

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Інноваційні технологічні рішення виробництва та використання автоклавного газобетону в сучасному будівництві

Виконав: студент 2 курсу, групи Б-22мз
спеціальності 192 «Будівництво
та цивільна інженерія»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Гоголь С.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор
(науковий ступінь, посада)

 Сердюк В.Р.
(прізвище та ініціали)

«14» 06 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент кафедри ТЕ
(науковий ступінь, посада)

 Степанова Н. Д.
(прізвище та ініціали)

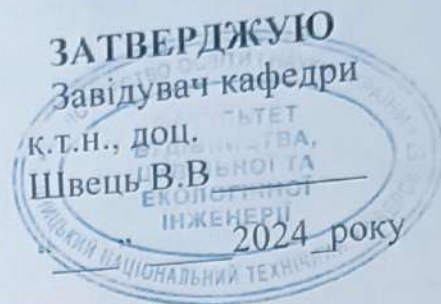
« » 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри БМГА
В. В. Швець

« » 2024 року

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»



ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гоголь Сергій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Інноваційні технологічні рішення виробництва та використання автоклавного газобетону в сучасному будівництві

керівник роботи Сердюк В.Р., д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «__» __ 2024 року №__

2. Строк подання студентом роботи 6.06. 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Сучасна нормативна база, статистичні дані, науково-технічна література, яка стосується сучасного стану будівництва житла. Передбачається проведення аналітичних досліджень енерго-екологічних аспектів вибору енергоефективних стінових матеріалів. Оцінка енергоємності виробництва ефективних стінових матеріалів. Дослідження властивостей автоклавного газобетону та перспектив його використання.

Зміст текстової частини: Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, методи досліджень, апробація).

1. Оцінка сучасного стану будівництва житла. Адаптація нормативної бази в галузі будівництва до європейських вимог.

2. Науково-дослідна частина (огляд літературних джерел, проектування будівлі з використанням енергоефективних стінових матеріалів, виробів у тому числі армованих виробів).

3. Енергоємність виробництва газобетону, екологічні аспекти з врахуванням екологічних викидів та оподаткування викидів парникових газів.

4. Порівняльні показники енергоємності виробництва стінових матеріалів

5. Економічна частина (визначення економічного ефекту від впровадження результатів наукової розробки на прикладі технічного об'єкта).

Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень). 1.

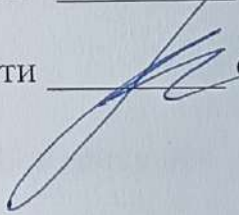
3. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Науковий розділ	Сердюк В.Р.	видав	
Технічна частина	Сердюк В.Р.	видав	
Технологія	Сердюк В.Р.	видав	
Економічна частина	Сердюк В.Р.	видав	

7. Дата видачі завдання 11.03.2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	При
1	Складання вступу до МКР	01.02-06.02.24	
2	Науково-дослідна частина (три розділи)	07.02-15.03.24	
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	18.03-29.03.24	
4	Конструктивні рішення технічного об'єкту (технологія або організація будівельного виробництва)	30.03-12.04.24	
5	Подання роботи на перевірку на плагіат	15.04-19.04.24	
6	Економічна частина	22.04-30.04.24	
7	Оформлення МКР	01.05-12.05.24	
8	Подання МКР на кафедру для перевірки	13.05-28.05.24	
9	Попередній захист	10.06-12.06.24	

Студент  ГогоКерівник роботи  Серд

АНОТАЦІЯ

УДК 624.15

Гоголь С. В. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», освітня програма – «Промислове та цивільне будівництво». Вінниця : ВНТУ, 2024. 124 с.

Укр. мовою. Бібліогр.: 42 назв; рис. 27; табл. 19.

Магістерська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Текстова частина складається з п'яти розділів, в роботі розкриті проблеми реновація застарілого житлового фонду, енерго-екологічні вимоги та обсяги будівництва житла, властивості автоклавного газобетону основи проектування будівлі з використанням газобетону автоклавного тверднення для кладки стівих конструкцій, інноваційні технології влаштування збірно-монолітного перекриття покрівлі, армованими газобетонними плитами, використання теплих віконних перемичок. Розкриті технологічні основи виробництва автоклавного газобетону. Враховуючи актуальність зменшення енергетичних витрат при виробництві стінових матеріалів та важливість підвищення їх експлуатаційних властивостей на перші позиції в їх структурі стінових матеріалів вийшов автоклавний газобетон.

Ключові слова: автоклавний газобетон, інноваційні рішення, технологія виробництва, енерго-економічні вимоги.

ABSTRACT

S.V. Gogol Master's qualification work on specialty 192 - "Construction and civil engineering", educational program - "Industrial and civil construction". Vinnytsia: VNTU, 2024. 120 p.

Ukraine language Bibliography: 42 titles; Fig. 27; table 19.

The textual part consists of five sections, the work reveals the problems of renovation of an outdated housing stock, energy and environmental requirements and volumes of housing construction, properties of autoclaved aerated concrete, the basis of building design using autoclaved hardened aerated concrete for laying rigid structures, innovative technologies for the installation of prefabricated monolithic roofing, reinforced aerated concrete slabs, use of warm window lintels. The technological bases of production of autoclaved aerated concrete are revealed.

Key words: autoclaved aerated concrete, innovative solutions, production technology, energy and economic requirements.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.....	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ.....	11
1.1 Реновація застарілого житлового фонду.....	11
1.2 Енерго-екологічні вимоги та обсяги будівництва житла.....	23
1.3 Властивості автоклавного газобетону.....	35
Висновки за розділом 1.....	38
РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ГАЗОБЕТОНІВ В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ.....	39
2.1 Адаптація вітчизняної нормативної бази в галузі будівництва до вимог країн ЄС	39
2.2 Використання конструкційно-теплоізоляційного газобетону в сучасному будівництві	44
2.3 Перспективи використання газобетонних U – подібних стінових блоків.....	52
Висновки за розділом 2.....	60
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ КОНСТРУКЦІЙНО- ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ГАЗОБЕТОНІВ ПРИ ВИКОНАННІ КАМ'ЯНИХ РОБІТ	61
3.1 Виконання кам'яних робіт з використанням газобетонних блоків.....	61
3.2 Технологічні переваги та особливості виконання кам'яної кладки стін з автоклавного газобетону.....	65
3.3 Технологічні процеси влаштування скритої електричної проводки в газобетонних стінах будівлі.....	74
3.4 Технологія зовнішнього і внутрішнього утеплення будівель з використання газобетону	76

3.5 Дослідження виробництва та використання теплих віконних перемичок.....	82
Висновки за розділом 3.....	83
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА. АРМОВАНІ ГАЗОБЕТОННІ ВИРОБИ..... .	
4.1 Адаптація нормативної бази з охорони праці до вимог ЄС.....	86
4.2 Виробництво та використання армованих плит перекриття та покриття з використанням автоклавного газобетону	89
Висновки за розділом 4	99
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА... ..	
5.1 Розробка енергоефективних інноваційних технологій при проектуванні офісної будівлі.....	95
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	113
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	123
Додаток А	
ДОДАТОК Б ВІДОМІСТЬ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ.....	106
Додаток В Відомість графічної частини	

ВСУП

Актуальність. В будівельні галузі і на сам перед в промисловості будівельних матеріалів, подовжується рух в сторону впровадження виробництва ефективних будівельних технологій і матеріалів. Враховуючи актуальність зменшення енергетичних витрат при виробництві стінових матеріалів та важливість підвищення їх експлуатаційних властивостей на перші позиції в їх структурі стінових матеріалів вийшов автоклавний газобетон (АГБ). Його доля в структурі європейських країн становить 40-60%.

Житловий фонд України споживає 40% енергоносіїв, які використовуються в країні. На 1 м² житлової площі в Україні витрачається в 2-3 рази більше енергії ніж розвинених європейських країнах. Ціни на викопні вуглеводи (нафту, природний газ та вугілля) постійно зростають.

На сьогодні АГБ став загально вживаним стіновим матеріалом, який витісняє з будівельного ринку традиційні стінові матеріали (глиняну, силікатну цеглу, керамзит, керамзитобетон), які тривалий час використовувались для зведення, як зовнішніх, так і внутрішніх стін.. Автоклавний газобетон потребує менше енергозатрат на стадії виробництва ніж інші матеріали та є більш енергоефективним на стадії експлуатації в порівнянні з іншими традиційними матеріалами.

Виробництво газобетону почалося в кінці 50-х початку 60-х років минулого століття, коли були закуплені і побудовані 10 заводів польської поставки. Потужність такого заводу становила 1,5-1,6 млн. м³ / рік. В кінці 90-х роках працювало майже 100 заводів загальною потужністю 5,7 млн. м³ автоклавного газобетону, а з врахуванням республік Прибалтики всього вироблялось 6,6 млн. м³ цього матеріалу. Побудовані заводи випускали стінові блоки густиною 600-700 кг / м³, теплоізоляційні плити густиною 300 кг / м³, великорозмірні армовані вироби з щільністю 750-850 кг / м³ (стінові панелі житлових, промислових і сільськогосподарських будівель). До 1960 року в

колишньому СРСР вироблявся тільки пінобетон неавтоклавного тверднення, приблизно 100 тис м³. На сьогодні Україна займає 4 місце в Європі за обсягами виробництва автоклавного газобетону.

Будівлі світу використовують близько 40% всієї споживаної первинної енергії, 67% всієї електрики, 40% всієї сировини і 14% всіх запасів питної води, а також виробляють 35% всіх викидів вуглекислого газу і мало не половину всіх твердих міських відходів [1].

Відносні обсяги будівництва житла (м² / люд. в рік) в Україні протягом всіх років незалежності складали 0,13-0,24 м² / люд. в рік. Рекомендації ООН передбачають будувати - близько 1 м² на людину в рік. [2]. Війна, розв'язана росією проти України, привела до руйнації різних об'єктів.. Для відбудови необхідні насамперед стінові матеріали.

Зростання ефективності використання енергетичних ресурсів стало безальтернативно важливою світовою проблемою у зв'язку з глобальними змінами клімату та вичерпністю запасів викопних видів палива та зростанням їх вартості.

Україна, як і інші країни світу взяла на себе відповідні зобов'язання, зокрема, прийнято Закон України від 14.07.2016 «Про ратифікацію Паризької угоди», ухвалені інші урядові рішення які стосуються заходів зменшення викидів парникових газів у тому числі і за рахунок зростання податків на викиди CO₂.

Для будівництва сучасного житла, зокрема стін використовуються традиційні стінові матеріали. Такі стіни необхідно обов'язково утеплювати для забезпечення нормативних вимог термічного опору. Теплоізоляційні матеріали зазвичай застосовуються при утепленні всієї оболонки будівлі. АГБ слід розглядати як конструкційно-теплоізоляційний матеріал. У багатошарових огорожувальних конструкціях теплоізоляційні матеріали застосовують, як теплоізоляційний шар.

Теплоізоляційний шар залежно від типу та густини теплоізоляційних виробів, що використовують, можна виконувати: як одношаровим — на основі теплоізоляційних виробів одного типу та густини; багатшаровим — на основі двох або більше теплоізоляційних виробів різної густини та/або типу та комбінованим — на основі багатшарових теплоізоляційних виробів одного типу, виконаних із шарів різної густини, сполучених між собою за рахунок як хімічної, так і фізичної адгезії.

За узагальненими оцінками вітчизняних експертів, потенціал економії електроенергії в застарілих будинках і спорудах становить 50–65 %, теплової енергії — близько 50 % в порівнянні з тими об'єктами, що будувались в Україні раніше.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті відповідно до кафедральної науково-дослідної теми, яка стосується розробки і технології використання енергоефективних стінових будівельних матеріалів.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської роботи є дослідження технологій сучасного стану виробництва та використання автоклавних бетонів в сучасному будівництві житлових та громадських будівлях.

Задачі дослідження:

- дослідження сучасного стану будівництва житла та його енергетичного забезпечення;
- іноваційні підходи до проектування і будівництва житла з використанням сучасних енергоефективних матеріалів та виробів з автоклавних бетонів;
- технологія виробництва та використання конструкційно-теплоізоляційних і теплоізоляційних газобетонів при будівництві житлових будинків;
- розробка технології виробництва та використання енергоефективних іноваційних матеріалів при проектуванні і будівництві сучасних будівель.

Об'єкт дослідження. Підвищення енергоефективності сучасного будівництва та забезпечення його екологічної безпеки з використанням новітніх енерго-ефективних матеріалів.

Предмет дослідження. Будівельні процеси з використанням новітніх енергоефективних матеріалів у будівлях і спорудах.

Методи дослідження – використані сучасні методи та рекомендації нормативних документів України, рекомендацій міжнародних стандартів, що використовуються в країнах ЄС.

Наукова новизна: у роботі дістали подальший розвиток методи технологічні рішення зменшення енергомісткості виробництва автоклавного газобетону оптимізації проектування огорожувальних конструкцій з використанням ефективних АГБ.

Практична цінність роботи: Запропоновані технічні рішення які забезпечують економію енергії на стадії виробництва газобетону та його експлуатації, що сприяють зменшення викидів парникових газів.

Апробація результатів. Матеріали магістерської роботи доповідались на ЛІІІ Всеукраїнські науково-технічні конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету НТКП ВНТУ (2024).

1. Сердюк В. Р., Рудик С. В., Гоголь С.В. Використання традиційних та інноваційних теплоізоляційних матеріалів для утеплення стін житлових і громадських будівель. Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». ВНТУ. Том 4. 2024 №2.

2. Матеріали тез ЛІІІ НТК факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2024): С.В. Гоголь, В.Р. Сердюк. Підвищення ролі вікон при теплоізоляції фасадів будинків. Німецький досвід . Режим доступу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2024/schedConf/presentations>.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ БУДІВНИЦТВА ЖИТЛА В УКРАЇНІ

1.1 Реновація застарілого житлового фонду

Вирішення житлової проблеми, енергетичного забезпечення та утримання житлового фонду країни суттєво ускладнились через війну, яку розв'язала росія в 2022 році. В результаті обстрілів території України зруйновано та пошкоджено 10% від всього житлового фонду.

Типові 5-ти поверхові будинки зіграли істотну роль у вирішенні житлової проблеми в другій половині минулого століття. На сьогодні, через проблеми забезпечення ресурсів та в силу інших змін вони вже не відповідають багатьом сучасним вимогам.

«Хрущовки», як житловий фонд, це в основному, панельні 5-ти поверхові будинки, з холодним горищем, плоскою або двосхилою покрівлею, спрощеним рішенням у плануванні квартир, зношеними інженерними системами, не якісним тепловим захистом. Проектуючи їх з 1955 року та керуючись підписаною М. Хрущовим постановою «Про усунення надмірностей у проектуванні та будівництві», архітектори економили на усьому можливому: бетоні, розмірах кухонь (5 м²), висоті поверху (2,7 метрів), - практично відмовившись від підсобних приміщень та абсолютно ігноруючи критерій енергоефективності [3].

Основні втрати тепла такого будинку відбуваються через стіни (30-45%), вентиляцію (15-25%), дах, вікна (10-20%), підлогу та перекриття підвальних приміщень (10-15%), двері (1-6%) старих будівель. Продовження експлуатації таких будинків несе в собі не тільки надмірно високі витрати енергії на їх утримання але і некомфортні умови проживання мешканців.

У доповіді «Екологічний тягар хвороб, пов'язаних з незадовільними житловими умовами» [4] наголошено, що кожного року в європейському

регіоні незадовільне житло стає причиною понад 100 тис. смертей, викликає численні хвороби і травми, зокрема захворювання дихальної, нервової та серцево-судинної систем, а також появу злоякісних новоутворень.

В Україні на одного жителя приходить 24,4 м² житла. Згідно з останніми консолідованими даними за 2018 рік в середньому в країнах Європи забезпеченість житлом становить близько 40 м² на людину. Приблизно 75–80 % населення розвинених країн проживає в малоповерхових індивідуальних будинках, або таунхаусах. В окремих містах до 40-45% населення проживає в найманих житлових будинках.

Щорічні абсолютні обсяги будівництва житла в Україні постійно змінюються (рис. 1.1).

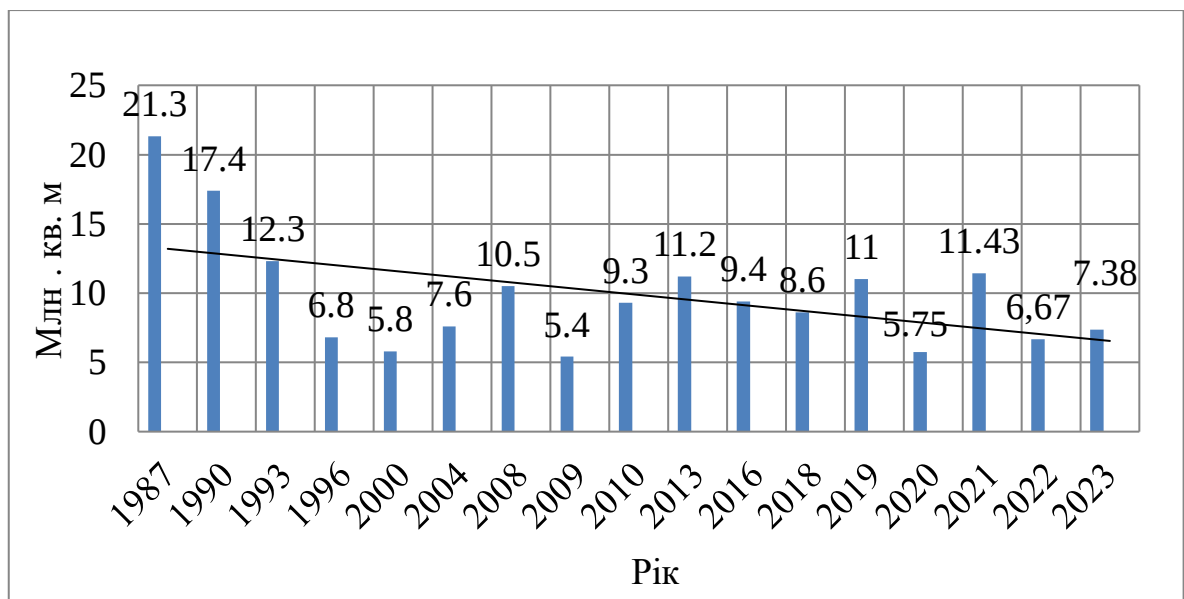


Рисунок 1.1 Динаміка будівництва житла в Україні.

Незабезпеченість житла сучасними зручностями, особливо засобами комунікації, істотно звужує можливості доступ до дистанційної зайнятості та навчання, яке стрімко зростає. Відсутність задовільних житлових умов опосередковано загострюють соціально-демографічні проблеми, погіршуючи стан соціального середовища.

Низька забезпеченість житлом, скрутність негативно впливають на психофізичний стан людини, сімейні стосунки, народження і виховання дітей. За даними [5] у найбільш розвинених країнах світу на одну особу припадає 2,1-1,9 кімнати, в Україні лише 0,4 кімнати, а за даними інших джерел - до 0,9 кімнати.

В порівнянні з європейськими країнами в Україні постійно відчувається дефіцит житла та інших приміщень, які відносяться до сфери послуг. Відомо, що у розвинених країнах світу частка сфери послуг у структурі ВВП перевищує 70%, у ній зайнято понад 60% робочої сили.

За офіційними статистичними даними в Україні на одного жителя приходить 24,4 м² житла. (рис. 1.2). Статистичні дані свідчать що з року в рік середня забезпеченість житлом жителів в Україні дуже повільно зростає і це відбувається на фоні депопуляції населення.

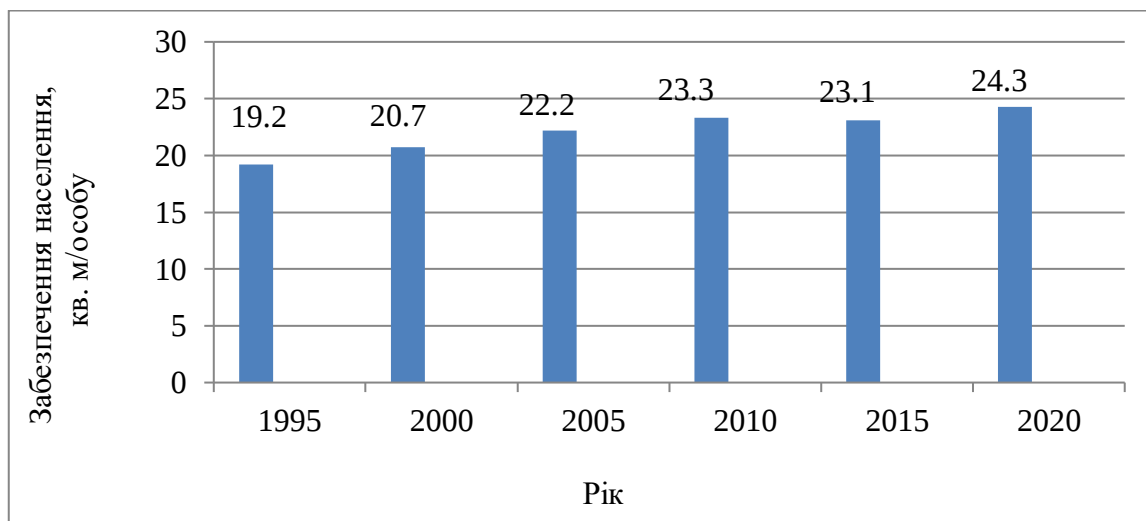


Рисунок 1.2 Динаміка показника забезпечення населення України житлом.

Згідно з останніми консолідованими даними в середньому в країнах Європи забезпеченість житлом становить близько 40 м² на людину. Найкращі показники забезпечення населення житлом мають країни Північної Європи: у Норвегії, Данії і Швейцарії забезпеченість житлом становить близько 55 м², у

Франції, Німеччині і Великобританії – близько 45 м² на одну людину. Ще одна особливість європейського ринку житла - це пріоритет моповерховому житлу.

За данми офіційної статистики лідером в забезпечені населення житлом є Вінницька область (32 м²/люд), в столичні області забезпеченість населення житлом становить 37 м²/люд, тоді як у самому Києві на людину приходитьсся лише 20 м².

Огороджувальні конструкції зовнішніх стін житлових будинків 1960–1980 років будувались з використанням переважно керамзитобетонних стінових панелей та повтонілої цегли керамічної і силікатної густиною 1400-1900 кг / м³, стінових пустотних блоків, які характеризуються високим коефіцієнтом теплопровідності.

В роботі [6] на прикладі, показано «руйнівну логічну цепочку», яка виникає в умовах відсутності належної державної підтримки енергозбереження. Відсутність обігових коштів та можливості залучення доступних кредитних ресурсів, через високий банківський відсоток, унеможлиблює реалізацію енергоефективних проектів. Діюча система оподаткування знецінювала для підприємства ефект від реалізації енергозберігаючих проектів. При цьому велика роль мала відводитись регіональним фондам енергозбереження, але через «фінансовий голод» і постійні інфляційні процеси фонди не виконували в повній мірі тих завдань, які були покладені на них. [7].

За даними [8] термічний опір стіни застарілих будинків становить лише 0,35-0,83 (м² • °С) / Вт (табл. 1.1), що в рази нижче нормативних вимог діючих на сьогодні ДБН. При чому, показники чинних ДБН В.2.6-31:2021 з великим запізненням були введені в дію в Україні лише в 2022 році.

Показники нормативних вимог термічного опору огороджувальних конструкцій будинків з введенням в дію в 2022 році ДБН були в середньому збільшені на 20% відносно паказників попередніх ДБН В.2.6-31:2016, але вони лише наблизились до показників європейських стандартів.

Таблиця 1.1 Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій зовнішніх стін житлових будинків 1960 – 1990 років побудови.

пп	Тип огорожувальної конструкції стіни	Товщина стіни, мм	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
1	З легкого бетону	300-350	0,74-0,83
2	Тришарові панелі з ефективним утеплювачем	300-350	0,8-0,9
3	Двошарові панелі	350	0,7
4	Ніздрюватий бетон	300-350	0,74-0,84
5	Цегла керамічна, силікатна густиною 1400-1650 $\text{кг} / \text{м}^3$	380-510	0,78-1,0
6	Цегла керамічна, силікатна густиною більше 1650 $\text{кг} / \text{м}^3$	380-510	0,63-0,79
7	Полегшене цегляне мурування густиною менше 1400 $\text{кг} / \text{м}^3$	380	0,89

Департаментом обстежень домогосподарств Держстату України в 2020 році були проведені вибіркові обстеження умов життя домогосподарств в міській місцевості з оцінкою термінів побудови житла.

