [Електронний ресурс] «World Green Building Trends» – 2016. – С. 1 – 64. – Режим доступу: <http://fidic.org/sites/default/files>
2. Element analysis of the green building process [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.921.6361&rep=rep1&type=pdf>
3. Schroder L., Ogletree V. (2010). Adobe homes for all climates: simple, affordable, and earthquake-resistant natural building techniques. Chelsea Green Publishing, 205.
4. ARGILUS is the French leader in clay based plasters and products [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.argilus.co.uk/history/>
5. Глиняные смеси и другие материалы [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://glinko.com.ua/about.html>
6. Ковальський В. П. Вплив мінеральних мікронаповнювачів на властивості поризованих сухих будівельних сумішей / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, А. В. Бондар // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Будівництво». – Випуск 10 (18). – 2014. – С. 44-47.
7. Прочность грунтобетонів в зависимости от состава смеси / Н. В. Савицкий, М. А. Елисеєва, Г. И. Кузьмин, Н. В. Новиченко, Е. А. Бардах, Е. О. Евсеев // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Дніпропетровськ, 2015. – Вип. 82. – С. 179-186.
8. Пустотілий саман за технологією Вайсбурда [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://ecobum.io.ua/s204459/pustotiliy\\_saman\\_za\\_tehnologiyu\\_vaysburda](https://ecobum.io.ua/s204459/pustotiliy_saman_za_tehnologiyu_vaysburda)
9. Minke, G. (2013). Building with earth: design and technology of a sustainable architecture. Kassel, Germany : Birkhauser, 208.
10. Доброноженко О. В. Перспективы возведения экодому в Украине как приоритетное направление в энергосбережении / О. В. Доброноженко // Вісник Сумського національного аграрного університету – 2012. – № 5(16). – С. 152 – 155.
11. Князева В.П. Экология. Основы реставрации/ В. П. Князева. - М.: Высш. шк., 2005. - 148с.
12. Паршукова О.Ю. Архитектурно-типологические особенности формирования. Жилья для беженцев и перемещенных лиц / А.О. Медведєва // Науковий вісник будівництва. – 2017. – №1(87). – С. 57–60.
13. Савицький Н. В. Время вернуться к строительству из самана / Н. В. Савицький, Н. А. Сторожук, А. П. Приходько. // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2011. – №10. – С. 4–8.
14. Вандоловский А.Г., Григоренко Е.А. Результаты исследования прочности и водостойкости глино-шлаковых составов / А. Г. Вандоловский, Е.А. Григоренко // Науковий вісник будівництва. – 2014. – №4(78). – С. 139–143.
15. Григоренко Е.А. Применение местного сырья на основе алюмосиликатов в жилищном строительстве / Е.А. Григоренко // Науковий вісник будівництва. – 2014. – №1(75). – С. 205–208.

**Tretyakov S. PERSPECTIVES OF USE OF UNFINISHED BUILDING PRODUCTS IN LOW-RISE CONSTRUCTION.** The article analyzes the use of unburned wall bricks made of clay raw and its products as environmentally friendly, accessible and cheap material for the construction of modern energy efficient and low-rise housing. The modern methods of construction of the walls enclosing structures made of clay concrete on the basis of foreign and domestic experience in construction were analyzed. An pros and cons of different ways of placing construction walls with clay concrete. It was found that the cost of unburned materials much cheaper than the average market price of traditional building materials. It is shown

that the specific cost of heating a house with unburned wall blocks almost two times lower than brick house and approximated to silicate blocks.

**Keywords:** raw, clay concrete, unburned wall bricks made of clay raw, wall materials.

**Третьяков С.С. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЗОБЖИГОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.** В статье проведен анализ использования безобжиговых строительных материалов и изделий, как экологически чистого, доступного и дешевого материала для возведения современного и энергоэффективного малоэтажного жилья. Проанализированы современные способы возведения

ограждающих конструкций стен из глинобетона на основе зарубежного и отечественного опыта строительства. Приведены преимущества и недостатки различных способов устройства конструкций стен из глинобетона. Выяснено, что стоимость безобжиговых материалов значительно дешевле средней рыночной стоимости традиционных строительных материалов. Показано, что удельные затраты на отопление дома из глинобетонных блоков почти в два раза ниже чем кирпичного дома и вдвое от дома из газосиликатных блоков.

**Ключевые слова:** глина, глинобетон, безобжиговые материалы из глинистого сырья, стеновые материалы.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-179-185

УДК 666.972

**Кугаєвська Т.С., Шульгін В.В.**

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка  
(Першотравневий пр-т, 24, Полтава, 36000, Україна)*

**Сопов В.П.**

*Харківський національний університет будівництва і архітектури  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: vsopov@ukr.net)*

### **АНАЛІЗ МІЦНОСТІ БЕТОНУ ПРИ М'ЯКОМУ РЕЖИМІ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ НАГРІТИМ ПОВІТРЯМ**

Здійснено теплову обробку гідроізольованих кубів із важкого бетону з використанням нагрітого повітря за умов: тривалість теплової обробки бетону нагрітим повітрям – 3 год; загальний термін твердіння зразків у лабораторній камері – 21 год. Установлено, що міцність на стиск бетону у віці 28 діб: в 1,02 – 1,03 рази перевищує міцність на стиск бетону, твердіння якого відбувалося в повітряних умовах (у віці 1 доби – в 1,94 – 2,12 разу); дорівнює міцності на стиск бетону, твердіння якого відбувалося в нормальних умовах. Показано, що м'які режими теплової обробки надають можливість прискорити отримання розпалубочної міцності бетонних виробів без зміни їх структурних характеристик.

**Ключові слова:** тепла обробка, бетон, міцність на стиск, водопоглинання.

**Вступ.** Під час тепловологісної та теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів в їх об'ємі утворюються неоднорідні температурні поля (а при тепловологісній обробці – також неоднорідні поля вологовмісту). Ці фактори можуть призводити до створення внутрішніх механічних напружень і спричиняти в бетоні необоротні структурні зміни, неприпустиме зниження його міцності а також довговічності [1-3].

Геліотермообробка бетонних та залізобетонних виробів сприятливо впливає на

формування структури бетону і надає можливість заощаджувати відповідні енергоресурси [4-13].

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** І.Б. Заседателевим із співавторами [7] зазначено, що прогрівання у геліоформах під СВІТАП бетонних зразків і виробів товщиною до 300-400 мм здійснюється при м'яких режимах: швидкість підйому температури бетону дорівнює 5-7 °С/год; тривалість ізотермічної витримки при максимальній температурі 60 – 70°С триває 5 – 7 год; охолодження до температури 35 – 50°С здійснюється зі швидкістю