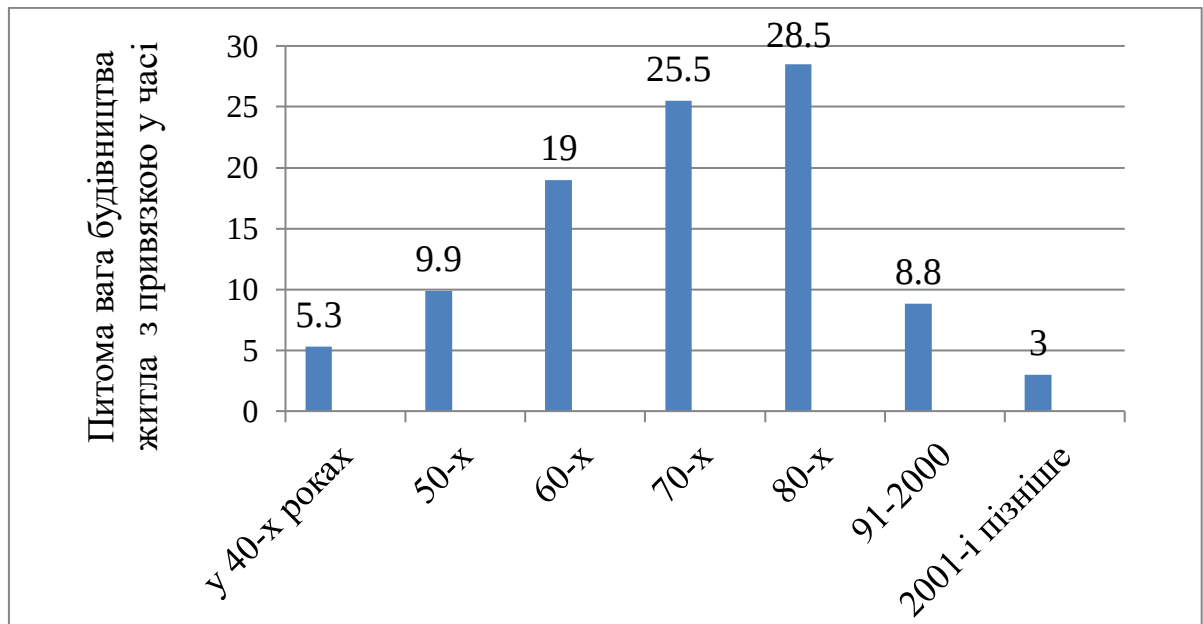


Рисунок 1.3 Результати вибірових обстежень будівництва житла у часі.

Як видно з рис. 1.3 фактично 70% населення проживає в будинках побудованих в 60-80 роках.

По аналогії з країнами ЄС Держстатом України було проведено розподіл домогосподарств за ступенем задоволення своїми житловими умовами. В табл.1.2 приведені результати оцінки самими домогосподарствами ступеня задоволення своїми житловими умовами. Дослідження проведені Держстатом України в 2020 році в 14784,3 тис. домогосподарств по аналогії з вимогами країн ЄС [9].

Таблиця 1.2. Розподіл домогосподарств за ступенем задоволення своїми житловими умовами.

№пп	Оцінка задоволення житловими умовами	Великі міста	Малі міста	Сільська місцевість
1	Дуже не задоволені	1,9	2,9	4,1
2	Не задоволені	7,6	9,6	14,8
3	Не дуже задоволені	23,3	28,1	30,2
4	Задоволені	64,5	58,1	48,9
5	Дуже задоволені	2,7	1,3	2

Як видно з табл.1.2 у великих і малих містах приблизно 60% домогосподарств задоволені своїми житловими умовами, решта - не дуже задоволені і не задоволені, а частка дуже незадоволених становить лише 2-3%.

В певній мірі отримані результати Департаментом обстежень домогосподарств Держстату не можуть сприйматись однозначно по причині певної невідповідності і відсутності кореляції впливу вартості комунальних послуг на задоволення житловими умовами.

На сьогодні результати опитувань через війну та утворення великої кількості внутрішньо переміщених осіб(ВПО) в нутрі країни та більше 6 млн українців, які виїхали за межі країни кардинально змінили ступень задоволення населення своїми житловими умовами.

Порівняння нормативних показників термічного опору стін України з аналогічними показниками європейських країн і, що не менш важливо, з

термінами їх прийняття показує, що Норвегія, Данія, Швеція, інші європейські країни навіть з більш теплішим кліматом підвищили показники термічного опору стін до $5,0\text{--}5,55 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ще в 2006-2008 роках. В Україні цей показник з великим запізненням був підвищений лише в кінці 2022 року до $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ для першої кліматичної зони і до $3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ для другої кліматичної зони (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Порівняльні нормативні показники термічного опору огорожувальних конструкцій будівель.

Країна	Німеччина	Данія	Великобританія	Норвегія	Швеція	Фінляндія	Україна
Рік прийняття	2009	2006	2010	2007	2008	2010	2022
Стіни	3,57	5,00	5,55	5,56	5,56	5,88	4,0-3,5
Покрівля	5,00	5,56	6,67	7,69	7,69	11,11	6,0-5,5
Вікна	0,77	0,67	0,67	0,83	0,76	1,0	0,75-0,6
Підлога	2,86	6,67	4,76	6,67	6,67	5,88	4,95-4,5

Очевидно, що в 2022 році при введенні в дію нових ДБН В.2.6-31:2021 необхідно було не збільшувати по факту нормативи на 16-20%, а наблизити їх до показників європейських країн, які були прийняті ще в 2006–2008 роках. При цьому слід зазначити, що розміри українських нормативів лише наблизились до нормативів європейських країн.(табл. 1.3 і табл. 1.4).

Існуючий житловий фонд побудований до 1990 року будувався за показниками нормативних вимог термічного опору стін $0,9\text{--}1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, тобто, був в 4 рази нижче чинних на сьогодні вимог ДБН В.2.6-31:2021.

Лише в 2006 році при введенні в дію ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» була скасована чинність радянських СНиП II-3-79, які передбачали показник термічного опору стін для першої зони $2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ і другої - $2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$. Таким чином, житло, що будувалось в незалежній Україні за показниками нормативних вимог не було

зорієнтоване на європейські стандарти. Отже житло, яке будувалось і утеплялось до і з 2006 року на сьогодні не відповідає сьогоденним вимогам і теоретично потребує до утеплення.

Таблиця 1.4 Нормативні вимоги термічного опору відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».

	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{\min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	4,0 (3,3)*	3,5 (2,8)
2	Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	7,0 (6,0)	6,0 (5,5)
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу, закслених балконів та лоджій, горищні перекриття неопалювальних горищ	6,0 (4,95)	5,5 (4,5)
4	Перекриття, що межують з зовнішнім повітрям, та над неопалювальними підвалами	5,0 (3,75)	4,0 (3,3)
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції для зовнішніх огорожень приміщень із коефіцієнтом скління	$m_{\text{ск.пр}} \leq 0,3$	0,75 (0,75)
		$0,3 < m_{\text{ск.пр}} \leq 0,5$	0,9 (0,75)
		$0,5 < m_{\text{ск.пр}} \leq 0,8$	1,10 (0,75)
		$m_{\text{ск.пр}} > 0,8$	1,3 (0,75)
6	Зенітні ліхтарі	0,8 (-)	0,7 (-)
7	Зовнішні двері	0,75 (0,6)	0,6 (0,5)

*Примітка: в скобках приведені показники попередніх відмінених ДБН В.2.6-31:2016

Україна, в порівнянні з іншими європейськими країнами з запізненням десь в 15 років ввела більш прогресивні показники норм термічного опору огорожувальних конструкцій.

Оскільки застаріла будівля втрачає до 50% тепла через стіни, тому утеплення фасадів багатоповерхових будинків є невід'ємною і важливою складовою збереження тепла, водночас є єдиним і найбільш вагомим і ефективним заходом зменшення рахунків за комунальні послуги.

Відставання у термінах введення підвищених показників нормативних вимог термічного опору огорожувальних від європейських країн привело до

необхідності самовільного «кляптикового» утеплення за рахунок власників окремих квартир в багатоповерхових будинках (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 Зовнішній вигляд «кляптикового» утепленого фасаду будинку. (м. Вінниця, 2024р)

«Кляптикове» утеплення будинків псує загальний вигляд фасаду багатоповерхових будинків, фактично не забезпечує реальної економії енергоносіїв на рівні теплогенеруючих потужностей міст, хоча в утеплених квартирах за всіх інших стабільних параметрів опалення внутрішня температура зростає на 1-2 °С.

Традиційні системи зовнішнього утеплення будинків передбачають використання пінополістиролу, мінеральної вати, базальтової вати і в меншій мірі інших теплоізоляційних матеріалів.

Термін «реновація», в широкому сенсі це процес, в результаті якого старі будови реконструюються, модернізуються або відновлюються. На сьогодні через війну будівлі мають відбудовуватись від наслідків руйнувань. З економічної точки зору, реновація - це інвестиційний проект в якому задіяні проектант, експерти, будівельники та інших виконавці робіт, дії яких спрямовані на оновлення житлового фонду і вирішення соціально-економічних завдань відновлення житла.

Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» визначає правові, соціально-економічні та організаційні засади діяльності у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель спрямований на зменшення споживання енергії у будівлях [10].

Ще з 2006 року діє Закон про комплексну реконструкцію кварталів застарілого житлового фонду, проте на практиці він так і не запрацював. Однією з причин стало те, що в ньому була прописана обов'язкова згода на переселення всіх 100% людей, що проживають в будинку. Досягнути цього було практично не можливо, передбачалась наявність фонду відселення. Відсутність державної підтримки та високий півень запозичених коштів «заморозили» дію цього закону. Характерно і те, що це було відомо на ще стадії введення Закону в дію.

Стандарт житлового будинку, в якому надземні конструктивні елементи, фундамент (або будинок в цілому) обмежено виконують свої функції і фізичний знос будинку становить 61-80% визначається як старий будинок, а аварійним є житловий будинок, у якого фізичний знос будинку становить 81-100%.

Реконструкція житлового фонду побудованого в 60-80 х роках відбувається повільно, в основному шляхом знесення або добудови поверхів, терас, балконів, лоджій, надбудови мансард і підвищення поверховості, застосуванням об'ємно-планувальних рішень для збільшення корисної площі, зміни архітектурного вигляду будівлі, переходу на більш економічні інженерні мережі з використанням нових прогресивних матеріалів.

Кожна країна приймала для себе раціональні організаційні та технологічні рішення реновації застарілого житла. Наприклад, в Німеччині програма реновації житлового фонду інтенсивно тривала близько 20 років в кілька етапів і продовжується сьогодні. Деякі будинки зносили, використовуючи будівельні відходи для влаштування доріг. В інших будинках проводився капітальний ремонт, який покращував планування квартир, деякі «хрущовки»

перетворювались в 3-4-поверхові, з великими терасами і сучасною архітектурою. Належна увага приділялась реконструкції інженерних мереж.

Організаційне забезпечення реалізації енергозбереження.

Розпорядженням КМУ від 29 січня 2020 року № 88-р затверджена нова Концепція реалізації державної політики в сфері забезпечення енергоефективності будівель та Національний план збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівня споживання енергії (НСЕБ). Протягом 2020-2030 років планувався перехід до будівництва нових та реконструкції існуючих будівель з дотриманням високих стандартів з енергоефективності і отримання будівель із наближеним до нульового рівня споживання енергії.

На першому етапі протягом 2020–2025 років передбачається створення нормативно-правової бази, встановлення норм технічного регулювання, на другому етапі 2025–2030 років має відбутись перехід до обов'язкового дотримання стандартів НСЕБ. Реалізація концепції НСЕБ вимагає одночасно і наявності відповідної ресурсної бази та впровадження ВДЕ.

Ще в 2017 році Верховна Рада ухвалила Закон «Про енергетичну ефективність будівель». Одним з головних нововведень цього документу стало впровадження сертифікатів, в яких відображається рівень споживання енергії об'єктом будівництва. В сертифікаті крім адреси будівлі зазначаються дані про її функціональне призначення, фактичне енергоспоживання, обсяг викидів парникових газів, а також клас енергоефективності.

Наказом Мінрегіонрозвитку будівництва та ЖКГ України № 172 від 11.07.2018 року затверджений Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката. Сертифікація енергетичної ефективності є обов'язковою для: об'єктів будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту), що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (СС2) та значними (СС3); будівель державної власності з опалюваною площею понад 250 м²; будівель з органи місцевого самоврядування; будівель, в яких здійснюється

термомодернізація, на яку надається державна підтримка та яка має наслідком досягнення класу енергетичної ефективності будівлі не нижче мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі. Фонд енергоефективності відшкодовує 70% витрат на проведений енергоаудит житлового будинку де функціонує ОСББ.

Більше 20 років тому в скандинавських країнах розпочалось масштабне використання утеплення будинків методом вентильованого фасаду. На сьогодні ця технологія швидко поширилась в інших країнах, як надійна і довговічна. Ця технологія являється значно дорожчою, передбачає влаштування утеплення та облицювання фасаду з використанням металевих навісних каркасів, який кріпиться до стіни і елементів фіксації облицювальних плит (керамограниту, алюмінієво-полімерних, та інших). [11].

Прискорення термомодернізації житлового фонду і особливо «хрущевок» не може бути відтерміновано. Урядом України схвалено Концепцію реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 р., прийнято Стратегію низьковуглецевого розвитку до 2050, в якій поряд з базовим (консервативним) сценарієм змодельовані декілька сценаріїв скорочення викидів парникових газів та використання викопних видів палива.

Застарілий житловий фонд в післявоєнні роки будувався з використанням переважно керамзитобетонних стінових панелей і повнотілої глиняної цегли. На сьогодні типові панельні будинки «хрущовки», частково утеплені спотворюють фасади будинків сучасних міст і являються джерелом надмірних витрат енергетичних ресурсів.

Крім пілотних проектів, які були реалізовані за підтримки міських бюджетів масштабна реновація застарілих будинків так і не розпочалася. З великим запізненням на сьогодні розроблена нормативна база реновації застарілого житла.

1.2 Енерго-екологічні вимоги до сучасного будівництва

В звіті, який щорічно публікує Всесвітній економічний форум, «Доповідь про індекс ефективності глобальної енергетичної системи», за 2019 рік зазначено, що за співвідношенням витрат на імпорт енергоносіїв і ВВП Україна посіла 122 місце серед 127 країн, а за витратами енергії на одиницю ВВП — 119 місце.

Застосування виробів з енергоефективного автоклавного газобетона АГБ в сучасних стінах дозволяє підвищити їх теплотехнічні властивості, знизити навантаження на фундаменти, збільшити продуктивність праці.(табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Фізико-механічні та теплотехнічні характеристики автоклавного газобетону марки D400 і D500.

Марка за густиною	D400	D500
Об'ємна щільність, що нормується, кг/м ³	400	500
Клас за міцністю на стиск	C 2,0	C2,5
Коефіцієнт теплопровідності в сухому стані, [Вт/(м · °С)]	0,096	0,12
Коефіцієнт теплопровідності при вологості 4%, [Вт/(м · °С)]	0,113	0,141
Коефіцієнт теплопровідності при вологості 5%, [Вт/(м · °С)]	0,117	0,147
Усадка при висиханні, [мм/м], не більше	0,3	0,3
Марка з морозостійкості	F 35	F 35
Коефіцієнт паропроникності, μ [мг/м•год•Па]	0,23	0,20
Відхилення від заданих геометричних розмірів:		
довжина, [мм], не більше	2	2
ширина, [мм], не більше	1	1
висота, [мм], не більше	1	1

Підвищення енергоефективності будівель вирішується шляхом реалізації цілої низки різноманітних заходів, сприяє зменшенню енергетичної

залежності країни, сприяє декарбонізації всієї економіки країни, дозволить збільшити відносні обсяги будівництва житла.

Україна за всі роки незалежності так і вийшла на стабільний показник 50% загальних обсягів будівництва житла «кращого» 1987 року, коли було побудовано 21,2 млн. м² житла. Відносні обсяги будівництва житла м² / люд. в рік являються визначальним показником стану будівництва та добробуту суспільства. Україна має величезні резерви до зростання обсягів будівництва, зокрема, в Україні будується лише 0,17 – 0,24 м² / люд. в рік, що в 2,5–3,5 рази менше ніж в окремих пострадянських країнах (0,5-0,83 м² / люд в рік). Лідером на пострадянському просторі являється Казахстан – 0,88 м²/люд. Міжнародні стандарти ООН передбачають необхідність будівництва біля 1 м² на людину в рік. Саме за таких обсягів будівництва на ринку відбувається певна збалансованість попиту і пропозиції житла, що забезпечує більшу доступність житла для населення та зменшує його корупційну складову.[12].

В сучасному будівництві автоклавний газобетон займає особливе місце. Його доля в структурі стінових матеріалів європейських країн становить 40-60%, в Україні майже 55%. З 2000 по 2021 рік обсяги виробництва газобетону зросли в Україні в 46 раз, він стрімко витісняє з будівельного ринку традиційні високоенергозатратні на стадії виробництва стінові матеріали – глиняну та силікатну цеглу, керамзит та керамзитобетонні вироби.

За всю відносно нетривалу історію існування автоклавного газобетону (приблизно 70 років) постійно зберігається тенденція до зменшення його щільності зі збереженням його міцності. Цю проблему постійно вирішують виробники газобетону і науковці. Якщо на момент розпаду СРСР стінові блоки з газобетону мали середню щільність 643 кг/м³, то за останні 30 років на сучасних заводах його середня густина зменшилась приблизно до 500 кг/м³, а кращі європейські і вітчизняні компанії виробляють його з густиною 300-400 кг/м³ з класом міцності C1,5-C2,0. На виробництво 1м³ газобетону необхідно 320 кВт · год, традиційної цегли 900 кВт · год, пустотілої - 600 кВт · год.

Порівняння основних експлуатаційних характеристик традиційних стінових матеріалів з АГБ свідчить про те, що його теплопровідність в 5-6 раз нижче ніж інших традиційних стінових матеріалів. (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Порівняльні показники виробництва та основних властивостей стінових матеріалів [25].

Показник	Од. вим.	Цегла		Керамзитобетон	Газобетон
		глиняна	сілікатна		
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

З огляду даних табл. 1.6 переваги такого стінового матеріалу як газобетону в порівнянні з традиційними стіновими матеріалами цілком очевидні. Такий будівельний матеріал, як керамзитобетон фактично зник з будівельного ринку і не тільки України але і інших пострадянських країн.

За теплофізичними показниками та енергоємністю виробництва автоклавний газобетон значно перевищує традиційні стінові матеріали, його теплопровідність в 5-6 раз нижча ніж традиційних стінових матеріалів, енергоємність виробництва практично в 2 рази менше ніж традиційної глиняної цегли.

Завдяки своїм пожежобезпечним властивостям, відсутності емісії шкідливих речовин на стадіях виробництва, експлуатації та при пожежі, відносно низькій вартості вироби з газобетону стають масовими і перспективними, особливо це стосується малоповерхового житла – до 3-х поверхів та висотних будинків (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 Використання газобетону в малоповерховому житловому будівництві

Як відомо, в собівартості будівельного об'єкту 50-60% приходить на будівельні матеріали та вироби, а у вартості самих будівельних матеріалів енергетична складова становить приблизно ті ж самі 50-60%. В умовах енергетичної кризи актуальність і важливість енергетично складової у виробництві будь якого матеріалу ще більше зростає.

Найбільш енергозатратними будівельними матеріалами являється виробництво цементу та арматури. За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) виробництво цементу в світі відповідає за 8% світових викидів вуглекислого газу, виробництво 1 т цементу приводить до викидів майже 1т вуглекислого газу, а виробництво 1 т металу – до викидів 2 т вуглекислого газу.

На сьогодні Україна є енергетично та імпортозалежною державою. За даними Державної митної служби лише за 2020 рік імпортовано енергетичних ресурсів на загальну суму близько 7,5 млрд доларів.

Ключове завдання Енергетичної стратегії України до 2050 року перетворити Україну на енергетичний хаб Європи, який допоможе континенту остаточно позбутися залежності від російського викопного палива завдяки виробленій в нашій країні чистій енергії. Уряд передбачає наростити потужності енергетики до 2050 року:

- вітрової генерації – до 140 ГВт;
- сонячної – до 94 ГВт;
- накопичувачів енергії (energy storage) – до 38 ГВт;
- атомної генерації – до 30 ГВт;
- ТЕЦ та біоенергетичних потужностей – до 18 ГВт;
- гідрогенерації – до 9 ГВт

Стрімке зростання в енергобалансі країн світу частки виробництва енергії з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) не може в одночасі забезпечити збалансовану роботу енергосистеми при швидкому виведенні з експлуатації вугільних теплових та електростанцій.

В умовах постійного зростання вартості енергоносіїв і проблем, пов'язаних з викидами парникових газів, особливої уваги набуває питання зростання виробництва саме енергоефективних конструкційно-теплоізоляційних і теплоізоляційних матеріалів. Існує гостра 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 дармові втрати енергії становлять приблизно \$2 млрд в рік.

Глобальне зростання температури через надмірне спалювання викопних видів палива (кам'яного вугілля, нафтопродуктів, природного газу) мобілізує світову спільноту до зростання використання ВДЕ та переходу до «зеленого» будівництва.

Україна перебуває лише на початковому етапі розвитку «зеленого» будівництва, метою якого є досягнення нової сталої та ефективної моделі економіки до 2050 року. Державні плани базуються на раціональному використанні природних ресурсів. Проблеми будівництва житла суттєво ускладнились через війну та руйнування 10% існуючого житлового фонду, втрату енергетичних потужностей та імпорту природного газу для хімічного виробництва.

«Зелене» будівництво, перш за все, є процесом зведення та експлуатації будівель, з націленістю на оптимальне споживання матеріальних та енергетичних ресурсів, за умови забезпечення якості будівель та комфортабельності їхнього внутрішнього середовища. «Зелена» будівля передбачає ефективний розподіл ресурсів на тепло-, водо-, енергозабезпечення, вентиляцію будівель. Звання «зеленої» будівлі присуджується лише в умовах пройденої спеціальної сертифікації.

На даний момент основними міжнародними добровільними стандартами зеленого будівництва є: BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Стандарт розроблено у Великобританії у 1990 році, понад 115 тис. сертифікованих об'єктів. Акцент у цьому стандарті зроблено на екологічність будівельних матеріалів та LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Стандарт розроблений в США в 1993 році. Акцент у цьому стандарті зроблено на енергоефективність.

За даними [13] будівлі світу використовують близько 40% всієї споживаної первинної енергії, 67% всієї електрики, 40% всієї сировини і 14% всіх запасів питної води, а також виробляють 35% всіх викидів вуглекислого газу і мало не половину всіх твердих міських відходів.

Значний резерв енергозбереження, ресурсозбереження в економіці в цілому приходить саме на фондоутворюючу галузь – на будівництво. На рівні уряду систематично приймаються постанови, укази які не виконуються через економічні та інші проблеми.

Виробництво традиційного стінового матеріалу через високу його енергоємність – керамзиту скоротилось в Україні практично до нуля,. З 2000 року по 2022 рік в 46 раз зросли обсяги виробництва основного конструкційно-теплоізоляційного стінового матеріалу – газобетону автоклавного тверднення, зросла доля конструкційно-теплоізоляційних матеріалів. Загальні обсяги виробництва традиційної глиняної цегли скоротилось більше ніж в 10 раз.

В розвинених країнах Європи виготовляється ефективні керамічні вироби, щорічно на 6–7% зростають обсяги виробництва автоклавного газобетону. В Україні, на відміну від США, Канади інших європейських країн, так і не прижилось будівництво будинків з використанням енергоефективних СПП панелей.

За багато чисельними даними відомо, що на виробництво 1м^3 газобетону необхідно витратити 320 кВт·год енергії, цегли звичайної 900 кВт·год, пустотілої 600 кВт·год.

З досвіду європейських країн найбільш дієвим механізмом енергозбереження являється оподаткування викидів парникових газів, які утворюються при спалюванні викопних видів палива (кам'яного вугілля, нафти і нафтопродуктів, природного газу). З 2019 року в Україні податки на викиди CO_2 спочатку зросли в 25 раз, а з 2020 ще в 3 рази [14]. Досвід розвинених європейських країн свідчить про цей податок являється найбільш дієвим механізмом енергозбереження і стимулом до енергомодернізації роботи підприємств. Щоб стимулювати промисловість до зменшення споживання енергії та викидів парникових газів в країнах ЄС діють високі податки на викиди вуглекислого газу.(табл. 1.7) Це впливає і на енергоємність ВВП.

Таблиця 1.7. Показники енергоемності ВВП та частки ВДЕ в енергобалансі окремих європейських країн станом на 2019 рік.

Країна	Ставка податку, євро / т	Рік введення	Енергоемність ВВП, тне / тис. дол	Частка ВДЕ в енергобалансі, %, 2019 рік
Швеція	108,81	1991	0,09	56,4
Норвегія	48,46	1991	0,07	74,6
Данія	23,77	1992	0,05	37,2
Латвія	9,14	1995	0,08	41,0
Словенія	17,37	1996	0,09	22,0
Естонія	1,93	2000	0,11	31,9
Франція	44,81	2009	0,08	17,2
Україна	0,37	2011	0,3	8,1
Великобританія	20,12	2013	0,11	12,3
Німеччина	25,00	2021	0,07	17,4

*Carbon Taxes in Europe Total energy supply (TES) by source, World 1990-2018

Як видно з табл. 1.7 в середньому величина екологічного податку на парникові гази в європейських країнах коливається в межах €30-60 за т викидів CO₂. В окремих країнах ставка такого податку дуже висока: у Швеції - €140 за 1 т, у Швейцарії - €87, в Україні – 30грн/т CO₂.

Збільшення концентрації вуглецю в атмосфері є основною причиною глобального потепління. Основним джерелом викидів вуглецю є саме спалювання викопних природних вуглеводів.

До основних парникових газів, що підлягають моніторингу, відноситься двоокис вуглецю (CO₂), метан (CH₄), закис азоту (N₂O), гідрофторвуглець (ГФВ), перфторвуглець (ПФВ), гексафторид сірки (SF₆). Гексафторид сірки (SF₆) потужніше парникового газу ніж CO₂, в 24300 разів. Багато науковців до парникових газів відносять водяні пари.

За підрахунками МЕА обсяг викидів CO₂ вугільними ТЕС світу становить 1,1 кг/(кВт · год), в ЄС — 0,868 кг/(кВт · год), а за усередненими даними на застарілих вітчизняних ТЕС до 1,4 кг на 1 кВт · год. За таких умов відбудовувати застарілі теплові електростанції, що зруйновані в результаті

рекетних обстрілів і працювали на кам'яному вугіллі в перспективі буде не доцільно.

Саме тому в найблищі 5-10 років уряд України планує будувати електричні станції, які працюватимуть на ВДЕ та гідроакумулюючі станції. Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» від 12.12.2019 та Постанова КБМУ від 23 вересня 2020 року № 960 «Про затвердження Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів» [15] передбачає узгодження законодавства України зі стандартами ЄС, впровадження положення Директив № 2003/87/ЄС [16] та № 2004/101/ЄС [17], а також виконання вимоги Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та Паризької угоди, яку Україна підписала в 2015 році.

Співвідношення обсягу викидів вуглецю до ВВП за рік (CO_2 у т/ВВП в \$млн) є узагальнюючим показником оцінки «зеленої» економіки.

До 2019 року за всю історію спостережень 2019 рік був другим найспекотнішим роком в історії людства. Кожне десятиліття, починаючи з 60-х років минулого століття, було тепліше, ніж десятиліття раніше, а минуле десятиліття стало найтеплішим за всю історію [18].

За даними, наведеними в доповіді Global Emissions Gap Report у 2018 році, в атмосферу було викинуто 55,3 гігатон парникових газів, у 2017 році 53,5 гігатон. Європарламент закликає ЄС як найшвидше, але не пізніше 2050 року, подати стратегію досягнення кліматичної нейтральності на розгляд Конвенції ООН про зміну клімату. Європарламентарі закликають Європейську комісію включити цільовий показник скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року до європейського «Зеленого договору».

В 2023 році планета відзначила свій найтепліший рік за всю історію спостережень, але новий пік може бути перевищений вже 2024 року. Щорічно температура суші та океану підвищувалася із середньою

швидкістю $+0,13\text{ }^{\circ}\text{F}$ або $+0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$. На рис.1.6 приведена динаміка зростання температури Землі[19].

На рис. 1.6 приведена динаміка зростання середньорічні зміни глобальної температури, яка стрімко зростає за останні 100 років і пов'язана з діяльністю людини.

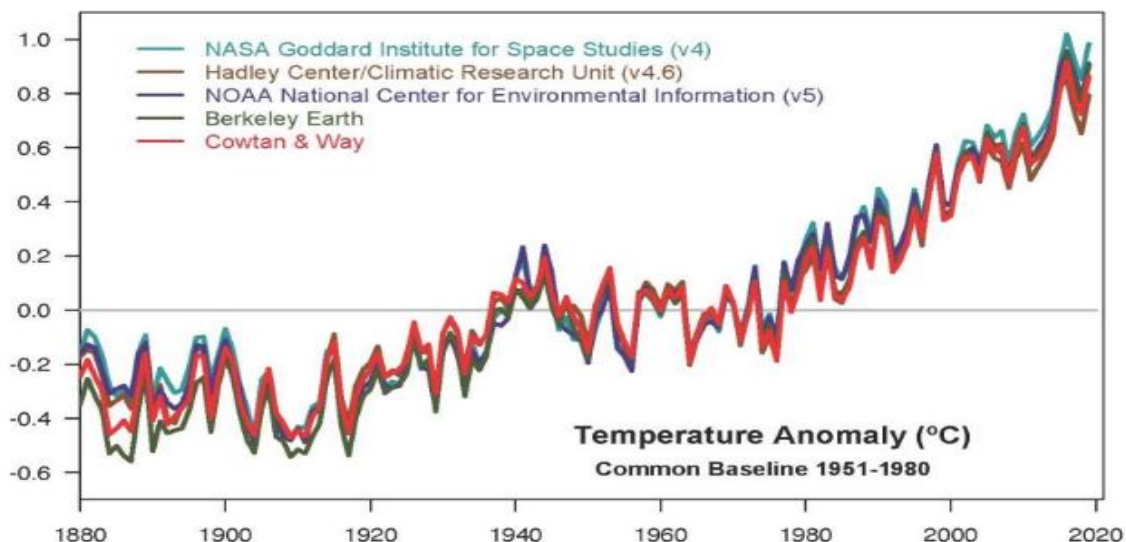


Рисунок. 1.6 – Средньорічні зміни середньої глобальної температури.

Fig. 1. The average change in the average global temperature of the Earth.

В Україні вперше офіційно податок на викиди CO_2 було введено у 2011 році, він був складовою екологічного податку, його ставка була символічною — від 0,26 грн до 0,41 грн за тону викидів CO_2 і цей податок «розчинявся» в бюджеті країни. Лише з 1 січня 2019 року ставка цього податку почала зростати - до 10 грн за тону викидів, в 2020 році до 30 грн за т CO_2 . В Європейській комісії вважають, що зростання податку на викиди парникових газів для його відчутності на обмеженні спалювання вуглеводів в Україні мало б стартувати з 4 євро/т.

На думку багатьох науковців найважливішу роль під час створення парникового ефекту виконує: водяна пара (H_2O), на другому місці стоїть CO_2 , потім слідує метан (CH_4), закис азоту (N_2O), гідрофторвуглеці (ГФУ),

перфторвуглеці (ПГУ), гексафторид сірки (SF_6), тропосферний озон (O_3).

Таблиця 1.8 – Коефіцієнти викидів CO_2 при спалюванні тони палива.

Види палива	Викиди CO_2	Види палива	Викиди CO_2
Природний газ	1,85 т CO_2 /(тис. м^3)	Камяне вугілля	2,7–2,8 т CO_2 /т,
Торф	~1,5 т CO_2 /т	Паливний мазут	3,1 т CO_2 /т
Автомобільний бензин	3,0 т CO_2 /т або 2,1–2,3 кг CO_2 /л	Дизельное паливо	3,15 т CO_2 /т або 2,6–2,8 кг CO_2 /л
Авіаційний керосин	3,0 т CO_2 /т або 2,1–2,3 кг CO_2 /л	Древесне паливо	*Викиди рівні нулю

* При спалюванні деревини і рослинних відходів викиди CO_2 приймаються рівними нулю, оскільки CO_2 бул раніше поглинений з атмосфери в процесі росту рослини.

За останні десять років (2012-2022 роки) Україна покращила свій індекс екологічної ефективності на 6,20 [32]. Індекс екологічної ефективності використовується для оцінки переваги, здобутків держави з іншими країнами.(табл. 1.9). Платниками податку за викиди CO_2 в Україні стануть суб'єкти, що викидують більше 500 т в рік. Враховуючи досвід європейських країн плата за викиди обов'язково найде відображення на автомобільній промисловості.

Сталий розвиток охоплює політичну, економічну, екологічну та соціальну сфери діяльності суспільства. Індикатори сталості повинні відповідати таким основним критеріям: мати можливість використання на макрорівні в національному масштабі; поєднувати екологічні, соціальні та економічні аспекти; бути прозорими і мати однозначну інтерпретацію для осіб, які приймають рішення; мати кількісне вираження; спиратися на існуючу систему національної статистики і не вимагати значних затрат для збору інформації і розрахунків; бути репрезентативними для міжнародних співставлень; мати можливість оцінки у часовій динаміці тощо [33].

Таблиця 1.9 – Рейтинг країн світу за індексом екологічної ефективності.

Країна	2022		2020		2018	
	Рейтинг	Значення	Рейтинг	Значення	Рейтинг	Значення
Данія	1	77,9	1	82,5	3	81,6
Велика Брит	2	77,9	4	81,3	6	79,89
Фінляндія	3	76,5	7	78,9	10	78,64
Мальта	4	75,2	23	70,7	4	80,90
Швеція	5	72,7	8	78,7	5	80,51
Люксембург	6	72,3	2	82,3	7	79,12
Словенія	7	67,3	18	72	34	67,57
Австрія	8	66,5	6	79,6	8	78,97
Швейцарія	9	65,9	3	81,5	1	876,42
Ісландія	10	62,8	17	72,3	11	78,57
Польща	46	50,6	37	60,9	50	64,11
Україна	52	49,6	60	49,5	109	52,87
Індія	180	18,9	169	27,6	177	30,57

Передбачено, що 50 % податку за викиди парникових газів в Україні буде спрямовуватись на підтримку енергозбереження, декарбонізацію, а решта надходитиме в державний бюджет [14].

За даними Спільного дослідницького центру Єврокомісії Україна у 2019 році продовжила скорочувати викиди CO₂. В 2019 році викиди склали 196 млн т, в 2018-му вони були на рівні 203 млн т, а у 1990 році — 783 млн т. Якщо в 2020 році викиди на душу населення становили майже 4,5 т на рік, то у 1990 році вони перевищували 15 т. В країнах ЄС разом з Великобританією середній показник становив 6,5 т.

За підрахунками МЕА, обсяг викидів CO₂ вугільними ТЕС світу становить 1,1 кг/(кВт·год), у країнах ЄС – 0,868 кг/(кВт·год), а за усередненими даними на застарілих вітчизняних ТЕС викидається до 1,4 кг CO₂ на 1 кВт·год. За електроенергетичним сектором найбільшим емітентом парникових газів в атмосферу слідує цементна промисловість..

Потреба країн світу в зміні економічного курсу та переходу до кліматично нейтральної економіки зумовлена наростанням глобальних екологічних проблем, які значно похитнули стійкість економічних систем різних країн світу. В межах проєкту Другого національно визначеного внеску України на виконання своїх зобов'язань відповідно до Паризької кліматичної угоди країна бере на себе зобов'язання досягти амбітних цілей щодо скорочення викидів парникових газів на 65 % у 2030 р. від рівня 1990 року [20].

З 2024 року Україна вперше заявила про перехід на електроопалення нових житлових будинків, відмовилась від імпорту природного газу.(рис. 1.7).

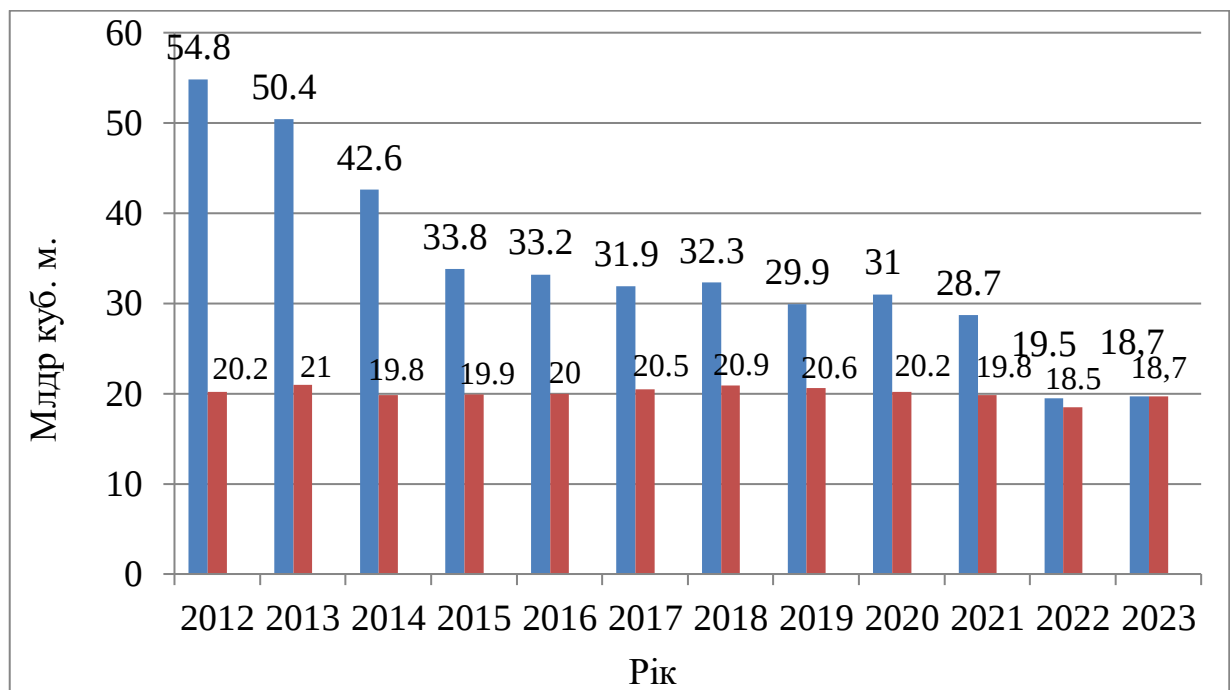


Рисунок 1.7 Динаміка використання та власного видобутку природного газу в Україні. Де: ■ - спожито, ■ - власний видобуток.

Деякі аналітики вважають, що найдорожчим для декарбонізації сектором економік залишається транспорт, далі йде та сама цементна промисловість, виробництво металу. З 2024 року розраховувати переважно на природний газ власного видобутку. При такі ситуації, що склалась перехід до зеленого

будівництва та утеплення застарілого житлового має компенсувати відмову від імпорту природного газу.

Як видно з рис.1.6 в Україні з 2014 року стрімко скорочувались обсяги імпорту природного газу. Через скорочення видобутку нафти та руйнації нафтопереробних заводів країна втратила потужності з виробництва вуглеводневого скрапленого газу (метан-пропан).

Обсяг власного видобутку природного газу в останні роки в Україні складав 18-20 млрд м³, в 2023 році власний видобуток становив 18,6 млрд м³, в попередні роки до російської війни Україна докуповувала 10-13 млрд м³, через так званий реверс, від європейських компаній. В 2022 році було імпортовано лише більше 1 млрд м³ природного газу. Через війну і відмову Європи від російського природного газу Україна може отримати американський скраплений природний газ (СПГ) при введенні в дію газопроводу між Україною і Польщею, оскільки Польща має причали для прийому кораблів з скрапленим метаном.

Досвід проходження опалювального сезону і утримання житлового фонду в зимку 2023 та 2024 років без імпорту природного газу свідчить, що власного газу Україні достатньо для опалення. Але в Уряді планується питання будівництва і використання когенераційних станцій, які будуть одночасно генерувати теплову енергію і електрику.

Отримати скраплений метан морським шляхом не можливо через давню відмову Туреччини пропускати кораблі через протоку Босфор.

В багатьох країнах зріджений вуглеводневий газ (ЗВГ) - продукт нафтової переробки дешевше від природного газу знайшов широке використання для опалення будинків, приготування їжі та пального для автотранспорту [21].

При зменшенні видобутку нафти в Україні суттєво скоротилось виробництво ЗВГ (пропан-бутану). Зменшення обсягів видобутку нафти та її переробки привело до зменшення не тільки виробництва ЗВГ але і автомобільного пального та власного виробництва бітуму. При реалізації

державної програми «Велике будівництво» за даними Укравтодору Україна була вимушена закуповувати бітум в 10 країнах.

З 16 червня 2022 році набирає чинності Закон «Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку установок зберігання енергії», який визначив поняття діяльності зі зберігання енергії, запровадив вимоги щодо ліцензування такої діяльності. Закон вводить на ринку електроенергії нового гравця - оператора установки зберігання енергії («Оператор УЗЕ»). Його діяльність буде пов'язана з експлуатацією установок, зберіганням енергії та відбором такими УЗЕ електроенергії з метою її використання в майбутньому для зберігання і подальшого відпуску електроенергії в мережі.

1.3. Властивості і переваги автоклавного газобетону.

В Україні практично утилізовані всі заводи по виробництву газобетону, побудовані в радянські часи, які працювали по литевій технології (переважно вироби завантажувались в автоклав з металевими формами). На їх зміну прийшли сучасні німецькі технологічні лінії, які працюють по різальній технології.

Різальна технологія виробництва автоклавного газобетону передбачає наступні технологічні процеси:

- Розмелювання кварцового піску в шаровому млині та безперервне усереднення шламу – продукту мокрого помолу піску з добавкою поверхнево-активних речовин протягом не менше 4 годин в шламбасейні.
- Дозування сировинних компонентів в газобетонозмішувачі (шлам+цемент+алюмінієва суспензія+вода). Зрізана «горбунки» газобетонної суміші повертається газобетонну суміш. Добавка, гіпсового каменю вводиться в суміш при помолі піску.
- Підігріта до 40 °C суміш заливається в металеві попередньо змазані форми.

➤ Після закінчення процесу вспучення і досягнення необхідної пластичної міцності маси форми переміщуються в камери попереднього дозрівання та витримки, де при температурі 50-60 °C суміш набирає пластичну міцність, необхідну для переміщення масива на пост розрізки масива на блоки.

➤ Форми на посту розрізки масива кантуються на 90 градусів, розкривається і знімається частина бортоснастки. Проводиться розрізка масиву на стінові блоки, та вирізають захвати для рук.

➤ Порізані масиви складуються на транспортні теліжки для послідуного завантаження в автоклав.

➤ На першому етапі автоклавної обробки проводиться вакуумування автоклава для видалення повітря для інтенсифікації нагріву масиву.

➤ В послідуному в автоклав нагнітається перегріта пара з температурою 197 - 200 °C, тиск пари піднімається до 10-12 атмосфер.

➤ Після завершення автоклавної обробки з метою економії енергії проводиться перепуск пари в інший автоклав, який знаходиться на стадії підйому температури і тиску.

➤ При вигразці автоклава на піддони на газобетон одягається плівка з нанесеним товарним знаком виробника, яка захищає газобетон від атмосферних факторів. За таких умов газобетон, який отримує споживач завжди має високу вологість.

В процесі автоклавної обробки утворюється низькоосновний гідросилікат - тоберморит, який характеризується високими фізико-механічними властивостями. Автоклавна обробка по суті являється реактором синтезу гідросилікатів кальцію а частина цементу може бути замінена добавками вапна, доменим гранульованим шлаком, іншими мінеральними добавками.

Завдяки капілярно-пористій структурі матеріалу, газобетон є морозостійким матеріалом. Пори газобетону не схильні до повного насичення водою. Сучасний газобетон провідних українських виробників має марку морозостійкості F35- F100.

Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності газобетону для марки за густиною D300 кг/м³ не перевищує показник 0,1Вт/(м · °С), для густини 400 кг/м³ - 0,13, а для густини 500 кг/м³ - 0,15 Вт/(м · °С. Для порівняння, повнотіла цегла має теплопровідність 0,7 - 0,8, порожниста цегла 0,58 - 0,7 а керамзитобетон 0,26 - 0,31 Вт/(м · °С, крупноформатні блоки з поризованої кераміки 0,18 - 0,22, деревина 0,18 - 0,20 Вт/(м · °С.

В порівнянні з популярними іншими теплоізоляційними метериалами ніздрюватий бетон автоклавного тверднення є негорючим матеріалом, він перешкоджає поширенню вогню, витримує вплив високих температур протягом тривалого часу без деструкції макро і міроструктури. Для зростання продуктивності праці з автоклавного газобетону виготовляють збірні конструкції. На рис. 1.8 приведені фрагменти використання збірних газобетонних виробів, як очевидно з часом будуть вироблятись в Україні..



Рисунок 1.8 Фрагмент монтажу збірних газобетонних конструкцій.

Оскільки газобетон є пористим матеріалом він характеризується високою паро проникністю в порівнянні з іншими стіновими і теплоізоляційними матеріалами, за цим показником він схожий з деревиною. Це дозволяє в процесі будівництва та послідууючої експлуатації позбавлятися надлишку вологи в стіні і тим самим регулювати постійну комфортну вологість в приміщенні. При цьому газобетон протягом декількох місяців віддає вологу з стін до встановлення рівноважної вологості 5-6%.

Пориста структура матеріалу забезпечує поглинання високочастотних звукових коливань. Стіни і перегородки, облицьовані газобетонними плитами, забезпечують ефективну звукоізоляцію, що відповідає наявним стандартам. В часи існування колишнього СРСР в Україні виготовлялись звукоізоляційні плити «Сілапор» (силікатка звукопоглинаюча плита), які використовувались в цехах і приміщеннях з високими шумовими навантаженнями (швейне виробництво, друкарські цехи, та інше). Шумовий комфорт в приміщенні досягається за рахунок підбору відповідної товщини стіни або певного технічного рішення облицювання стін з врахуванням щільності матеріалу.

Газобетон є досить гігроскопічним матеріалом. Після зволоження, вода не може швидко проникнути у матеріал, оскільки капіляри перериваються порами. Сорбційна вологість матеріалу в середньому становить 5-10% за масою, тому не рекомендується використовувати газобетон в лазнях та в приміщеннях з високою вологістю. При цьому, завдяки мінеральній основі, вологий газобетон не гниє і практично не втрачає своїх властивостей міцності, а також не схильний до корозії.

При застосуванні автоклавного газобетону слід враховувати, що він є гігроскопічним і блоки і стіни повинні бути захищені від тривалого контакту з водою. Його не можна використовувати для будівництва фундаментних стін, тільки підвальних стін з належним утепленням.

Висновки за розділом 1

В результаті війни, розв'язаної росією практично в 2 рази скоротились загальні обсяги будівництва житла. Навіть на 2-й рік війни будівельні компанії поступово відновлювали будівництво об'єктів, будівництво яких зупинилось з 24 лютого 2022 року. Середня забезпеченість житлом населення України становить дещо більше $24 \text{ м}^2/\text{люд.}$, при міжнародних стандартах ООН не менше $30 \text{ м}^2/\text{людину}$. В результаті агресії росії проти України зруйновано майже 10% житлового фонду. Практично 90% застарілого житлового фонду потребують додаткового утеплення.

Виробництво 1 м^3 газобетона потребує $320 \text{ кВт} \cdot \text{год}$, звичайної керамічної цегли - $900 \text{ кВт} \cdot \text{год}$, пустотної цегли – $600 \text{ кВт} \cdot \text{год}$. Саме цей фактор, крім низки теплофізичних переваг, забезпечує переваги газобетону над іншими стіновими матеріалами.

Станом на 1 вересня 2023 року загальна сума прямих задокументованих збитків, завдана інфраструктурі України через повномасштабне вторгнення росії, зросла до \$151,2 млрд (за вартістю заміщення), та продовжує зростати. Продовжуються руйнування житлових будинків, освітніх закладів, інфраструктури, що і призводить до зростання загальної суми збитків. Загалом зруйновано або пошкоджено внаслідок бойових дій 167,2 тис об'єктів житлового фонду, з них 147,8 тис. - приватні будинки; 19,1 тис. - багатоквартирні, ще 0,35 тис. — гуртожитки. Найбільше постраждали від руйнування житлового фонду Донецька, Київська, Луганська, Харківська, Миколаївська, Чернігівська, Херсонська та Запорізька області.

Для зменшення викидів парникових газів та зменшення енергоспоживання європейський досвід підтвердив, що таким дієвим організаційним заходом є введення податку на викиди парникових газів. В країнах ЄС він становить в

середньому 30-60 єро/т, в Україні такий податок був введений лише в 2019 році і становить 30 грн/т.

Відмова України від імпорту природного газу з 2024 року і перехід на електроопалення нових житлових будинків вимагає реалізації низки різноманітних заходів, спрямованих на зменшення енергоспоживання в будівельному секторі економіки. Автоклавний газобетон має низку переваг перед іншими стіновим матеріалами. Питома вага автоклавного газобетону в структурі стінових матеріалів європейських країнах перевищує 50-60%.

РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ

2.1 Адаптація вітчизняної нормативної бази в галузі будівництва до вимог країн ЄС.

В Європі ще наприкінці 1970 року після світової енергетичної кризи і стрімкого зростання цін на нафту почали розвивати нормативно-правову базу призначену для зменшення тепловтрат через елементи конструкцій будівлі, що огорожують будівлю, і повітропроникність. Для вирішення питань, пов'язаних з економією енергії та покращенням теплоізоляції будівель почали розробляти спеціальні директиви, призначені для стандартизації у країнах ЄС будівельних норм щодо підвищення енергоефективності будівель. Основна мотивація розробки директив – підвищення ефективності використання природних ресурсів.

Перша директива в цій галузі 93/76/ЄС [9] була прийнята 13 вересня 1993 року з метою зниження викидів CO₂ та інших парникових газів шляхом ефективного використання енергії та реалізації державами членами ЄС наступних програм:

1. Розробка енергетичних сертифікатів будівель;

2. Визначення фактичних енергетичних витрат на опалення, кондиціювання та гаряче водопостачання будівель;
3. Вимоги до теплоізоляції новозбудованих будівель;
4. Регулярного аналізу статей витрат енергії на промислових підприємствах та підвищення ефективності використання енергії;
5. Субсидування державному рівні однієї третини витрат, вкладених у економію енергії.

Мета зазначеної директиви – сприяння покращенню енергетичного представлення будівель (energy performance), з урахуванням зовнішніх кліматичних та місцевих умов, а також вимог щодо клімату у приміщеннях та рентабельності.

З введенням EPBD енергетична сертифікація будівель була поширена на всі країни-члени ЄС, а з 2009 року вона стала обов'язковою. Першою європейською країною, яка запровадила енергетичні сертифікати, стала Данія, де вони з'явилися на початку 1997 року.

Прийняття EPBD є другою спробою впровадження енергетичної сертифікації, проте вона все ж таки зберегла два невирішені питання: як визначити і як вимірювати енергетичну ефективність будівлі. Вона також запровадила нове поняття «енергетичне представлення будівлі (energy performance of building)» - це фактичне спожите або розрахункове кількість енергії, призначене для різних потреб, пов'язаних із звичайним використанням будівлі, що включає опалення, нагрівання гарячої води, охолодження, вентиляцію та освітлення. Ця кількість повинна виражатися одним або декількома чисельними показниками, що враховують теплоізоляцію, технічні характеристики обладнання, спроектовані згідно з кліматичними параметрами, орієнтацію будівлі, вплив навколишніх будівель, власне виробництво енергії та інші фактори, включаючи внутрішній мікроклімат, що впливає на споживання енергії.

Вітчизняна нормативна та законодавча база орієнтується на високі вимоги до енергетичної ефективності будівель, закладені у Директиві ЄС про енергетичну ефективність будівель (Директива 2010/31/EU) [14].

Згідно з вимогами Директиви 2010/31/EU держави-члени ЄС повинні здійснювати заходи з підвищення енергоефективності будівель, зменшення тепловтрат, зниження використання енергії, скорочувати використання традиційних видів енергоносіїв натомість збільшуючи використання відновлюваних джерел енергії, а також з 2020 р. європейські будівлі мають будуватись тільки з нульовим споживанням енергії, тобто нові будинки повинні мати показники пасивних будівель чи наближатись до енергетично нейтральних.

Сьогодні відбувається інтенсивна адаптація української нормативної бази в галузі будівництва до стандартів ЄС. При цьому втрачають чинність застарілі ДСТУ, ГОСТ вже не існуючої країни.

Самий важливий етап технічної експлуатації будівель, споруд, інженерних мереж включає наступні три взаємопов'язані заходи:

- технічне обслуговування;
- ремонти;
- реконструкцію.

Проблема енергоспоживання розглядається, як прямий 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 1,5 °С, а краще і не більше 2 °С.

В 2020 році Верховною Радою був прийнятий Закон України «Про надання будівельної продукції на ринку», який імплементує в Україні положення Регламенту ЄС 305. Також Урядом були затверджені категорії

будівельної продукції, встановлені системи оцінки та перевірки стабільності показників будівельної продукції, врегульовані питання призначення органів з оцінки відповідності та органів з визначення технічної прийнятності, а також визначено орган ринкового нагляду за будівельною продукцією.

2.2. Використання конструкційно-теплоізоляційного газобетону в сучасному будівництві.

Аргументом на користь використання АГБ є низька енергоємність його виробництва та високі експлуатаційні властивості. Багаторічний досвід виробництва АГБ підтверджує, що вона становить – $320 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$, при виробництві повнотілої цегли – $900 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ та пустотної – $600 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$ [24].

Матеріал має нижчу вартість, та інші будівельно-технологічні переваги. 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.

В Україні вважається, що на будівельну галузь приходить біля 40% від всіх енергоносіїв які споживає економіка країни. Країна зберігає величезний потенціал енергозбереження. 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.[35].

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). За даними Міжнародного енергетичного агентства (ІЕА), у 2018 році енергоємність ВВП України була утричі вищою, ніж у Польщі. За даними Держстату, промисловість споживає 32% енергії країни. У той же час ця галузь має 40-відсотковий потенціал підвищення енергоефективності. [36].

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 краще 1,5 °С.

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.. За даними [23] 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%.

Жоден будівельний матеріал в Україні не мав таких темпів приросту обсягів виробництва. З 1991 року обсяги виробництва автоклавного газобетону скоротились з 1,2 млн м³ до 100 тис м³ в 2000 році (12 раз) а пізніше до 2022 року зросли в 46 раз (рис. 2.1).

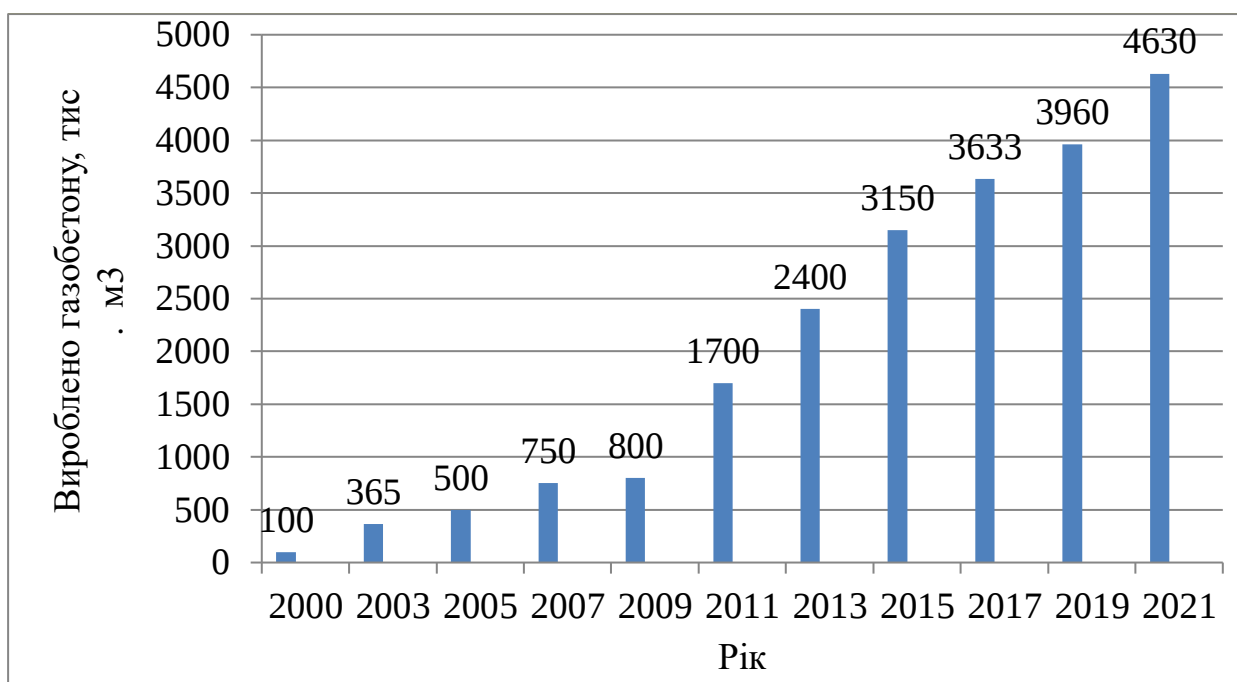


Рисунок 2.1 – Динаміка зростання виробництва автоклавного газобетону в Україні.

В табл. 2.1 приведені основні експлуатаційні характеристики автоклавного газобетону, який вироблявся в Україні. Для виробництва автоклавного газобетону використовуються практично всі місцеві сировинні матеріали крім алюмінієвої пудри, яка імпортується з росії або Німеччини. Зростання цін на енергоносії та нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій будівель дало поштовх до збільшення виробництва автоклавного газобетону [2].

В Україні виробляються переважно стінові блоки марки D300, D400, D500, а блоки D600 практично не виробляються. Газобетон густиною від 100 кг/м³ до 350 кг/м³ відноситься до теплоізоляційного газобетону.

Таблиця 2.1 Основні експлуатаційні характеристики теплоізоляційних газобетонів низької густини.

Марка	Густина, кг/м ³	Клас міцності на стиск	Коефіцієнт теплопровідності в сухому стані Вт/м·°C	Коефіцієнт теплопровідності в умовах експлуатації Вт/м·°C	Марка морозостійкості, циклів, не менше	Усадка при висиханні, мм/м не більше
D150	150	C035	0,05	0,055	Не норм	Не норм
D300	300	<C1,5 (2,5 МПа)	0,08	0,09	F100	0,47
D400	400	C2,5	0,1	0,125	F100	0,3
D500	500	C2,5	0,12	0,142	F100	0,3

В Україні отримали поширення лише стінові блоки та в меншій мірі U-блоки, тоді як в європейських країнах використовуються: Т-блоки; О-блоки. (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 Зовнішній вигляд О-блоків.

Особливо мають велику перспективи використання О-блоки (рис. 2.2). 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. 2.3). Існуюча практика влаштування каналів передбачає трудомісткий процес використання цегляної кладки і послідувочої штукатурки. В каналі розміщується труба з нержавіючої

сталі або кераміки.

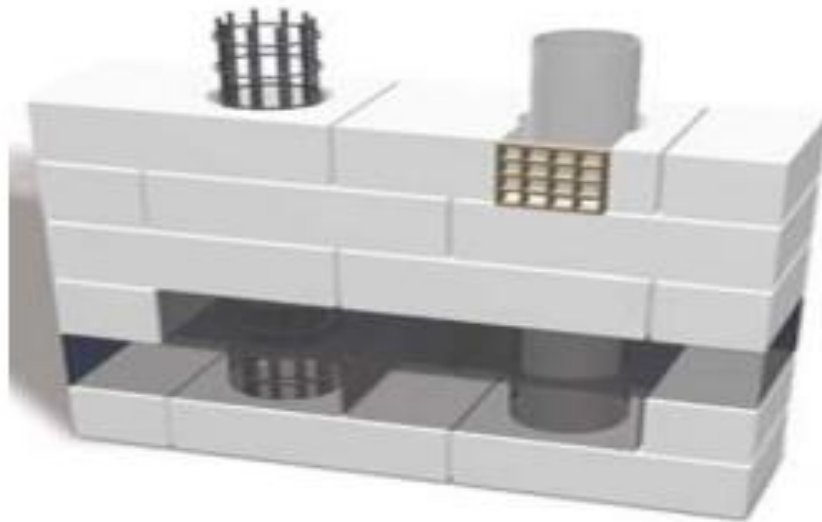


Рисунок 2.3. Принципова схема влаштування вертикальної залізобетонної колони та вентиляційного каналу в стіні з використанням газобетонних О-блоків.

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 [2].

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. О-блоки виготовляються зі стандартних блоків, а відходи, що утворюються, є компонентом цементних клеїв сухих мінеральних сумішей.

Довжина О-блоку становить 600 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. У табл. .2.2, як приклад, подані основні характеристики О-блоків, які Франція імпортує з Туреччини.

Таблиця 2.2 Параметри стінових кутових блоків, що використовуються у Франції.

Indicators (Показники)	G2/04	G2/05	G3/05	G4/06
Length (Довжина), cm	60			
Height (Висота), cm	25			
Thickness (Товщина), cm	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).

З великим запізненням лише в 2015 році був введений в дію Державний Стандарт ДСТУ-Н Б В.2.6-202:2015 «Настанова з проектування та улаштування конструкцій будівель із застосуванням виробів з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення», який деталізує технологію використання U-блоків. Проте така новація станом на 2024 рік так і не втілена в будівельну практику України.

Конструкція збірно-монолітного перекриття, по суті є частково-ребристим монолітним перекриттям, простір між ребрами якого заповнений Т-блоками з автоклавного газобетону.

Випробування проведені в провідних європейських компаніях-виробниках газобетону 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 матеріалів і високою поверхневою пористістю газобетону.

До переваг цього типу перекриття слід віднести низьку його собівартість, можливість самостійного виконання робіт без використання підйомно-транспортного устаткування. Європейський досвід показує, що трудомісткість зведення перекриття становить $0,46 \text{ люд.-год}$ на 1 м^2 конструкції, витрати арматури становить $3,5\text{--}4,5 \text{ кг/м}^2$. Перекривається таким типом перекриття проліт в 6 і більше метрів.

В ДСТУ Б В.2.7-45:2010 «Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови» були внесені зміни, які розширили функціональні властивості, і передбачають можливість виробництва теплоізоляційного газобетону (табл.2.3)

Таблиця 2.3 – Розширення марки теплоізоляційного автоклавного газобетону відповідно до внесених змін до ДСТУ Б В.2.7-45:2010.

Марка за середньою густиною	Середня густина, кг/м^3	Клас міцності, С	Міцність, МПа, не менше	Теплопровідність у сухому стані, $\text{Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$, не більше
D100	70–120	C0,25	$>0,4$	0,052
D150	120–170	C0,25	$>0,4$	0,058
D 200	180–220	C0,35	0,50	0,055
D 250	220–270	C0,5	0,72	0,065
D 300	270–320	C0,75	1,06	0,08
D 350	320 - 370	C1,0	1,45	0,09

На європейському ринку по технології «Masa-LithoPore®» виробляються найлегші мінеральні теплоізоляційні панелі з ніздрюватого бетону густиною марки D100 ($\geq 70\text{--}150 \text{ кг/м}^3$), по технології виробництва пінобетону, які характеризуються коефіцієнтом паропроникнення 2,2 відповідно до німецького стандарту DIN EN ISO 12572 [34]. Теплоізоляція виробництва газобетону Multipor є екологічно чистою, не схильною до займання, яку виробляє концерн XELLA, що являється провідним виробником будівельних матеріалів на європейському ринку [35].



Рис. 2.4 Утеплення фасаду газобетонними плитами «Multipor»

Німецька компанія азобетон «Multipor» виробляє газобетон 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 [22].

Масове виробництво теплоізоляційного суперлегкого газобетону марки D150 вперше серед країн колишнього Радянського Союзу розпочалось в Україні в 2013 році, яке на сьогодні виробництво призупинене.

Існуюча технологія виробництва АГБ передбачає упаковку його в вологонепроникну плівку після його виходу з автоклава з вологістю до 40%, тому потребує певного часу для видалення вологи. У Великобританії газобетонні блоки виготовлені з використанням золи-винос (так званий сірий газобетон) використовуються в якості стінових фундаментних блоків.

В Україні за рахунок підвищення коефіцієнта конструктивної якості АГБ марки D300 і D350 в залежності від класу міцності, залишаючись теплоізоляційним, одночасно отримав статус конструкційно-теплоізоляційного газобетону.

Сучасні тенденції виробництва АГБ свідчать про постійне зменшення його густини при збереженні або навіть при підвищенні його міцності. При цьому

самі передові заводи колишніх пострадянських республік лише наближаються до масштабного промислового виробництва газобетону D100. D200.

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.

Газобетон марки D300 D400 через проблеми, пов'язані з надмірним спалюванням викопних видів палива(камяне вугілля, нафта, природний газ) по європейським міркам являється на сьогодні одним з найперспективних і ефективних стінових будівельних матеріалів, з якого виготовляються одношарові стінові конструкції, прийнятної ширини стін, забезпечують несучу здатність стін до 3-х поверхів і задовольняють нормативні вимоги опору теплопередачі без їх додаткового утеплення. За загальними обсягами виробництва АГБ (більше 4 млн м³) Україна, в 2020 році вийшла на 4 місце в Європі.

До початку російської війни в засобах масової інформації та даними Всеукраїнської асоціації виробників автоклавного газобетону було заявлено про будівництво ще 2-х нових заводів у Львівській області. У Київській області зосереджено 60% потужностей виробництва автоклавного газобетону.

Зростання загальних обсягів виробництва АГБ в Україні з 2000 по 2020 рік було зумовлене його перевагами в порівнянні з традиційними стіновими матеріалами, особливо масовим і популярним споживачем газобетону був приватний забудовник малоповерхового індивідуального житла.

Відповідно до прогнозу аналітичного агентства [26], яке включає 1700 дослідницьких груп з 81 країни світу обсяг світового ринку автоклавного газобетону зросте з 18,8 млрд. дол. США в 2020 році до 25,2 млрд. дол. США до 2025 року при середньорічному темпі зростання 6,0% в період з 2020 по 2025 рік. В 2021 році при середньорічному темпі зростання (CAGR) склали 6,94% і до 2026 року досягнуть 27,58 млрд доларів США.

Основним високо вартісним компонентом газобетону являється цемент. Існуючі тенденції виробництва цементів в Європі свідчить про зростання виробництва композиційних портландцементів типу СЕМ ІІ/В. Прогнозується, що при виробництві цементу в 2050 році, вміст клінкеру в середньому буде складати 70%. При цьому необхідно враховувати і екологічний фактор і необхідність декарбонізації. За останніми даними МЕА виробництво цементів в світі несе відповідальність за майже 10% викидів CO₂.

Автоклавна технологія виробництва газобетонів (температура 197-200 °С, тиск пари 10-14 бар) дозволяє частково замінити постійно зростаючі в ціні традиційні в'язучі (портландцемент і вапно) недефіцитною сировиною - природними і техногенними мінеральними добавками. Практична зацікавленість до активних мінеральних добавок обумовлена високою енергозатратністю виробництва цементу та інших будівельних матеріалів, виготовлених на цементній основі, у тому числі і АГБ.[37-39]

На відміну від мікрокремнезему, метакаолін є сумішшю активного кремнезему і глинозему майже в рівних пропорціях, тобто, він є одночасно алюмінатним і силікатним пуцоланом, його використання особливо важливо на стадії формування макроструктури газобетонного сирця.

За даними Всеукраїнської асоціації виробників автоклавного газобетону всі виробники газобетона відмовились від виробництва «важкого» газобетону марки D600. В табл. 2.4 приведені основні виробники автоклавного азобетону, їх потужності та структура його за густиною.

Таблиця 2.4 – Структура виробництва автоклавного газобетону і Україні в 2020 році.

Виробник АГБ	Виробничі потужності, тис м ³ / год	Реалізація на ринку, %	Марка за густиною, D				
			150	300	400	500	600
ООО «Орієнтир-Буделемент»	1460	32,4			6	94	

ООО «Аерок»*	1150	28,4	1	23	55	21	
ООО «ЮДК»	525	12,7			98	2	
ООО «Енерджі Продакт»	470	12,3			86	13	1
ООО «Юпітер»	280	6,1			50	50	
Корпорація «ХСМ»	200	4,6				100	
ООО «Тернопольстрой»	160	2,0			12	88	
ПАТ Житомирський КСИ»	80	0,6				100	
ООО Дніпровський ЗБК»	50	0,9				100	

*Примітка. Два заводи ООО Аерок передані в державну власність України.

Як видно з табл. 2.6 більшість заводів України виробляють АГБ марок D400 і D500, кращі європейські заводи виробляють D300 і D400.

Масштабне виробництво АГБ 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 розпочалась розробка проектів і будівництво власних заводів на вітчизняному обладнанні. В 1990 році крім польських заводів налічувалось майже 100 малопотужних заводів загальною потужністю 6,6 млн. м³ в рік, іншими даними 5,7 млн м³. Сучасні заводи виробляють АГБ з високим значенням коефіцієнта конструктивної якості.

У 2021 році компанія колишня «Аерок» (нині це українська компанія) збільшила обсяг виробництва АГБ по відношенню до 2020 року більш ніж на 80 тис. м³. При цьому суттєво покращилася структура виробленого матеріалу в сторону зниження його густини порівняно з показниками 2020 року.

На сьогодні газобетон використовується у висотному каркасно-монолітному житловому будівництві на рис. 2.5 приведений фрагмент будівництва малоповерхового житлового будинку з використанням стінових блоків.

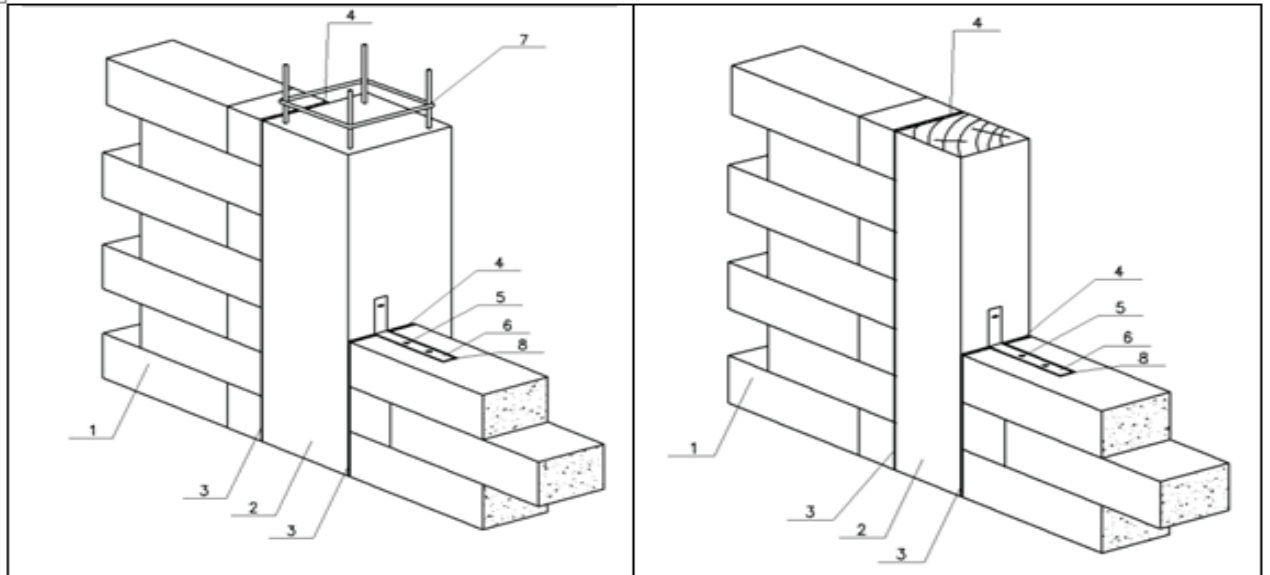


Рисунок. 2.5 Фрагмент стінової кладки газобетонних блоків при каркасно-монолітному будівництві, де: 1 – кладка з газобетонних блоків; 2 – залізобетонна колонна; 3 – еластичний силіконовий чи акриловий герметик; 4 – мінераловатний утеплювач товщиною 20 – 25 мм; 5 – анкер; 6 – металевий кутик; 7 – арматурний каркас залізобетонної колони; 8 – штраба в газобетонному блоці під металевий кутик.

За даними [24] 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.

2.3 Перспективи використання газобетонних U – подібних стінових блоків

Маркування та габаритні розміри залізобетонних конструкцій обумовлені вимогами застарілим ГОСТ 948-84, який офіційно втратив свою силу. Цей будівельний стандарт ділить всі перемички, що випускаються промисловістю для віконних і дверних прорізів на декілька базових типів:

1. ПП — плитні (ширина більше 25 см).
2. ПБ — брускові (ширина менше 25 см).
3. ПГ — Г-образні балкові забезпечені виступом, призначеним для обпирання плит перекриття.
4. ПФ — фасадні (застосовуються для отворів, у яких кладка виступає більше 25 см від поверхні стіни. Залізобетонні перемички монтуються з використання крану, для чого на їх поверхню передбачені передбачені монтажні петлі.(рис. 2.6).

На рис.2.6 приведений фрагмент влаштування віконної перемички та обов'язочного армопоясу будинку з використання U-блоків безпосередньо на будівельному майдані.

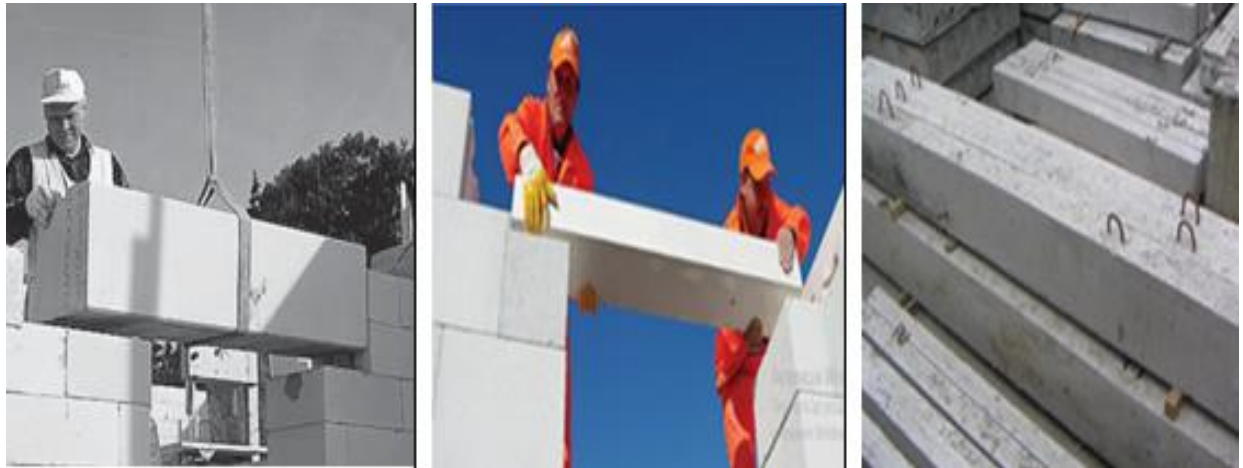


Рисунок.2.6 – Збірні газобетонні перемички та легкі перемички з автокланого газобетону.

Необхідно завчасно розраховувати загальний приведений опір теплопередачі елемента / вузла, як суму приведених опорів теплопередачі всіх складових короба. (рис. .2.7). За таких умов вирівнюється термічний опір стіни по всій її гладі і традиційний «місток холоду» на рівні перемички зникає.



Рисунок 2.7 – Фрагменти влаштування віконної перемички з використанням U-блоків.

Основним експлуатаційним недоліком таких перемичок являється те, що вони виконані з щільного бетону і тому по всі поверхні стіни створюють місток холоду. При підйомі перемичок слід користуватися краном або іншим підйомно-транспортним механізмом із стрічковими стропами. Перемички меншого розміру можуть встановлюватися і за допомогою м'язової сили. При установці необхідно мати на увазі маркування перемички.

Сучасні заводи по виробництву автоклавного газобетону виготовляють газобетонні перемички з газобетону D500 і класом міцності C2,5.

Перемички небажано навантажувати зосередженим навантаженням. Армування перемички виконане таким чином, що панелі міжповерхових перекриттів можна спирати безпосередньо на перемичку без кладки додаткового ряду блоків.

Маркування із зазначенням типу перемички має бути нанесене на її торець. На перемичці також позначені розміри перемички і якою площиною вона повинна укладатися на кладку. В європейських країнах існує широкий діапазон використання U – подібних блоків. (рис. 2.8)

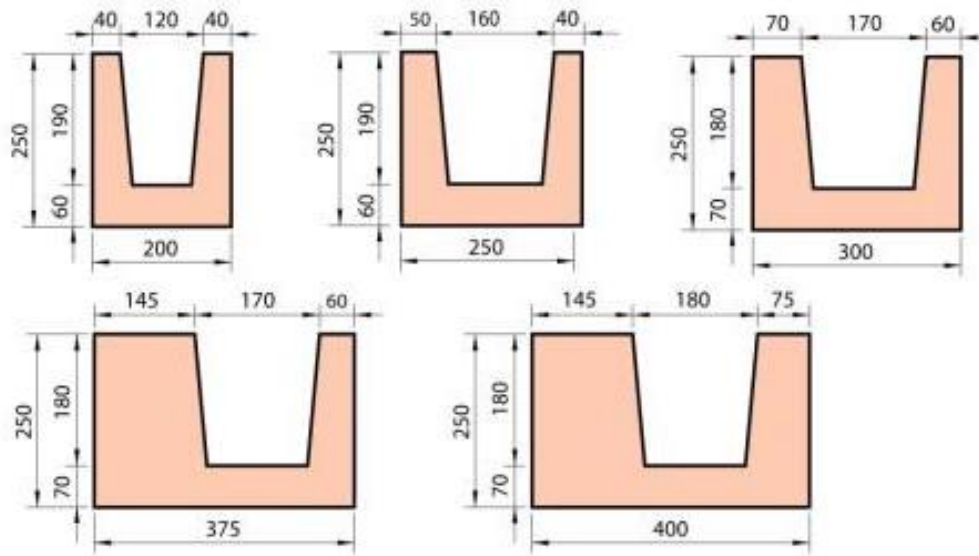


Рис. 2.8 Ріновиди U – подібних блоків.

Перемички повинні спиратися не менше ніж на 250 мм кладки, рекомендується 300 мм. У разі довгих перемичок може виникнути необхідність ще більше збільшити довжину опорної поверхні. Кладка опорної подушки виконується тільки цілими блоками. Шви між блоками повністю заповнюються клейовим розчином (щоб не допустити утворення пустот). Також перемичка повністю покривається клейовим розчином. Де можливо, рекомендується використовувати перемички висотою 400 мм. Несуча здатність таких перемичок завжди більше і для них характерні менші прогини.

Газобетонні перемички з газобетона D500 з внутрішнім армуванням використовуються при перекритті отвору в стінці з газоблоків. Перемички монтуються, як однопрогонові балки, які можуть приймати симетрично розподілені великі навантаження. Перемичку не можна навантажити на одну праву сторону або одну ліву. Навантаження повинні бути і на праву і на ліву сторони, а також на центр. Армована перемичка виготовлена так, щоб панель міжповерхового перекриття можна було оперта, не викладаючи при цьому додаткових рядів газоблоків.

Особливістю газобетонних перемичок є те, що, крім основної несучої функції, вони забезпечують додаткову теплоізоляцію. Армовані газобетонні перемички дозволяють уникнути появи містків холоду, які створюють залізобетонні перемички.

Вони дають змогу отримати однорідну основу для штукатурення по всій поверхні стіни при забезпеченні однакового термічного опору всієї стіни.

Міцність перемички забезпечує об'ємний арматурний каркас, зварений зі сталевих арматур зі спеціальним антикорозійним покриттям. Армовані перемички є легким і теплим замінником залізобетонних перемичок для перекриття дверних і віконних прорізів у стінах з газобетонних блоків в малоповерховому і висотному будівництві.

Перемичка працює як однопрогонова балка, здатна прийняти рівномірне розподілене навантаження. Перемички небажано навантажувати зосередженим навантаженням. Армування перемички виконане таким чином, що панелі міжповерхових перекриттів можна спирати безпосередньо на перемичку без кладки додаткового ряду блоків. На перемичці також позначені розміри перемички і якою площиною вона повинна укладатися на кладку.

При підйомі перемичок слід користуватися краном або іншим підйомно-транспортним механізмом із стрічковими стропами. Перемички меншого розміру можуть встановлюватися і за допомогою м'язової сили. При установці необхідно мати на увазі маркування перемички. Стрілка повинна вказувати вгору і текст повинен бути розташований правильно.

Маркування в зазначенням типу перемички нанесена на її торець.. По ширині перемичка підбирається відповідно ширини стінового блоку. По висоті перемички підбираються відповідно висоті одного блоку (200 або 250 мм) або відповідно висоті двох блоків (400 мм або 500 мм). Можливе використання одночасно двох перемичок з сумарною товщиною рівною товщині стіни. Всі перемички (крім перемичок шириною 100 мм і 150 мм)

використовуються, як несучий елемент. Великий асортимент розмірів перемичок дозволяє застосовувати їх для стінових блоків будь-якої ширини.

Останній час масове поширення отримали збірно-монолітні перемички. Для перекриття отворів в стінах з газобетону можна застосовувати армовані перемички, як збірні, так і виготовлені на місці - монолітні перемички. (рис.2.6)



Рисунок. 2.6 – Фрагмент влаштування збірно-монолітної перемички з газобетонних U-блоків на реальному об'єкті.

В 2015 році введений в дію ДСТУ - Н Б В.2.6-202:2015 Настанова з проектування та улаштування конструкцій будівель із застосуванням виробів із ніздрюватого бетону автоклавного тверднення [27].

. Для кращої теплоізоляції бічна стіна U-блоку, що має велику товщину, повинна перебувати з зовнішнього боку. Можна з зовнішнього краю порожнини розмістити шар теплоізоляції товщиною 50-70 мм. Основні розміри і параметри та технічні характеристики газобетонних U-подібних блоків.(табл. 2.5).

Таблиця 2.7 – Значення граничних відхилів геометричних розмірів блоків.

Назва показника	Значення показника, мм
Відхили за розмірами:	
– довжина;	$\pm 1,5$
– товщина;	$\pm 1,5$
– висота	$\pm 1,0$
Відхили від прямолінійної грані, не більше	1,0
Відхили від прямокутності на 1 м довжини грані, не більше	3,0
Відбитості (ушкодження) кутів не більше двох на одному блоці, глибиною, не більше	5,0
Відбитості (ушкодження) ребер на одному блоці не більше довжини повздовжнього ребра і глибиною не більше	5,0

Переваги використання газобетонних стінових блоків в якості стінових матеріалів з позиції їх вогнестійкості цілком очевидні. Конструктивне рішення комбінованого утеплення фасаду мінеральною ватою і пінополістиролом приведено на рис. 2.7.



Рисунок 2.7 – Фрагменти пожежі високого будинку утепленого пінополістиролом, мінеральною ватою

Забороняється відпилювання частини перемички для зменшення довжини, свердління отворів, фрезювання канавок і будь-яка зміна поперечного перерізу перемички будь-яким іншим чином.

По ширині перемичка підбирається відповідно до ширини стінового блоку. По висоті перемички підбираються відповідно висоті одного блоку (200 або 250 мм) або відповідно висоті двох блоків (400 мм або 500 мм). (рис.2.8).



Рисунок. 2.8 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі з використанням U-блоків.

Використання U-блоків є популярним в країнах ЄС, завдяки дешевизні бетону, його поширенню, масовому використанню мілких дрібних виробів з бетону. При будівництві будь-якої будівлі зручно її використовувати, але тільки якщо отвори передбачаються не більше 3 метрів в ширину. Виконані перемички для вікон відмінні своєю довжиною і перерізом. Можна встановлювати вручну, якщо перетин невеликий. Це дуже зручний варіант при приватному будівництві.

При виконанні робіт при застосуванні газобетонних перемичок необхідно дотримуватись наступних вказівок:

- глибина обпирання U-блоку на стіну повинна бути не менше 200 мм. При перекритті прольотів шириною більше 2 м глибина обпирання повинна бути збільшена до 250 мм. Ширина і висота U-блоків відповідають розмірам рядових стінових блоків;

- підбір арматури і бетону для заповнення U-блоків залежить від довжини перемички і навантаження, що припадає на цю ділянку кладки. З U-блоку можна сформувати перемички будь-якої довжини;
- для роботи на землі на рівній поверхні складають з U-блоків балку потрібної довжини;
- вертикальні стики U-блоків склеюються клеєм, торці балки закривають тимчасової опалубкою, обгорнутими в пакувальну п/е плівку). У лоток, утворений порожниною зістикованих U-блоків, встановлюють арматурний каркас. Арматура повинна бути встановлена так, щоб шар бетону міг захистити її з усіх боків;
- порожнину лотка заповнюється бетоном, сам бетон повинен бути ущільнений вібруванням, але краще застосовувати для бетонування самоупільнюючі дрібнозернисті бетони, приготовлені з сухих будівельних сумішей. Поверхню ущільненого бетону вирівнюють врівень з верхньою межею кладки. Через 3-5 діб готовий виріб стропами монтується в проектне положення.

Економічна ефективність використання газобетонних перемичок повної заводської готовності і збірно-монолітних полягає:

- усунення мостиків холоду;
- зменшення затрат на будівництво;
- економія енергетичних ресурсів.

Висновки за розділом 2

Руйнація і занепад виробництва традиційних стінових матеріалів (керамічної і силікатної цегли, керамзиту) пов'язана із стрімким зростанням вартості енергоносіїв, зокрема кам'яного вугілля, природного газу 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 АГБ.

Зростання обсягів виробництва АГБ 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'являються на ринку будівельних матеріалів України.

З переходом до виконання кам'яної кладки з газобетонних блоків за умови використання цементних клеїв товщиною шва 2 мм і пінополіуретанових клеїв замість традиційних цементно-піскових розчинів забезпечується підвищення термічного опору стіни.

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 ітчизняною практикою використання важких залізобетонних плит перекриття.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ГАЗОБЕТОНІВ ПРИ ВИКОНАННІ КАМ'ЯНИХ РОБІТ

3.1 Виконання кам'яних робіт з використанням газобетонних блоків.

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

Державний Стандарт - ДСТУ-Н Б В.2.6-202: 2015 «Настанова з проектування та улаштування конструкцій будівель із застосуванням виробів з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення» відіграв важливу роль на стадії стрімкого зростання обсягів виробництва АГБ.

Багаторічний досвід виробництва автоклавного газобетону показав, що енерговитрати на його виробництво значно нижчі ніж інших стінових матеріалів, що на сьогодні являється надзвичайно важливим фактором, оскільки Україна приєдналась до реалізації обмеження викидів парникових газів у тому числі відмови від використання кам'яного вугілля.

З 2000 по 2022 рік за даними Всеукраїнської асоціації виробників автоклавного газобетону обсяги його виробництва в Україні зросли в 46 раз, з 100 тис. м³ до 4,6 млн. м³, а його питома вага в структурі стінових матеріалів збільшилась до 53%. За загальними обсягами виробництва АГБ Україна вийшла на 4 місце в Європі після Росії, Туреччини та Польщі. Питома вага АГБ в структурі стінових матеріалів європейських країн становить 40-60%.

В табл. 3.1 приведені порівняльні характеристики основних стінових матеріалів.

Таблиця 3.1 Порівняльні експлуатаційні показники основних стінових матеріалів.

Показники	Цегла глиняна повнотіла	Цегла глиняна (пустотність до 40%)	Цегла силікатна	Газобетон	
				D400	D300
Густина, кг / м ³	1500-1800	1200-1400	1700-1900	400	300
Міцність на стиск, кгс / см ²	M100-175	M100-175	M100-200	C2,0	C1,5
Теплопровідність, Вт / м · °С	0,6-0,7	0,33-0,45	0,8-1,15	0.13	0,09
Морозостій кість, циклів	F50-75	F50-75	F35	F100	F100
Водопоглинання, %	8-10	8-10	11-14	17-20	

Для усунення містків холоду на швах кладка газобетонних блоків з середини 90-х передбачається використання цементного клею товщиною до 2 мм і пінополіуретанового клей-піни (ППУ-клею), які виробляється безпосередньо на газобетонних заводах і реалізується споживачам разом з газобетонними блоками.

Швидкість будівництва стін з використанням газобетону в порівнянні з цеглою зростає в рази. Фактично одна цеглина в 23 разів менша, ніж один газобетонний блок розміром 375x200x600 мм. При цьому вага такої кількості цегли складає близько 80 кг, в той час коли блок густиною D400 з вказаними розмірами важить трохи більше 20 кг навіть з врахуванням його вологості. На практиці це означає, що на зведення коробки будинку із газоблоків піде у кілька разів менше часу, ніж на будівництво коробки з цегли.

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.

На рис. 3.1 приведена залежність паропроникності АГБ в залежності від його густини відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-45:2010 «Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови» з врахуванням Зміни 1 до ДСТУ. По мірі зростання паропроникності газобетонних блоків газобетон швидше віддає вологу.

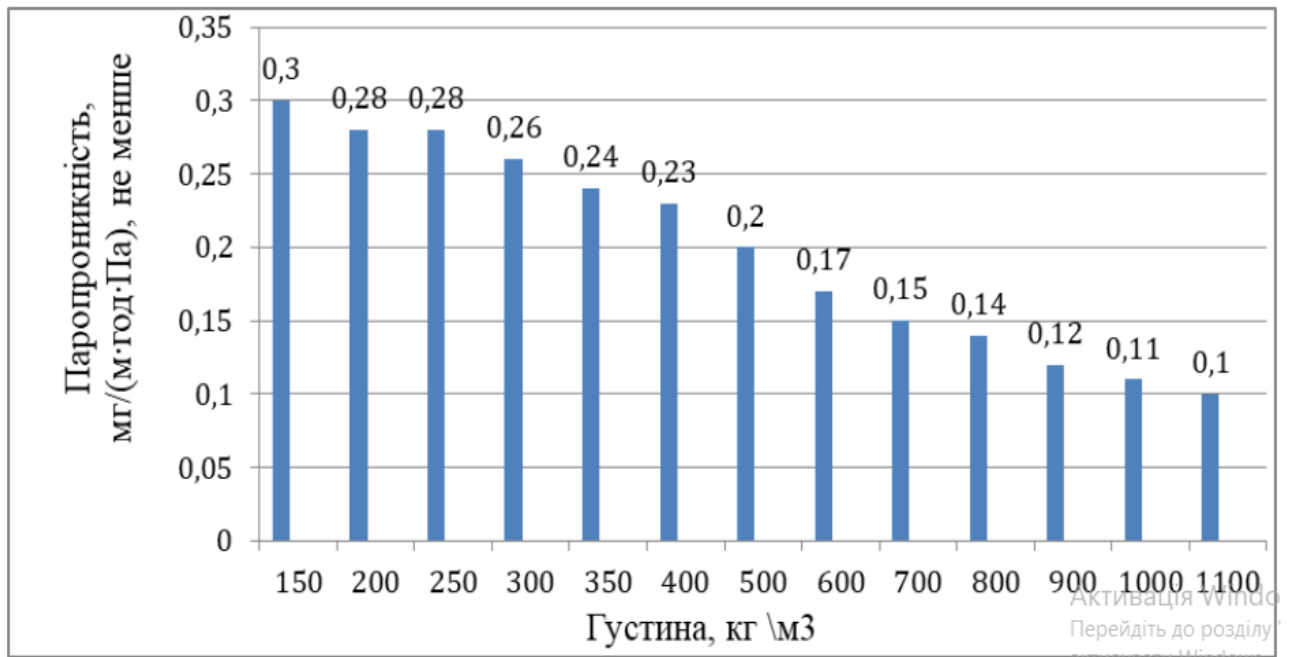


Рисунок 3.1. Паропроникність АГБ згідно ДСТУ Б В.2.7-45:2010.

Автоклавний газобетон належить до конструкційно-теплоізоляційних бетонів і має високу міцність каменя. Сучасні підприємства в Україні виготовляють стінові вироби з класом бетону за міцністю на стискання від С1,5 до С2,5. Цим показникам відповідає марка міцності М25-35 (фактична міцність 2,5-3,5 МПа). Таким чином, один погонний метр стіни витримує навантаження, що вимірюється кількома десятками тон.

3.2 Технологічні переваги та особливості виконання кам'яної кладки стін з автоклавного газобетону

Конструкційно-теплоізоляційний газобетон з класом міцності при стисненні С1,5-С2 і маркою щільності D300 одночасно виконує функцію конструкційного стінового матеріалу і не потребує додаткової теплоізоляції. Коефіцієнт теплопровідності газобетону D300 в сухому стані становить 0,09 Вт/м·К, що практично в 5-6 разів нижче ніж традиційної глиняної цегли. через

Через низьку вартість, високу енергоефективність на стадії експлуатації і низьку енергоємність виробництва доля автоклавного газобетону буде зростати на будівельному ринку. Обсяг виробництва традиційної будівельної цегли в Україні скоротився більше ніж в 10 раз, в перспективі по аналогії з країнами ЄС має зростати виробництва ефективної кераміки, яка сьогодні завозиться в Україну, з будівельного ринку зник керамзит і керамзитобетонні вироби. [40]

При використанні газобетонних блоків для будівництва малоповерхового будинку перший ряд блоків виконують на цементно-пісчаному розчині. На фундамент наноситься гідроізоляція, як правило з наплявляемого рубероїду (рис. 3.2.).

Для виконання кладки послідовних рядів газобетонних блоків використовується клеєва суміш. В остання роки в Україні, як і в інших країнах Європи кладка виконується на пінополіуретановій піні. На сучасних заводах-виробниках газобетонних блоків при закупівлі стінових блоків одночасно реалізуються клеєві суміші і балончики з пінополіуретановим клеєм.



Рисунок 3.2 Фрагмент влаштування гідроізоляції на поверхні стрічкового фундаменту.

Камяна кладка стін будинку першого ряду виконується з використанням цементно – пісчаних сумішей, послідовні ряди кладки виконуються на клеєвій суміші або з використовуюся пінополіуретанового клею. На рис..3.3 приведений фрагмент влаштування першого ряду кладки стін.

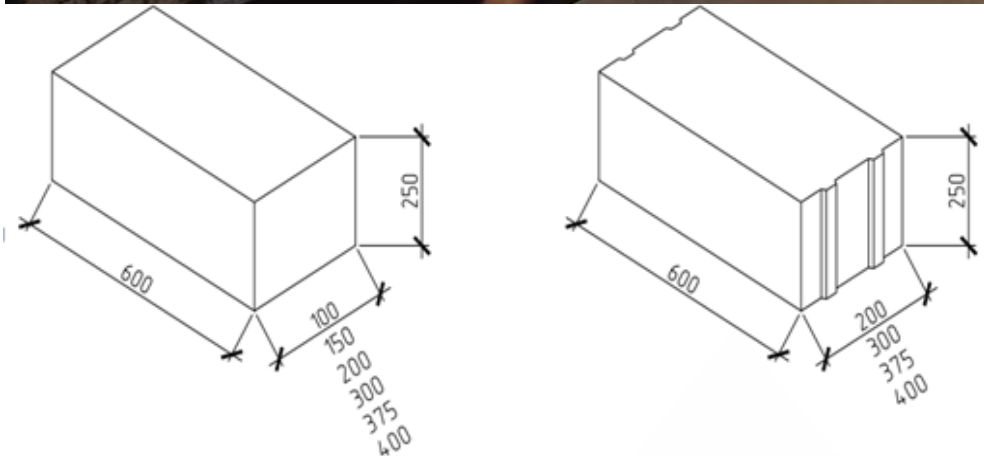


Рисунок 3.3 Фрагмент виконання кладки першого ряду малоповерхової будівлі.

Після завершення кладки першого ряду газобетонних блоків вирівнюється поверня стінових блоків, очищається від пилу та зволожується (рис.. 3.4 та рис. 3.5). Це робиться для того, що зменшити водопоглиння газобетоном з клейової суміші і забезпечення якісної реакції гідратації цементу.



Рисунок 3.4 Підготовка першого ряду кладки газобетонних стін для виконання кладки.



Рисунок 3.5 Приготування клесної суміші та нанесення її з використанням спеціального ковша.

Звичайні клейові суміші передбачені для використання при температурі повітря вище 5 °С. При використанні зимових клесових сумішей необхідно використовувати теплу воду не вище 55 °С плюс, а температура готової суміші повинна перевищувати 10 °С.

На рис. 3.6 приведені фрагменти стінової кладки з використання пінополіуретанового клею.



Рисунок 3.6 Фрагмент кладки внутрішні перегородок з газобетонних блоків з використанням пінополіуретанового клею.

Через три ряди кладки передбачається влаштування штраб та армування кладки стін. На рис. 3.7 приведена послідовність влаштування армованого поясу стіни.



Рисунок 3.7. Технологічна послідовність влаштування армованого поясу стіни.

Після влаштування штраб для кращого зчеплення з розчином пил, що залишився в пазах необхідно видалити щіткою чи будівельним феном. Окремі прутки діаметром 6-8мм укладаються в паз із перехлестом 300-350мм. Після занурення стрижнів паз повністю заповнюється розчином.

При невеликих лінійних розмірах стін приватні забудовники не завжди дотримуються вимог щодо обов'язкового армування стін. В зарубіжній практиці для забезпечення додаткої жорсткості будівлі, особливо в країнах можливих землетрусів, насамперед в Туреччині, передбачають влаштування залізобетонних колон з використання О-блоків. Армований каркас таких колон зварюється з арматурою, яка забетонована в фундаменті будівлі (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 Фрагмент підсилення жорсткості будинків в районах забудови з підвищеним ризиком землетрусів.

На рис. 3.8 приведений фрагмент фіксації внутрішньої перегородки до зовнішньої стіни з газобетонних блоків.

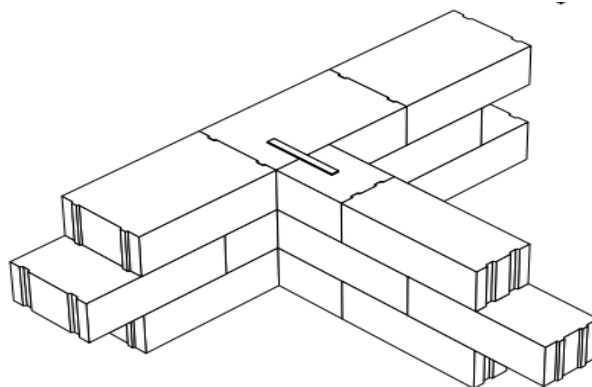


Рисунок . 3.8 Фрагмент кладки та фіксації внутрішньої перегородки до зовнішньої стіни з газобетонних блоків.

В роботі [29] наведені результати перевірки залежності міцності кладки газобетонних блоків в залежності від виду матеріалу шва кладки. Основні результати випробувань на стиск приведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Тимчасовий опір стиснення кладки з газобетонних блоків в залежності від використання матеріалу шва кладки.

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

На рис.3.9 приведені фрагменти виконання кладки з використанням мінерального цементного клею та ППУ-клею. Усереднені витрати мінерального клею на 1м^3 кладки становлять приблизно 25 кг. Виробники газобетону одночасно з реалізацією газобетонних блоків реалізують і мінеральні клеї, а в інших європейських країнах і ППУ клей.

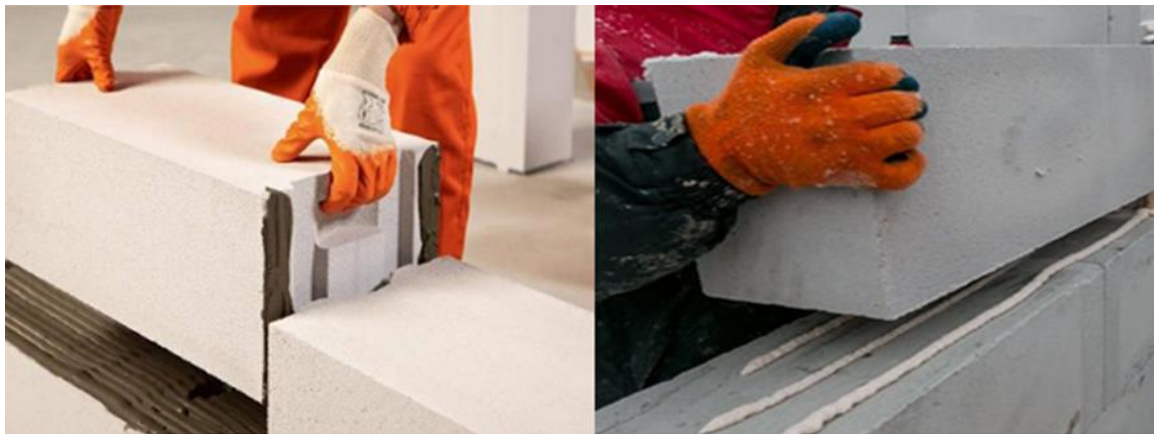


Рисунок 3.9 – Фрагменти кладки стін з використанням мінерального та пінополіуретанового клею.

При цьому досягається підвищення теплотехнічної однорідності кладки з тонким швом по гладі стіни. Всі ці можливості досягаються через високу точність геометричних розмірів газобетонних блоків. Кладка на мінеральних клеях при мінусових температурах веде себе аналогічно кладці, що

виконується на стандартному цементно-пісчаному розчині і виконується при необхідності використання протиморозних хімічних добавок.

Перші досліді щодо застосування ППУ-клею для кладки несучих газобетонних стін розпочались в кінці 1990-х років. З 90-х років використання ППУ-клею поступово набуло широкого поширення в країнах ЄС та інших країнах Східної Європи. Німецькі, турецькі, польські та інші виробники АГБ одночасно виробляють ППУ-клей і реалізують його з газобетонними блоками.

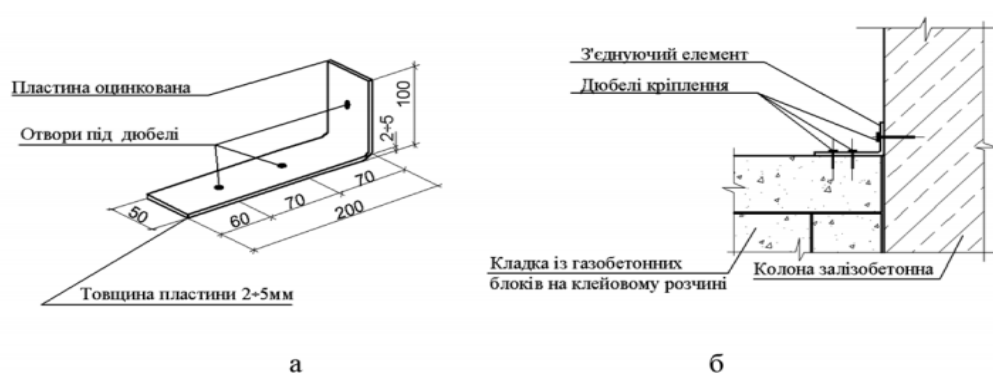
В роботі [30] на підставі отриманих експериментальних даних були розроблені рекомендації щодо витрат ППУ-клею (табл. 3.3).

Таблиця. 3.3 Витрати клею-піни в балонах на 1 м³ кладки.

Ширина стінового блоку, мм	400	375	300	200
Кількість балонів	1,2	1	0,8	0,75

Для блоків шириною до 150 мм наноситься одна смуга, для блоків від 150 до 300 мм - дві смуги. Для блоків більше 300 мм - три смуги.

На рис. 3.10 приведена схема анкерування зовнішніх стін при контакти блоків до стіе,колон за допомогою з'єднувальних кутових елементів.



- Рисунок 3.10 Анкерування зовнішніх стін за допомогою з'єднувальних кутових елементів з корозостійкого металу. Де: а – загальний вигляд з'єднувального елемента; б – схема влаштування з'єднання

На рис 3.11 приведена конструктивна схема збірних систем з опорядженням штукатурками для будівництва енергоефективних та пасивних будинків.

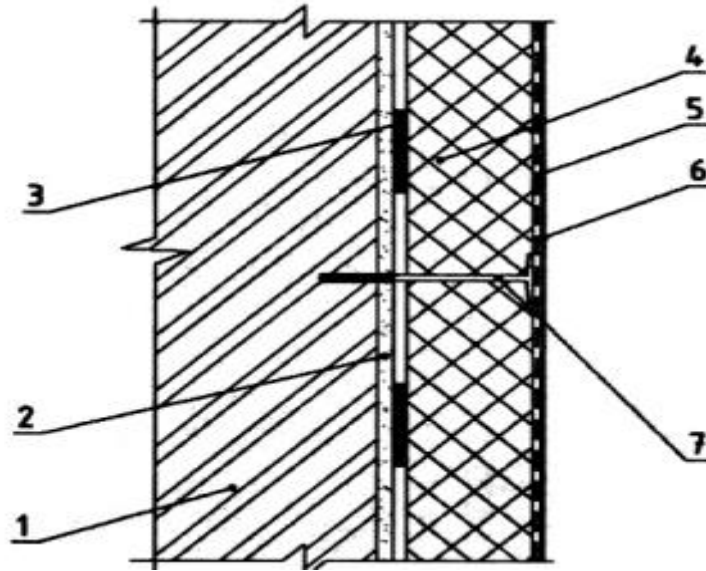


Рисунок 3.11 Конструктивна схема збірної системи з опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками. Де: 1 — несуча частина стіни; 2 — вирівнювальний штукатурний шар; 3 — клейовий шар; 4 — шар теплової ізоляції; 5 — склосітка; 6 — опоряджувальне покриття; 7 — елемент механічного кріплення утеплювача.

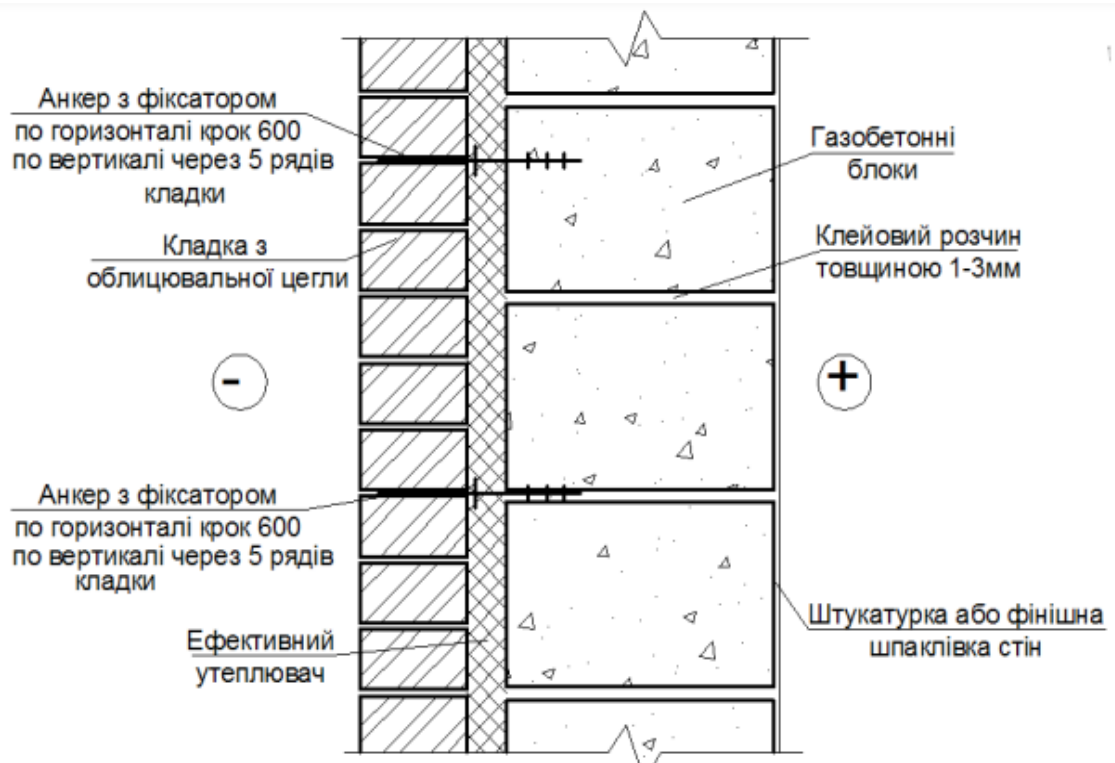


Рисунок 3.12 — Конструктивна схема збірної системи з
опорядженням товстошаровими штукатурками.

В 2018 році введені в дію ДБН В.2.6-33:2018 "Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування".

3.3 Технологічні процеси влаштування скритої електричної проводки в газобетонних стінах будівлі

При виконанні стін з традиційної цегли електророзведення скривається шаром штукатурки. Газобетонні стіни мають практично ідеальну поверхню тому електрична проводка скривається в завчасно виконаних каналах, які влаштовуються в газобетонних стінах. Штраби для електропроводки і гніздо до самої розетки чи вимикача виконується електромеханічним інструментом (рис. 3.13). Після влаштування електропроводки штраби шпаклюються.

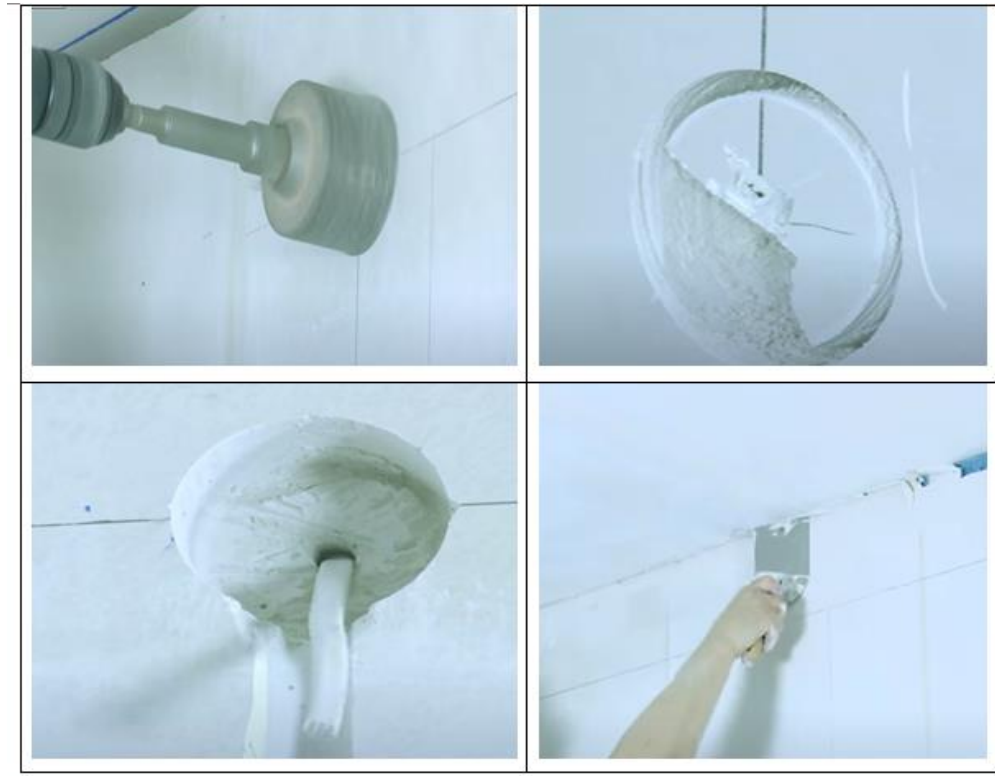


Рисунок 3.13 Технологічна послідовність влаштування внутрішнього електророзведення в приміщенні з газобетонних стін..

На сьогодні АГБ в умовах підвищених нормативних вимог до огорожувальних конструкцій швидко витісняє з будівельного ринку не ефективні на стадії експлуатації традиційні стінові матеріали (керамічну і силікатну цеглу, керамзит, керамзитобетон, шлакобетон), які є високо енергоємними на стадії виробництва.

Багаторічний досвід виробництва АГБ показав, що енерговитрати на його виробництво становлять $320 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$, при виробництві повнотілої цегли потрібно витратити $900 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$, пустотної – $600 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$. Саме низька енергоємність виробництва АГБ та високі експлуатаційні характеристики зробили цей стіновий матеріал найбільш вживаним в країнах Європейського союзу. Кращі європейські компанії-виробники автоклавного газобетону в результаті вдосконалення технології виробництва виготовляють газобетон густиною марки D300 та D400. На пострадянському просторі лише одна компанія «Аерок» масштабно виробляла конструкційно-теплоізоляційний

газобетон густиною 300 кг/м^3 з міцністю на стиск не менше 1,5-2,5 МПа і теплоізоляційний газобетон густиною 120-150 кг/м^3 .

3.4 Технологія зовнішнього і внутрішнього утеплення будівель з використання газобетону.

Для приватних забудовників, які самотужки будують будинки з використанням АГБ, його виробники реалізують інструмент (рис.3.14).

Терка - для вирівнювання поверхні перед укладанням наступного ряду блоків, згладжування нерівностей на стінах перед штукатуркою.

Каретка - забезпечує рівномірний шар клею на горизонтальних поверхнях, дозволяє дозувати клей, а також дає однакову товщину шва кладки.

Ківш - ефективний при нанесенні клею на вертикальні поверхні, особливо при зведенні стін складної конфігурації.

Штроборіз - для виконання поглиблень під проводку в стінах або укладання арматури в горизонтальних площинах.

Кельма - використовується у важкодоступних місцях. Має зубці на робочій частини для рівномірного розподілу розчину і високі борти.

Молоток з гумовою головкою - дозволяє вирівнювати блоки, не завдаючи при цьому зовнішніх пошкоджень.

Косинець - забезпечує прямий кут при розпилі, що буває необхідно при зведенні віконних і дверних прорізів.

Ножівка по газобетону - застосовується для розпилу газобетонних блоків на дробові елементи.

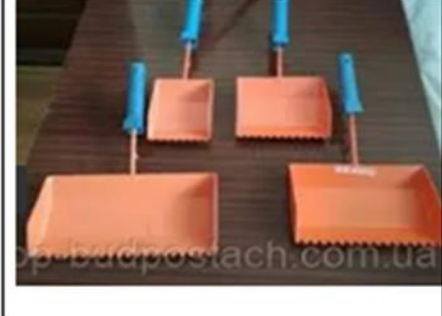
		
КАРЕТКА для кладання газобетону	Рівень будівельний.	КУТНИК металевий для різання блоків
		
Терка	Штроборіз	Пила
		
Ковш	Молоток гумовий	Дриль

Рисунок 3.14 Інструменти кладки автоклавного газобетону.

Згідно ДСТУ EN 771-4 «Камені стінові. Частина 4. Вироби стінові з автоклавного газобетону. Технічні умови» сфера застосування газобетонних виробів передбачена не тільки в якості стінових теплоізоляційних блоків, але і у тому числі для підвальних стін загального призначення нижче рівня землі.

Виходячи з цих технічних вимог, блоки з газобетону мають безліч переваг та їх можна використовувати як:

- негорючий внутрішній утеплювач залізобетонних елементів споруд, що в 16 разів тепліший за залізобетон;

- протипожежні перегородки внутрішніх кімнат та приміщень в таких спорудах. Перегородка з газобетону шириною 200 мм забезпечує показники вогнестійкості майже в 3 рази вищі, ніж у залізобетону. Одночасно ці стіни-перегородки можуть служити теплоізоляційним контуром кімнат, що внутрішньо опалюються;

- газобетон служить протипожежним шаром для несучих колон і перекриттів із залізобетону.

- теплоізоляційний газобетон вважається екологічно чистою теплоізоляцією і рекомендують для використання в медичних закладах.

Газбетонні блоки в європейських країнах знайшли використання для влаштування теплоізоляції для покрівель, підлоги будинку. В європейських країнах крім пінополістиролу і мінеральної вати широке поширення отримав екологічно чистий не горючий теплоізоляційний матеріал – автоклавний газобетон низької густини марки D100-D200.

Продукція німецької компанії Xella «Ytong Multipor» є надлегким різновидом автоклавного ніздрюватого бетону з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,042-0,045 \text{ Вт / м} \cdot \text{К}$, який є співрозмірним з пінополістиролом чи мінеральною ватою. Отримання мінеральної вати потребує нагріву шихти до температури більше 1000 °С.

Газобетонні плити під маркою "Ytong Multipor" реалізуються в європейських країнах та окремих країнах колишнього СРСР [23]. Плити "Ytong Multipor" використовуються для внутрішнього і зовнішнього утеплення стін, підлоги, покрівельних конструкцій з високими вимогами до вогнестійкості (рис. 3.15). Вони також використовуються для теплоізоляції підземних паркінгів, перекриттів підвальних приміщень і переходів, де передбачені підвищені вимоги пожежної безпеки. несучих конструкцій. Плити «Ytong Multipor» мають лінійні розміри 600 мм x 390 мм, товщиною 50; 60; 80; 100%; 120; 140; 180; 200 мм.



Рисунок. 3.15 Фрагмент зовнішнього утеплення стін будинку газобетонними плитами.

На рис.3.16 приведена схема утеплення підлоги або плит перекриття.

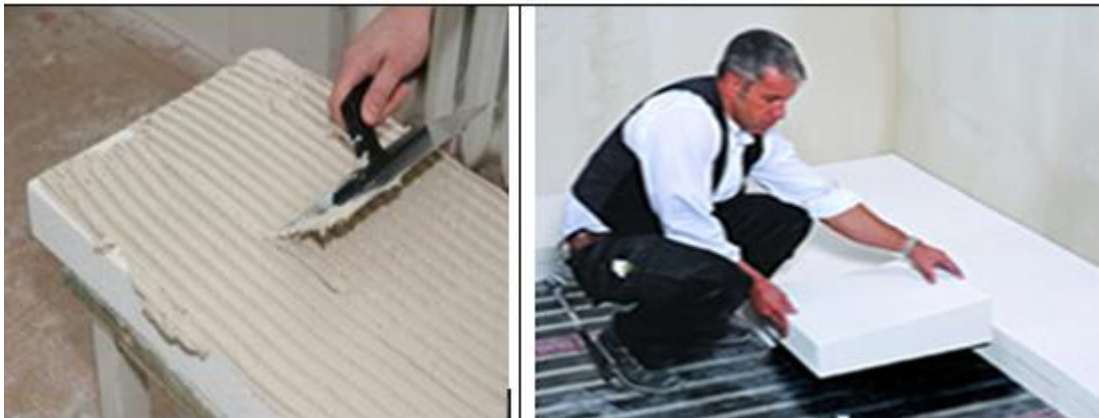


Рисунок .3.16 приведена схема утеплення підлоги або плит перекриття.

Група Xella відома в світі, як один з найбільших виробників газобетону і є власником відомих в світі торгових брендів Ytong та Multipor[23]. З сайту компанії Xella відомо, що ця компанія працює більш ніж в 30 країнах світу з 7 тис. співробітників, володіє більш ніж 80 заводами.

Зазвичай прийнято рахувати, що в застарілому погано утепленому будинку 20-30% тепла втрачається через стіни; 15-25% - через вікна; 10-25% - через дах; 3-6% - через підвал.



Рисунок 3.16. Внутрішнє утеплення стін і стелі газобетонними плитами.

В Україні, по аналогії з розвиненими країнами, збільшується частка житла в індивідуальних малоповерхових будинках (до 3-х поверхів), вона становить приблизно 50-53%, в країнах ЄС, США, Канади – понад 75%. Багаторічний досвід виробництва газобетону показав, що енерговитрати на його виробництво являють нижчими ніж інших відомих матеріалів. В табл. 3.4 прведені результати розрахунку термічного опору газобетонних стін утеплених теплоізоляційними блоками.

Як видно з табл. 3.5 перехід на виробництво газобетону марки D400 і особливо D300 дозволяє будувати стіни прийнятної товщини, які забезпечують нормативні вимоги ДБН і не потребують додаткового утеплення. Приведені в табл. 3.5 дані дають можливість оцінити термічний опір теплопередачі стіни в залежності від товщини утеплювача і товщини стіни.

Таблиця 3.5 Розрахунковий термічний опір стін в залежності від марки газобетону стіни і товщини утеплювача D200 кг/м³

Густина газобетона, D	Товщина блоку	Товщина утеплювача D200	Загальна товщина стіни, мм	Опір теплопередачі стіни R м ² ·К/Вт
300	200	100	300	3,92
		150	350	4,75
		200	400	5,58
	250	100	300	4,45
		150	350	5,28
		200	400	6,11
	300	100	300	4,98
		150	350	5,80
		200	400	6,64
400	200	100	300	3,42
		150	350	4,25
		200	400	5,08
	250	100	350	3,82
		150	400	4,65
		200	450	5,48
	300	100	500	4,22
		150	450	5,05
		200	500	5,88
500	200	100	300	3,23
		150	350	4,06
		200	400	4,89
	250	100	350	3,58
		150	400	4,41
		200	450	5,24
	300	100	400	3,93
		150	450	4,76
		200	500	5,59

В табл. 3.6 приведені зміни до ДСТУ Б В.2.7-45:2010 «Бетони ніздрюваті».

Загальні технічні умови», які суттєво розширили номенклатуру виробництва теплоізоляційного газобетону.

Таблиця 3.6 Розширення марки теплоізоляційного автоклавного газобетону відповідно до внесених змін до ДСТУ Б В.2.7-45:2010 «Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови».

Марка за середньою густиною	Середня густина, кг/м ³	Клас міцності, С	Міцність, МПа, не менше	Теплопровідність у сухому стані, Вт/м·°С, не більше
D100	70–120	C0,25	>0,4	0,052
D150	120–170	C0,25	>0,4	0,058
D 200	180–220	C0,35	>0,5	0,055
D 250	220–270	C0,5	0,72	0,065
D 300	270–320	C0,75	1,06	0,08
D 350	320 - 370	C1,0	1,45	0,09

Як видно з табл. 3.6 газобетон низької густини за показником теплопровідності наближається до показників традиційних найбільш поширених і вживаних теплоізоляційних матеріалів – мінеральної вати та пінополістиролу.

Сучасна організація будівельного виробництва передбачає реалізацію організаційних, технічних, технологічних рішень та інших заходів, які стосуються, нових об'єктів, що будуються або які реконструюються і піддаються термомодернізації. Загальновизнано, що середньостатистична структура споживання енергії у світі становить: промисловість – 35%, транспорт – 30%, теплопостачання будівель – 35%.

Як відомо, житлові умови, є визначально важливим елементом рівня життя, які забезпечують базові потреби людини. Нормальні житлові умови 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. Проблема будівництва нового житла суттєво ускладнилась через війну та руйнацію маже 10% житлового фонду.

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 складають 0,17- 0,22 в Казахстані -0,8 в білорусії, росії -0,5-0,7 м²/люд в рік, при міжнародних стандартах – біля 1 м²/люд в рік.

У зимовий час, коли будинок опалюється, на утеплення і конструкції впливають значні перепади температури. Виявити витoki тепла можна за допомогою тепловізора.

3.5 Дослідження використання теплих віконних перемичок

При будівництві будівель різного призначення в Україні традиційно використовуються збірні залізобетонні віконні і дверні перемички. За умови зовнішнього утеплення фасаду будівлі або без утеплення ділянка фасаду в районі наявності залізобетонної перемички являється містком холоду, що являється цілком логічним і підтверджується термограмами багато чисельних досліджень, які масштабно проводяться сьогодні при проведенні енергетичної сертифікації будівель..

За даними Всеукраїнської асоціації виробників автоклавного газобетону до 65-80% АГБ використовується приватними забудовниками саме тому виникають певні складності транспортування, як малогабаритних збірних перемичок так і U – блоків. Практично в Київській області виробляється 60% АГБ («Аерок» + «Орієнтир-Буделемент»). Українська компанія Орієнтир-Буделемент – це найбільший не тільки в Україні, але і в Європі завод з виробництва газобетону. В Європейських країнах будуються в рази менш

потужні заводи, як розміщені в усіх регіонах країни. Дилерська мережа компаній-виробників газобетону має мати регіональні склади для своєчасної доставки комплектів збірних перемичок, плит перекриття, блоків спеціального призначення. По всьому периметру несучих стін газобетонної коробки будинку встановлюється газобетонний короб з використанням U-блоків, який виконує функцію незнімної опалубки. (рис. 3.17)



Рисунок 3.17 – Фрагменти влаштування віконної перемички та обов'язочного армопоясу поясу газобетонного будинку з використанням U-блоків.

В середину поміщається арматурний каркас пов'язаний з прутків перетином 10-12 мм. Металеві стрижні не мають торкатись бетону і мають бути занурені в щільний бетон, який буде забезпечувати у тому числі і антикорозійний захист арматури, через високу паро проникність газобетону. Віконні та двірні перемички можуть бути виготовлені на землі і змонтовані за допомогою крана в робоче положення або виготовляються безпосередньо на стінові конструкції.

Через невелику сумарну товщину стінок газобетонного короба (лотка) U-блоків, з врахуванням 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. 3.2). За таких умов вирівнюється термічний опір стіни по всій її гладі і традиційний «місток холоду» на рівні перемички зникає

За даними Всеукраїнської асоціації виробників автоклавного газобетону до 80 % АГБ використовується приватними забудовниками. Доля малоповерхового житла має наближатись до європейських показників 75-80 %. Виникають певні складності транспортування, як газобетонних плит перекриття, малогабаритних збірних перемичок так і U-блоків переважно з Київської області, де практично виробляється практично 60% автоклавного газобетону.

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

До виконання будвельних 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 проект будинку, то ПВР та технологічна карта не розробляються, і від цього втрачається якість будівництва. На сьогодні виробники своєї продукції розробляють відповідні інструкції для її використання.

Цілком очевидно, що дилерська мережа компаній-виробників газобетону в Україні повинна мати регіональні склади для своєчасної доставки комплектів збірних перемичок, плит перекриття, блоків спеціального призначення.

По всьому периметру несучих стін газобетонної коробки будинку встановлюється газобетонний короб з використанням U-блоків, цей блок виконує функцію незнімної опалубки. 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 теплопровідності газобетону $0,14 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$ необхідно перед армуванням і заливкою важким бетоном вкладати під зовнішню стінку лотка утеплювач — мінеральну вату або пінополістирол.

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

До переваг ППУ-клею слід віднести низьку теплопровідність шва (близько $0,04 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$). Для порівняння, теплопровідність цементно-піщаних розчинів близько $0,93 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$. 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 $+90 ^\circ\text{C}$.

В європейських країнах існує практика одночасної реалізація газобетону і мінерального або ППУ-клею. З автоклавного газобетону марки D400, класом

за міцністю на стиск С2.5 виготовляються армовані газобетонні перемички.(табл. 3.5).

Дозволяється застосувати газобетонні перемички в приміщеннях з вологістю повітря не вище 75%. В приміщеннях з вологістю вище 75% поверхні газобетонних перемичок з боку приміщень повинні мати паро ізолююче покриття. Рекомендовано використання перемичок в районах із сейсмічністю не вище ніж 6 балів

Таблиця 3.5 Газобетонні перемички призначені для перекриття віконних і дверних отворів.

п/п	Умовне позначення	Номінальна довжина, L, дм	Номінальна ширина, В, дм	Номінальна висота, Н, дм	Маса, кг	Розрахункове навантаження на плиту (без урахування власної ваги), кПа
Плити перекриття						
1	2	3	4	5	6	7
1.	1ПП 64.6.2,5-5Н	64	6	2.5	670	5
2.	1ПП 60.6.2,5-5Н	60	6	2.5	610	5
3.	1ПП 54.6.2,5-5Н	54	6	2.5	550	5
4.	1ПП 48.6.2,5-5Н	48	6	2.5	480	5
5.	1ПП 42.6.2,5-5Н	42	6	2.5	420	5
6.	1ПП 36.6.2,5-5Н	36	6	2.5	350	5
7.	1ПП 30.6.2,5-5Н	30	6	2.5	300	5
8.	1ПП 24.6.2,5-5Н	24	6	2.5	240	5

Такі перемички розраховані на корисне навантаження без урахування власної ваги – 8 кН/м, 10 кН/м, 15 кН/м та 25 кН/м. Глибина спирання газобетонних перемичок складає від 150 мм до 350 мм залежно від ширини прорізу і наведена в маркуванні перемичок в см (в дужках). Конструкції газобетонних перемичок розроблено і виготовляються наступних номінальних

розмірів: завдовжки 1200 мм; 1600 мм; 2000 мм; 2400 мм; 2800 мм і 3200 мм; завширшки 100; 150; 200 ; 250; 300 ; 375 і 400 мм; - заввишки 200 мм і 400 мм.

Збірні газобетонні перемички виготовляються на сучасних заводах в Німеччині. Використання вони усувають містки холоду і вирівнюють термічний опір перемички з термічним опором стіни.

Питома теплоємність матеріалу C - величина, що враховує кількість тепла, яке необхідно підвести до 1 кг матеріалу, щоб підвищити його температуру на $1 \cdot ^\circ\text{C}$. Питома теплоємність, характеризує здатність матеріалу акумулювати теплову енергію, вона залежить від вологості та температури.

Висновки за розділом 3

Утепленню застарілого житлового фонду не має альтернативи в умовах постійного зростання вартості комунальних тарифів та дефіциту енергоносіїв..

Автокланий газобетон в європейських країнах використовується для зовнішнього і внутрішнього утеплення стін, підлоги, покрівлі.

При розробці проектів підвищення якості середовища районів масового житлового будівництва необхідно враховувати технічний стан кожного будинку. Щоб змінити клас будівель з існуючого на сьогодні найбільш розповсюдженого в Україні класу енергетичної ефективності «G» на необхідний клас «C» необхідно утеплити стіни і покрівлю, замінити вікна.

Від вибіркової реконструкції окремих будинків необхідно переходити до комплексної реконструкції житлових мікрорайонів з врахуванням санації всієї інфраструктури, включаючи і житло, і комунікації, і об'єкти обслуговування, і благоустрій. Нове будівництво має передбачати використання теплих віконних перемичок та енергоефективних вікон.

По аналогії з європейськими країнами в Україні за підтримки держави має бути налагоджено виробництво збіних газобетонних виробів, які дозволять прискорити тривалість будівництва, зменшити трудоємність, забезпечити додатковий термічний опір, звукоізоляцію.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА. АРМОВАНІ ГАЗОБЕТОННІ ВИРОБИ

4.1 Адаптація нормативної бази з охорони праці до вимог ЄС.

Україна постійно наближає своє національне законодавство до вимог директив ЄС, зокрема таких:

- Директива 2009/104/ЄС Європейського парламенту і Ради від 16 вересня 2009 р. стосовно мінімальних вимог щодо безпеки та здоров'я під час використання робочого обладнання працівниками при здійсненні професійної діяльності (наказ Міністерства соціальної політики України «Про затвердження Вимог безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками» від 28 грудня 2017 р. № 2072);
- Директива Ради 92/57/ЄЕС від 24 червня 1992 р. про виконання мінімальних вимог щодо безпеки і захисту здоров'я на тимчасових або таких, що змінюють своє місце, будівельних майданчиках (наказ Міністерства соціальної політики України «Про затвердження Мінімальних вимог з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках» від 23 червня 2017 р. № 1050);

Високий рівень травматизму, зокрема смертельного, щорічно фіксується в Україні в будівельній галузі. У будівельників найтриваліші періоди непрацездатності за лікарняними листками, що свідчить про тяжкість травмувань на будмайданчиках.

Практично 15% від загальної кількості травмувань на виробництві зі смертельним наслідком приходить на будівельну галузь. В будівництві найбільше використовується незадекларована праця де відбувається травмування працівників.

Найчастіше нещасні випадки стаються, коли роботи здійснюють невеликі підрядні організації. Такі компанії, які щойно зареєструвались і не завжди планують встановлення офіційних відносин із працівниками. Саме тому Держпраці спрямовує свої зусилля на виявлення неоформлених працівників у будівельній галузі.

За розрахунками МОП, річний обсяг витрат через нещасні випадки, пов'язані з роботою, та професійні захворювання сягає 1200 млрд дол. США, а це майже 4% світового ВВП.

Набрали чинності Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках (далі – Мінімальні вимоги), затверджені наказом Мінсоцполітики України від 23.06.2017 № 1050 і зареєстровані в Мін'юсті України 08.09.2017 за № 1111/30979. У Державному реєстрі НПАОП документу присвоєно відповідне позначення НПАОП 45.2-7.03-17.

З січня 2019 року Державна служба України з питань праці (далі – Держпраці) перевіряє виконання будівельними компаніями Мінімальних вимог з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках. Європейська Директива була імплементована в законодавство України (шляхом затвердження Мінімальних вимог) на виконання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС відповідно до плану Кабінету Міністрів.

Україна вже наблизилася своє національне законодавство до низки директив ЄС із БГП, зокрема таких:

➤ Директива 2009/104/ЄС Європейського парламенту і Ради від 16 вересня 2009 р. стосовно мінімальних вимог щодо безпеки та здоров'я під час використання робочого обладнання працівниками при здійсненні професійної діяльності (наказ Міністерства соціальної політики України «Про

затвердження Вимог безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками» від 28 грудня 2017 р. № 2072).;

➤ Директива Ради 92/57/ЄЕС від 24 червня 1992 р. про виконання мінімальних вимог щодо безпеки і захисту здоров'я на тимчасових або таких, що змінюють своє місце, будівельних майданчиках (наказ Міністерства соціальної політики України «Про затвердження Мінімальних вимог з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках» від 23 червня 2017 р. № 1050). Наказом Мінпраці і соціальної політики України від 23.06.2017 за № 1050 затвердженні Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках. Замовник або керівник будівництва до початку виконання будівельних робіт на будівельному майданчику забезпечує складання плану з охорони праці будівельного майданчика з урахуванням вимог будівельних норм ДБН А.3.2-2-2009.

Замовник або керівник будівництва зобов'язаний не пізніше ніж за 30 календарних днів до початку виконання будівельних робіт направити у територіальний орган Державної служби України з питань праці попередню інформацію про виконання будівельних робіт за формою згідно з додатком 2 до Мінімальних вимог в одному із таких випадків:

➤ якщо передбачена тривалість будівельних робіт перевищує 30 робочих днів і на будівельних роботах одночасно буде зайнято понад 20 працівників та фізичних осіб;

➤ якщо планований обсяг виконання будівельних робіт перевищує 500 люд-днів.

Наказом Мінпраці і соціальної політики України від 23.06.2017 за № 1050 затверджено перелік видів будівельних робіт, на які поширюються мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках: підземні роботи, крім робіт, пов'язаних з видобуванням рудних і нерудних корисних копалин підземним способом, а також з будівництвом та

експлуатацією підземних гірничих виробок, створених під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом, земляні роботи, у тому числі улаштування штучних земляних споруд, спорудження зовнішніх інженерних мереж, улаштування штучних основ і фундаментів, кам'яні роботи, монтажні роботи, бетонні роботи, арматурні роботи, ізоляційні роботи, покрівельні роботи, оздоблювальні роботи, в тому числі улаштування тепло ізолювальних фасадних систем, електромонтажні роботи, монтаж і випробування внутрішнього інженерного обладнання та мереж, підводні роботи, нове будівництво, реконструкція, технічне переоснащення, капітальний ремонт, реставрація, демонтаж, знесення, поточний ремонт ід час експлуатації.

Додаток до Мінімальних вимог з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках (пункт 3 розділу II) є Попередня інформація про виконання будівельних робіт, яка містить основну інформацію про будівельний майдан, замовника, керівника будівництва, вид споруди, керівника будівництва, координатора з охорони праці, передбачувану тривалість робіт, передбачувану максимальну кількість осіб, зайнятих на будівельному майданчику. Ця інформація підписується підписується керівником і завіряється печаткою.

.

4.2 Виробництво та використання армовани плит перекриття та покриття з використанням газобетону.

Плита перекриття виготовляють з газобетону марки D500 і класом міцності на стиск C2,5. Вони виготовляються згідно Альбому робочих креслень заводу виробника «Плити перекриття і покриття з пористого бетону автоклавного тверднення.(рис.4.1).



4.1 Схема армування газобетонної плити перекриття.

Таблиця 1 Номенклатура плит перекриття з автоклавного газобетону

Номенклатура плит	Несуча здатність, кгс/м ²	Маса, кг
1 ПП 24.6.2,5-5Н	500	240
1 ПП 30.6.2,5-5Н	500	300
1 ПП 36.6.2,5-5Н	500	350
1 ПП 42.6.2,5-5Н	500	420
1 ПП 48.6.2,5-5Н	500	480
1 ПП 54.6.2,5-5Н	500	550
1 ПП 60.6.2,5-5Н	500	610
1 ПП 64.6.2,5-5Н	500	670

Маса плити вказана з урахуванням 25% вологості. Приклад позначення плити перекриття: 1 ПП 64.6.2,5-5Н де: 1 ПП – плита перекриття плоска 64 - номінальна довжина плити в дм; 6 - номінальна ширина плити в дм; 2,5 – номінальна висота плити у дм; 5,3 – розрахункове корисне навантаження на плиту (без урахування власної ваги) у кПа; Н – пористий бетон.

Характеристика плит: ширина = 600 мм, висота = 250 мм, довжина = 2400 мм; 3000 мм; 3600 мм; 4200 мм; 4800 мм; 5400 мм; 6000 мм; 6400 мм; щільність бетону 500 кг/м³, клас міцності бетону на стиск С2,5, морозостійкість F100, допустиме навантаження плит покриття 5 кПа, коефіцієнт теплопровідності в нормальних умовах експлуатації становить 0,16

Вт/(м х К), звукоізоляція з урахуванням бетонної стяжки забезпечує індекс ізоляції повітряного шуму $R_w = 52$ дБ.

На рис. 4.2 приведені фрагменти використання збірних газобетонних конструкцій (стінові панелі, полисти покриття, плити перекриття)



Рисунок 4.2 Схема будівництва промислових і житлових об'єктів з використанням газобетонних виробів.

В Європейських країнах використовують газобетонні плити перекриття і покриття з щільністю D400 і D500 з міцністю бетону C2,5, у формі паралелепіпеда з пазами, які застосовують при спорудженні даху - як

плоского, так і двосхилого, а також в якості перекриття між поверхом і неексплуатованим горищним приміщенням.

Звукоізоляція з урахуванням бетонної стяжки (30-40 мм) забезпечує індекс ізоляції повітряного шуму $R_w = 52$ дБ.

В табл.4. приведені дані поглинання звуку газобетонними стінами.

Таблиця 4 Індеси ізоляції повітряного шуму одношаровими стінами.

Товщина стіни (мм)/густина, кг/м ³	Індекс ізоляції повітряного шуму R_w , дБ
100/424	35
150/425	39
200/425	43
250/425	45
300/425	46
300/300	43
375/300	46
500/300	49

Особливістю виготовлення газобетонних плит перекриття та покриття є попереднє нанесення антикорозійного покриття на арматуру.

В Україні виробляються лише U-блоки, а О-блоки і Т-блоки не виробляються, хоча їх використання поширене в європейських країнах і являється економічно доцільним і для України, особливо з врахуванням актуальності енергозбереження.

На рис. 4.3 приведена принципова схема монтажу збірно-монолітного перекриття. Влаштування такого перекриття забезпечує додаткову тепло- і звукоізоляцію перекриття, що важливо для житлових та громадських будівель. Відпадає необхідність використання спеціального транспорту для перевезення плит перекриття, кранів для виконання погрузо-розгрузочних робіт та монтажних робіт.

У 2022 році компанія «Орієнтир-Буделемент» торгова марка «Стоунлайт», що означає (білий камінь) потіснила з ринку колишнього лідера – компанію «Аерок», яка мала серед власників російських олігархів. Компанія потрапила

під санкції і зупинила виробництво. Компанія «Орієнтир-Буделемент» виготовляє 94% газобетону марки D500, який являється відносно важким.



Рисунок 4.3 Фрагмент використання Т-блоків при влаштуванні перекриття

Використання Т-блоків при влаштуванні перекриття будівлі замінило традиційні керамічні та пустотні блоки з легкого бетону. Перевага Т-блоків полягає в тому, що такі блоки додатково виконують функцію звукоізоляції міжповерхового перекриття та являються додатковим утепленням в разі використання їх як в покритті верхнього поверху. На сьогодні жоден завод в Україні не виготовляє Т-блоки. Окремі європейські компанії виробляють газобетонні блоки спеціального призначення (О-блоки, Т-блоки, U-блоки). О-блоки використовуються для влаштування каналів натуральної вентиляції в приміщеннях.

В процесі влаштування збірно-монолітного перекриття будівлі обов'язково влаштовують елементи тимчасові опори до бетонування перекриття з послідовним влаштуванням стяжки товщиною 5 см з використанням арматурної сітки 10 x 10 см, товщиною 5 мм. (рис. 4.4).

Перехід від використання монолітних плит перекриття та доступних залізобетонних пустотних плит, виробництво яких налагоджено ще за часів існування СРСР до збірно - монолітних з газобетону слід розглядати як додатковий резерв енергозбереження.



Рисунок 4.4 Фрагменти влаштування збірно-монолітного перекриття з використанням U-блоків.

Як видно з рис. 4.5 передбачене влаштування тимчасових опор до бетонування перекриття. Для перерозподілу навантаження на поверхню перекриття бетонується армована стяжка товщиною 5 см з арматурною сітка 10 x 10 см діаметром арматур 5-6 мм.

Збірно-монолітні перекриття широко поширені в європейських країнах, насамперед через те, що там домінує будівництво малоповерхових житлових будинків. В умовах зростання вартості металу, цементу енергоємність таких перекриттів в 2,5-3 рази нижче ніж традиційних пустотних залізобетонних плит. Сутєвим недоліком збірно-монолітних перекриттів є більш тривалий період їх влаштування і можливість виконання робіт в теплу пору року.

Існує велика кількість теплоізоляційних матеріалів (пінополістирол, базальтова вата, мінеральна вата, ековата, піноскло, юнізол, піноізол, пінобетон, ніздрюватий автоклавний бетон, пінополіуретан, арболіт, костробетон, перлітобетон та інші), деякі з них мають приблизно однакий коефіцієнт теплопровідності, в межах 0,04-0,05 Вт/(м²· К). За своїми фізико-

механічними та експлуатаційними властивостям вони суттєво різняться і не завжди прийнятні для масштабного використання. Це стосується горючості, міцності, морозостійкості, екологічності, капілярного підсмоктування, водопоглинання, тощо. Перевага в Україні при утепленні малоповерхових будинків віддається горючому дешевому пінополістиролу.

Вимоги до пожежної безпеки фасадних конструкцій регламентуються ДБН В.1.1.7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» та ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування». Відповідно до ДБН В. 1.1-7:2016 горючі будівельні матеріали поділяються:

- за димоутворювальною здатністю на три групи: Д1 (з малою димоутворювальною здатністю); Д2 (з помірною димоутворювальною здатністю) та Д3 (з високою димоутворювальною здатністю);

- за токсичністю продуктів горіння на чотири групи: Т1(мало небезпечні); Т (помірно небезпечні); Т3(високо небезпечні); Т4(надзвичайно небезпечні);

- за поширенням полум'я поверхнею на чотири групи; РП1 (не поширюють); РП2 (локально поширюють); РП3 (помірно поширюють); РП4(значно поширюють)

Найбільш поширеними теплоізоляційними матеріалами являються мінеральна вата та пінополістирол. Екструдований пінополістирол, як і вироби з пінопласту в залежності від наявності в їх складі добавок антипіренів відносять до класів горючості: Г2 - нормально горючі; Г3 - сильно горючі.

Середня температура загоряння екструдованого пінополістиролу - 450 °С, пінопласту - 310 °С. Пінополістирол може експлуатуватися в діапазоні від -50 до +75 °С без руйнування цілісності. Горіння пінополістиролу супроводжується сильним виділенням густого чорного диму ($267 \text{ м}^3/\text{м}^3$). Швидкість його горіння становить приблизно 10,5 м/хв. Цей вуглевод має одну із найвищих температур горіння - 1100 °С, тому раніше застосовувався у напалмових бомбах, а продукти його горіння надзвичайно шкідливі для

Як видно з табл.4.1 негорючий утеплювач пригодний для використання при висоті будівлі від менше 9 м до більше 47 м незалежно від конструктивної схеми збірної системи.

Враховуючи особливі властивості пінополістиролу та мінеральної вати саме теплоізоляційний автоклавний газобетон в перспективі при налаштуванні виробництва буде займати нішу теплоізоляційних матеріалів, особливо при будівництві малоповерхового житла. Газобетон є негорючим теплоізоляційним матеріалом і за ціновим фактором випереджає піноскло і мінеральну вату та інші матеріали.

Умовно всі утеплювачі для фасадів поділяються на два види: органічні і неорганічні. До першого виду належать пінополістирол і пінопласт (група горючості Г1-Г4 в залежності від виду утеплювача), до другого різноманітні види ват — кам'яна, скловата і т.п. (група НГ — негорючі матеріали). Масове виробництво теплоізоляційного газобетону марки D150 вперше серед країн колишнього Радянського Союзу розпочалось в Україні в 2013 році, але в 2023 році було призупинене.

Масштабне виробництво автоклавного газобетону в колишньому СРСР розпочалось в кінці 50-х на початку 60-х років. В 1991 році в колишньому СРСР вироблялося близько 5,7 млн. м³ виробів з автоклавного газобетону [31]..



Рис. 4.1- Використання теплоізоляційних блоків з автоклавного газобетона для утеплення стін, покрівлі, підлоги [23].

Оцінку стану виробництва автоклавного газобетону в Україні доцільно порівняти з сусідньою Польщею. В Україні працює практично біля 10 заводів і 2 із них знаходяться в Київській області, на них приходить 60% загальних обсягів виробництва газобетону, що з позиції логістики та вартості транспортних витрат є абсолютно не раціональним. Наприклад в сусідній Польщі працює більше 30 заводів

Висновки до розділу 4

Будівництво малоповерхового житла потребує в рази більше будівельних матеріалів, і на самперед, стінових матеріалів.

В Україні виробляються лише U-блоки, а О-блоки і Т-блоки не виробляються, хоча їх використання поширене в європейських країнах і

являється економічно доцільним і для України, особливо з врахуванням актуальності енергозбереження.

Виробництво U-блоків, О-блоків та Т-блоків може бути організовано на будь-якому з заводів, які виробляють стандартні прямокутні стінові блоки. Відходи виробництва цих блоків використовуються для виготовлення мінеральних цементних клеїв, які сьогодні реалізуються, як сухі цементні суміші разом зі стандартними газобетонними блоками.

Сучасні заводи по виробництву автоклавного газобетону виготовляють газобетонні армовані перемички з газобетону D500 з внутрішнім армуванням. Їх використовуються забезпечує при перекритті отвору в стінці з газоблоків. Перемички монтуються, як однопрогонові балки, які можуть приймати симетрично розподілені великі навантаження.

Виробництво збірно-монолітних перекриттів усуває необхідність крана, та трудомістких погрузо-розгрузочних робіт. При цьому такі перекриття забезпечують отримання додаткових теплозахисних та звукоізоляційних властивостей, які необхідні перекриттям.

РОЗДІЛ 5 ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ

5.1 Енергетична ефективність виробництва автоклавного газобетону.

Автоклавний газобетон на сьогодні визнаний, як найбільш перспективний стіновий матеріал в країнах СНД та країнах ЄС. В ньому поєднані високі конструктивно-теплоізоляційні властивості, а за екологічними показниками він наближений до деревини.

За всю відносно нетривалу історію існування автоклавного газобетону в Україні (з початку 60-х років минулого століття) зберігається тенденція до

зменшення його щільності зі збереженням міцності. Цю проблему постійно вирішують виробники газобетону і науковці.

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.

Основними сировинними компонентами для виробництва автоклавного газобетону використовується доступні: кварцовий пісок, цемент, вапно, гіпсова добавка, алюмінієва пудра. Сировинна газобетонна суміш заливається в металеві форми і заповнюється приблизно на 1/3 її висоти. Алюмінієвий обезжирений порошок вступає в хімічну реакцію з гашеним вапном в результаті чого виділяється водень і суміш спочувається (піднімається), на поверхні форми утворюється горбушка (аналог горбунки на поверхні звичайної хлібини, чи пасхи), але там функцію газоутворювача виконують харчові дріжджі.

Раніше в 70-ті роки минулого століття при литевій технології виробництва газобетону армовані вироби направлялись в автоклав в металевих формах. Горбушка видалялась для повторного використання. Сьогодні всі заводи зрізають горбушку і транспортують її в шлам басейни для повторного використання. Відомі авторські свідоцтва де в якості добавки в сировинні суміші було передбачено використання неавтоклавованого газобетону (зворотній шлам) та відходів вже автоклавованого газобетону.

Литєва технологія виробництва передбачає: пісок розмелюється з водою в шаровому млині поступає в шламбасейн і безперервно перемішується. Компоненти суміші завантажуються в бетономішалку, перемішуються і заливаються в змазані металеві форми, суміш спучується за рахунок виділення водню, зрізається горбушка, форми завантажувались в автоклав, куди подається перегріта пара 197 °C з тиском 10 -12 атм. Всі компоненти завантажувались в металеву форму, яка завантажувалась в автоклав. Через

низький відсоток завантаження автоклава, відсутність точності розмірів стінових блоків свідчить ще в 70-х роках, Україна пізніше відмовилась від литєвої технології.

Різальна технологія кардинально змінила технологію виробництва газобетону – після формування газобетонної суміші в спеціальних формах їх витримують в камерах попереднього дозрівання при 50-60 °С для інтенсифікації росту пластичної міцності газобетонного сирця, після чого форми переміщуються на спеціальний стенд де їх перевертають у вертикальне положення на 90 градусів, демонтують всі елементи металевої спеціальної форми крім одного бокового борту, на якому розміщений газобетонний масив у вертикальному положенні. Після цього масив переміщуються на пост де з двох сторін вертикального масива знімається шар (газобетону стружка), досягається висока лінійна точність блоків, проводиться вертикальна і горизонтальна розрізка масива струнами на блоки, вирізаються захвати для рук. Всі відходи повертаються для повторного використання. Порізані блоки складаються на спеціальні піддони, які забезпечують проникнення пари в газобетон з усіх сторін, складають на візки і подають в автоклав.

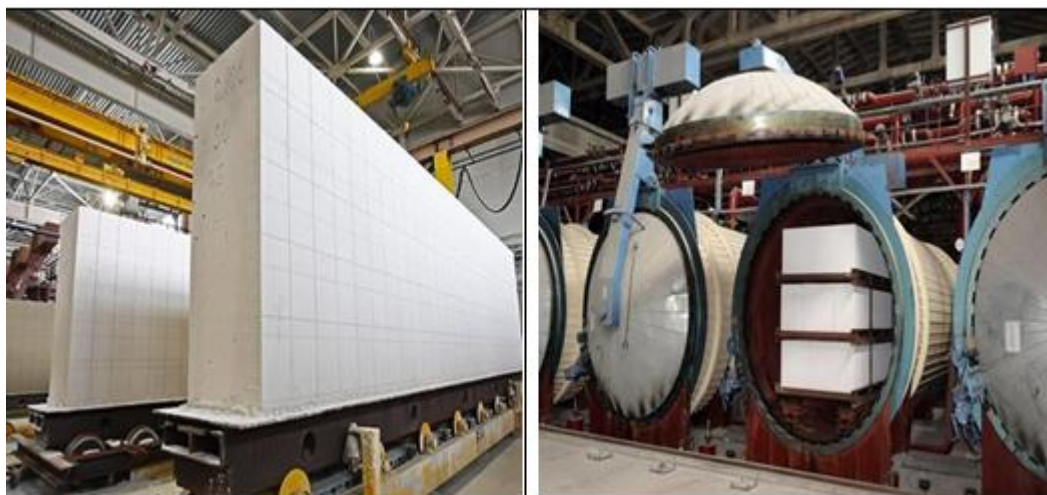


Рисунок 5.1 Фрагмент вилучення автоклава.

Бракований газобетон та інші відходи повертається в шлам басейн, а потім повторно використовується. Зрізана горбушка це сирий газобетон в якому міститься частково гідратований цемент, вапно, пісок, гіпс. В сировинні газобетонні суміші вміст так званого зворотнього шламу (гобушки) не є постійним і може досягати 15-20%. Тому визначальним показником на стадії виробництва газобетону стає рухомість суміші (вміст води), яка автоматично контролюється і підтримується, додатково перевіряється технологами осадкою конуса циліндром Суттарда, В/Т відношенням.

При переході на виробництво більш легкого газобетону зменшуються витрати сировинних матеріалів, витрати енергії на їх автоклавну обробку, зменшується коефіцієнт теплопровідності матеріалу.

Газобетон, як стіновий матеріал, виготовляється марки D300, D 400, D500 D600 і теплоізоляційний від D100 до D350. Аналіз фактичної реальної густини газобетону за даними робочих журналів заводів, наприклад марки D500, свідчить що густина матеріалу фактично постійно коливається в межах $\pm 42-50$ кг/м³, тобто від 430 до 550 кг/м³. В табл. 5.1 приведені узагальнені переваги та ефективність будівництва будівель з використанням автоклавного газобетону.

Таблиця 5.1 Техніко-економічна ефективність використання газобетону.

№ пп	Техніко-економічна ефективність
1	Багаторічний досвід виробництва автоклавного газобетону показав, що енерговитрати на його виробництво становлять 320 кВт • год / м ³ , при виробництві повнотілої цегли потрібно витратити 900 кВт • год / м ³ , пустотної - 600 кВт • год / м ³
2	На нагрівання 1 м ² цегляних стін потрібно енергії більше в 3,5 рази (з повнотілої цегли) і в 2,3 більше (з пустотної цегли), ніж на нагрівання стіни з газобетонних блоків, а остигання цегляних стін відбувається швидше в 1,37 і 1,31 разів, відповідно.
3	При виконанні кам'яних робіт продуктивність праці будівельників зростає в декілька раз і одночасно зменшуються витрати на транспортні, погрузочні і розвантажувальні роботи.
4	Використання газобетону марки D300 D 400 кг / м ³ практично не

	потребують додаткового утеплення при прийнятні ширині стінових блоків 375 - 500 мм.
5	Газобетон повністю піддається рециклінгу
	Точна геометрія блоків дозволяє виконувати кладку на клейовому розчині з товщиною шва 2-3 мм, що усуває «містки холоду». Норма витрат клею у 5-6 разів нижча від норми витрат розчину. Поверхня блоків і тонкий шов кладки забезпечують рівну поверхню стін що умуваєне обхідність їх подальшого вирівнювання.
6	Використання газбетону в стінових конструкціях зменшує навантаження на фундаменти та транспортування.
7	Газобетон відкриває необмежені можливості для архітектурних втілень і дизайнерських рішень.
8	Газобетон забезпечує високу швидкість будівельних технологічних процесів будівництва об'єкту.
9	Автоклавний газобетон характеризується високими теплоізоляційними властивостями, пожежною безпекою, довговічністю і економічністю.
10	Відмова України з 2024 року від імпорту природного газу і перехід до електроопалення нових житлових будинків умовах зростання термічного опору стін переводить газобетон в найбільш затребуваний стіновий матеріал і негорючу екологічно чисту теплоізоляцію для зовнішнього і внутрішнього утеплення будівель.

Причиною цього є коливання на сам перед води та компонентів. Крім того може змінюватись дисперсність цементу, молотого піску мінералогічний, хімічний складу, кількість зворотнього шламу (горбунки), рівень його гідратації тому вода являється кінцевим регулятором формування якісної ніздрюватої макроструктури газобетону.

5.2 Довговічність автоклавного газобетону

На початку масштабного виробництва автоклавного газобетону в колишньому СРСР тривалий час велись дискусії про довговічність газобетону.[24].

Відповідно до нормативних вимог ДСТУ Б В.2.7-45:2010 «Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови» вимоги усадки при висиханні пористих бетонів повністю повторюють вимоги європейських стандартів. Величина

усадки оцінюється при втраті газобетоном вологості від 35% до 5% за масою на зразках - призмах 160 мм x 40 мм x 40 мм.

Використання АГБ обмежується вологістю повітря (не більше 75%), або потребує захисту поверхні огорожувальної конструкції від сорбції води. Змочений водою газобетон в умовах експлуатації змінює термічний опір огорожувальної конструкції стіни. Коефіцієнт теплопровідності води - $\lambda = 0,55 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, практично в 20 разів більший, ніж коефіцієнт теплопровідності повітря, льоду становить $\lambda = 2,2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, або в 4-5 разів більше ніж коефіцієнт теплопровідності води і майже в 100 разів більше коефіцієнта теплопровідності повітря в порах газобетону середнього розміру.

Вуглекислий газ вступає в реакцію з Ca(OH)_2 і продуктами гідратації мінерального в'язучого, або продуктами гідротермального синтезу кварцового піску і вапна в умовах автоклавної обробки виробів (1).



Карбонізація приводить до старіння бетону, а газобетону в більшій мірі, оскільки кислотоутворюючі гази - двоокис вуглецю (CO_2) і двоокис сірки (SO_2) легше проникать в його структуру і в присутності вологи зменшують лужне середовище цементного каменя. Гідратні новоутворення силікатного каменя (тоберморит) також карбонізуються з утворенням карбонату кальцію, глинозему, оксидів заліза, гідратованого кремнезему (2).



З термодинамічної точки зору, в принципі, карбонізації підлягають всі продукти гідратації в'язучого з утворенням кальциту CaCO_3 , кварцу SiO_2 , гібситу Al(OH)_3 .

Позитивний вплив карбонізації на бетон полягає в ущільненні структури бетону в результаті збільшення об'єму за рахунок утворення карбонату кальцію. При цьому слід очікувати підвищення і водо - газонепроникності АГБ за рахунок зменшення загального об'єму пор та підвищення міцності

бетону за рахунок поверхневого його ущільнення. З іншої сторони, негативна дія карбонізації полягає в зменшенні рН цементного каменю, внаслідок чого виникає небезпека корозії арматури та втрата несучої спроможності армованих конструкцій. Крім того, при карбонізації відбувається руйнація гідросилікатів кальцію – основних носіїв міцності автоклавного газобетону – тоберморіту.

Щільний бетон тривалий час зберігає лужне середовище і виключає можливість корозії арматури. В армованих газобетонних виробках через низьку їх густину і високу паропроникність, яка по мірі зменшення густини газобетону стрімко зростає (рис. 5.1) виникає потреба в захисті арматури від корозії спеціальними антикорозійними покриттями. Для цього арматура покривається цементно-бітумними, цементно-полістирольними, сланцебітумно-цементними, цементно-латексними мастиками.

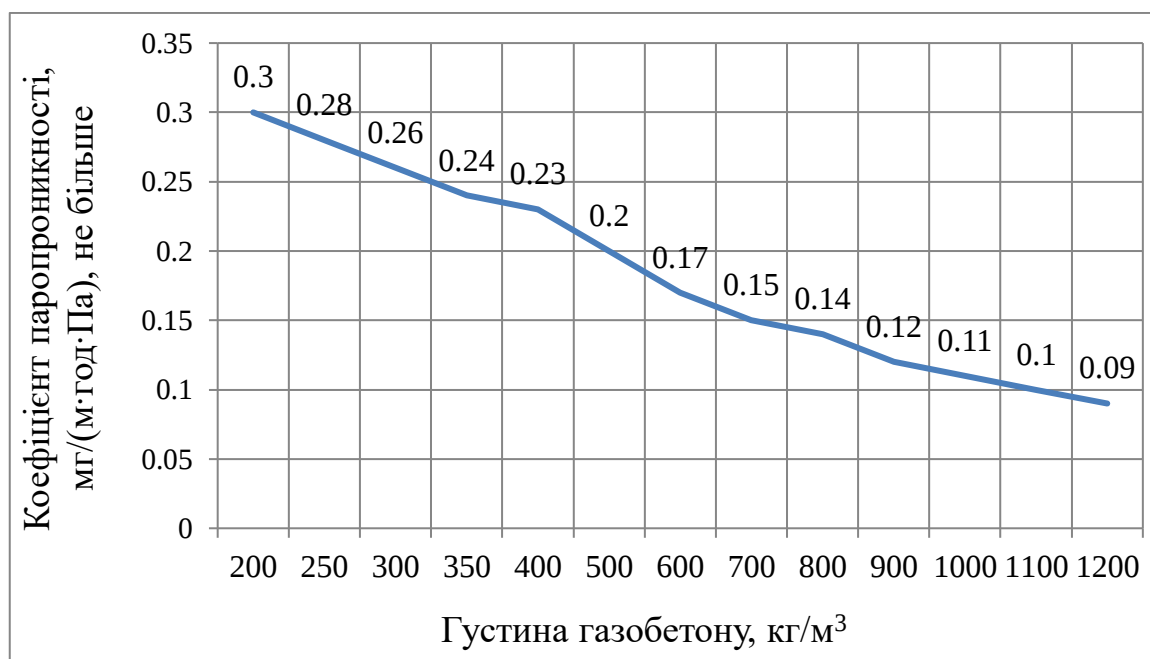


Рисунок 5.1. - Залежність коефіцієнта паропроникності від густини АГБ.

На 7-й міжнародній конференції з автоклавного газобетону в роботі П. Вальчака «Життєвий цикл ААС: Як довго може використовувати будівлі з газобетону» [41] приведена оцінка впливу тривалої карбонізації на фазовий

склад газобетону. Дослідження були проведені в Польщі, мали за мету оцінити ступень карбонізації зразків з існуючих будівель та зразків віком близько 60 років що були взяті з 2-х різних будівель, що були знесені. На основі рентгеноструктурного та рентгенофлуоресцентного аналізів досліджено початковий вміст оксидів кальцію CaO , та діоксиду кремнію SiO_2 , після чого визначено ступінь карбонізації досліджуваних зразків. В обох випадках рентгеноструктурний аналіз показав наявність тобермориту у мінералогічному складі зразків. Присутність тобермориту також була підтверджена спостереженнями під растровим мікроскопом, де кристали тобермориту все ще були присутні.

Зроблено висновок, що припущення про повну карбонізацію АГБ через 60 років є неправильним. Досвід будівництва, а також аналіз існуючих будівель і тих, що призначені до знесення, чітко показують, що через 60 років тоберморит все ще присутній у внутрішній структурі АГБ і матеріал зберігає свої властивості. Припущення, яке було викладене в дорожній карті, розробленій Європейською асоціацією автоклавного газобетону та Британською федерацією залізобетонних виробів, про встановлення терміну служби кладки з газобетону до 150 років, є реалістичним. При аналізі життєвого циклу ніздрюватого бетону необхідно враховувати "загальну картину", оскільки результати часткових випробувань можуть помилково свідчити про те що карбонізація є лінійним процесом. Найважливішим є те, що закінчення карбонізації не є кінцем життя для кладки з блоків АГБ, і не є кінцем життя будівлі.

Саме завдяки підвищеному значенні рН середовища в бетоні відбувається пасивація корозії арматури цементних матеріалах. Оскільки дифузія CO_2 у повітрі відбувається приблизно в 10^4 разів швидше, ніж у воді – вологість самого бетону має вирішальне значення для швидкості карбонізації газобетону. При цьому важливим фактором залишається вологість повітря.

Карбонізація найбільш інтенсивно відбувається при вологості від 50 до 70% і значно повільніше, якщо вологість більше 75 або менше 45% [42].

Природні активні мінеральні добавки, добавка ДГШ є відомою мінеральною добавкою в цементних системах, вона забезпечує гідравлічну активність цементних матеріалів і забезпечує економію енергомісткого традиційного цементу, але характеризується повільними термінами тужавіння що технологічно не бажано на стадії формування газобетонної суміші, оскільки кінець газовиділення має співпадати з закінчення тужавіння і фіксацією макроструктури газобетону.

Енергоемність виробництва автоклавного газобетону практично в 2,0-2,5 рази менше ніж традиційних стінових матеріалів.

Для того щоб зрозуміти, як різні будови відрізняються між собою за їх рівнем енергоефективності розглянемо початку європейську класифікацію будівель залежно від рівня енергоспоживання під час їх експлуатації:

Старі будівлі (будівлі збудовані до 1970-х років) — вимагають для свого функціонування (опалення та охолодження) близько 300 кВт-год/м² на рік. Цей стандарт, на жаль, досі відповідає і звичайній будівлі, яка зводилась тривалий час в Україні.

Нові будівлі (будувалися в Європі з 1970-х до 2002 року) – 150 кВт год/м², будинки низького споживання енергії (з 2002 року в Європі не дозволено будівництво будинків з великим енергоспоживанням) – 60 кВт-год/м² на рік.

Пасивний будинок (прийнятий Закон, згідно з яким з 2019 року в Європі не можна будувати будинки за стандартами нижчими, ніж пасивний будинок) — 15 кВт/год./м² на рік.

Будинок нульової енергії (будівля, що архітектурно має той же стандарт, що й пасивний будинок, але інженерно оснащений так, щоб споживати тільки ту енергію, яку сама і виробляє) — 0 кВт-год/м² на рік.

Будинок плюс енергії (будівля, яка за допомогою встановленого на ньому інженерного обладнання: сонячних батарей, колекторів, теплових насосів, рекуператорів тощо виробляє більше енергії, ніж сама споживає).

Дослідження були проведені в Польщі, мали за мету оцінити ступень карбонізації зразків з існуючих будівель та зразків віком близько 60 років що були взяті з 2-х різних будівель, що були знесені. На основі рентгеноструктурного та рентгенофлуоресцентного аналізів досліджено початковий вміст оксидів кальцію CaO , та діоксиду кремнію SiO_2 , після чого визначено ступінь карбонізації досліджуваних зразків. В обох випадках рентгеноструктурний аналіз показав наявність тобермориту у мінералогічному складі зразків. Присутність тобермориту також була підтверджена спостереженнями під растровим мікроскопом, де кристали тобермориту все ще були присутні.

Зроблено висновок, що припущення про повну карбонізацію АГБ через 60 років є неправильним. Досвід будівництва, а також аналіз існуючих будівель і тих, що призначені до знесення, чітко показують, що через 60 років тоберморит все ще присутній у внутрішній структурі АГБ і матеріал зберігає свої властивості. Припущення, яке було викладене в дорожній карті, розробленій Європейською асоціацією автоклавного газобетону та Британською федерацією залізобетонних виробів, про встановлення терміну служби кладки з газобетону до 150 років, є реалістичним. При аналізі життєвого циклу ніздрюватого бетону необхідно враховувати "загальну картину", оскільки результати часткових випробувань можуть помилково свідчити про те що карбонізація є лінійним процесом. Найважливішим є те, що закінчення карбонізації не є кінцем життя для кладки з блоків АГБ, і не є кінцем життя будівлі.

На деформаційні усадки (карбонізаційні, зволоження-висушування, замерзання-відтаювання) автоклавного газобетону впливає наявність вологи в газобетоні. Рівноважна вологість автоклавного газобетону по товщині стінової

конструкції встановлюється після 3-5 років експлуатації. Рівноважну вагову вологість в зовнішніх стінах в нормальних кліматичних зонах вологості і будівель та нормальним режимом експлуатації приймають рівною 4-5%.

Висновки до розділу 5

В автоклавному газобетоні поєднані високі конструктивно-теплоізоляційні властивості, за екологічними показниками він наближений до деревини.

За всю відносно не тривалу історію існування автоклавного газобетону в Україні (з початку 60-х років минулого століття) зберігається тенденція до зменшення його щільності зі збереженням міцності. Цю проблему постійно вирішують виробники газобетону і науковці.

Природні активні мінеральні добавки, добавка ДГШ є відомою мінеральною добавкою в цементних системах, вона забезпечує гідравлічну активність цементних матеріалів і забезпечує економію енергомісткого традиційного цементу.

Після 60 років експлуатації автоклавний газобетон частково карбонізується і зберігає свої експлуатаційні властивості.

В умовах обмеження імпорту природного газу та руйнації енергетичної інфраструктури через війну без відкладним завданням будівельного комплексу країни залишається утеплення застарілого житлового фонду та перехід до будівництва енергоефективних будівель. Добавка ДГШ є відомою мінеральною добавкою в цементних системах, вона забезпечує гідравлічну активність цементних матеріалів і забезпечує економію енергомісткого традиційного цементу, але характеризується повільними терміни тужавіння що технологічно не бажано на стадії формування газобетонної суміші, оскільки кінець газовиділення має співпадати з закінчення тужавіння і фіксацією макроструктури газобетону.

Для кліматичних умов України рівень теплоспоживання будинку пасивного типу законодавчо не визначений але за нормативно-технічними вимогами України будинки високої енергетичної ефективності повинні щорічно споживати до 65-75 кВт·годин на 1 кв. м. площі, для Німеччини аналогічний показник становить до 40 кВт·годин на 1 м², а для будівель так званого «пасивного типу» - не більше 15 кВт·годин м². Зростання цін на енергоносії та нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій будівель дало поштовх до збільшення виробництва автоклавного газобетону.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Багаторічний досвід виробництва автоклавного газобетону показав, що енерговитрати на його виробництво 1 м³ становлять 320 кВт • год, при виробництві повнотілої цегли потрібно 900 кВт • год, пустотної - 600 кВт • год.

Обсяги виробництва автоклавного газобетону в Україні зрісли з 2000 по 2022 в 46 раз, до 4,6 млн. м³ в рік і Україна вийшла на 4 місце в Європі за показниками загальних обсягах його виробництва.

По мірі вдосконалення технології виробництва газобетону автоклавного газобетону середня густина стінових блоків зменшилась з 640 кг/м³ до 300-500 кг/м³, а теплоізоляційного газобетону з 300 до 100кг/м³.

Багаторічний досвід виробництва автоклавного газобетону підтверджує, що його енергозатратність 320 кВт•год/м³, при виробництві повнотілої цегли – 900 кВт•год/м³ та пустотної цегли – 600 кВт•год/м³.

Аналіз даних щодо цегли і газоблоку показав, що фактично одна цеглина в 23 разів менша, ніж один газоблок розміром 375x200x600 мм. При цьому вага такої кількості цегли складає близько 80 кг, в той час коли блок густиною D400 з вказаними розмірами важить трохи більше 20 кг навіть з врахуванням його вологості. На практиці це означає, що на зведення коробки будинку із газоблоків піде у кілька разів менше часу, ніж на будівництво коробки з цегли.

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.

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.

За даними Всеукраїнської асоціації виробників автоклавного газобетону його доля в структурі стінових матеріалів України в 2020 році склала 53%. Практично 60% газобетону виробляється в Київській області.

Будівництво в Україні нових сучасних заводів з виробництва автоклавного газобетону забезпечило зростання його якості до рівня показників якості кращих європейських виробників. При густині 300 кг / м³ і класі міцності на стиск С1,5 і С2,0 цей матеріал, як конструкційно-теплоізоляційний матеріал, використовується для будівництва малоповерхових житлових будинків висотою до 3-х поверхів і для висотного каркасного і каркасно-монолітного будівництва житла та інших об'єктів і не потребує додаткового утеплення.

Саме зростання цін на енергоносії та нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій будівель при низькій платоспроможності населення забезпечило високу популярність автоклавному газобетону особливо в тих країнах де низький рівень забезпечення житлом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гаевская З. А., Лазарева Ю. С., Лазарев А. Н. Проблемы внедрения системы «зеленых» стандартов : Молодой ученый №16 2015. 145-152 с.

2. Сердюк В.Р., Рудченко Д.Г. Зростання обсягів виробництва та сфери використання газобетонних блоків. Вісник ВПІ. 2021. № 5. –С.7-17.

3. Бачинська Л.Г. Житлова архітектура у СРСР: історичні наслідки політичного втручання / Л.Г. Бачинська // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Наук.-тех. зб. - Вип. 28. 2011. С. 3-15.

4. Макарова О.В. Житлові умови як ключовий аспект якості життя в Україні. Вісник Національної академії наук України. 2015. № 6. С. 28–33.

5. В. М. Новіков Удосконалення фінансування житлового будівництва / В. М. Новіков // Демографія та соціальна економіка. 2018. № 3. С. 86-99.
Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/dse>.

6. Сердюк Т.В., Франишина С.Ю. «Комерційна привабливість та державна підтримка інвестицій в енергозбереження: вітчизняний досвід» Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2011. № 2. - С. 46-51..

7. Сердюк Т.В., Франишина С.Ю. «Організаційно-функціональні засади діяльності регіональних фондів енергозбереження» Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. 2010. Випуск 25. ч.2. С.119-123

8. Фощ А.В. Термомодернізація будівель – ресурс енергозбереження в будівництві/ Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2016. Вип. № 65. С.137-141.

9. Статистика будівництва житла 2020. Соціально-демографічні характеристики домогосподарств України у 2020 році. Департамент обстежень домогосподарств Держстату. Відповідальний за випуск І. І. Осипова. Статистичний збірник. Київ. 2020. С.30

10. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2017. № 33. Ст.359.

11. Сердюк В.Р. Розширення функціональних властивостей навісних вентильованих іасадів при утепленні будівель. Наук-тех. журнал “Сучасні

технології, матеріали, і конструкції в будівництві”. 2023. ВНТУ. Том 34. №1 С. 91-100.

12. Сердюк Т.В., Франішина С.Ю, Сердюк В.Р., Рудченко Д.Г.. Вплив енерго-екологічних складових на будівництво житла і виробництво стінових будівельних матеріалів. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2021. № 3. С. 7-17

13. Fesanghary M. Design of lowe mission and energyefficient residential building susing a multi objective optimization algorithm /M. Fesanghary, S. Asadi, Z. W. Geem // Building and Environment. №49. 2012. P. 245–250

14. Сердюк В.Р., Сердюк Т.В., Франишина С.Ю. Підвищення ролі будівельної галузі у сповільненні глобального потепління. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2022. № 5. С. 6-15.

15. Закон України про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2020, № 22, 150 с

16. Директива Європейського Парламенту і ради 2003/87/ЄС від 13 жовтня 2003 року про встановлення системи торгівлі квотами на викиди парникових газів у межах Союзу та внесення змін до Директиви Ради 96/61/ЄС: ОВ L 275 25.10.2003. 32 с.

17.Директива Європейського Парламенту і ради 2004/101/ЄС Текст стосується ЄЕП від 27 жовтня 2004 року: Офіційний вісник 13.11.2004. 18 с.]

18. NASA, NOAA Analyses Reveal 2019 Second Warmest Year on Record [Electronic resource] / NOAA National Centers for Environmental Information, 2020 – Mode of access: <https://www.giss.nasa.gov/r>.

19. Глобальне потепління. <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.htm> .

20. Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 03 березня 2021 р. § 179. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennyanacionalnoyi-eko-a179>

21. Сердюк В.Р., Дишкант Н.О. Актуальність використання зрідженого вуглеводневого газу для опалення малоповерхової житлової забудови // Міжн. НТЖ Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. №2. 2016. С.55-61

22. Сердюк В. Р., Рудченко Д.Г. Порівняльні показники енергоемності виробництва автоклавного газобетону та інших стінових матеріалів. Наук-тех журн. « Сучасні технології , матеріали і конструкції в будівництві . 2020. С. 41-48».

23. 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. 19-20 с.

24. Вылегжанин В. П. Автоклавный газобетон для строительства экономичного и экологичного жилья / В. П. Вылегжанин, В. А. Пинскер // Строительные материалы. 2009. №8. С.8–11.

25. Сердюк В. Р. Тенденції виробництва керамзиту та використання керамзитобетону в сучасному будівництві / Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2018. № 3. С.14-22/

26. Рынок автоклавного аэрированного бетона (AAC) Research And Markets.com Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.researchandmarkets.com/r/6fmucz>.

27. ДСТУ - Н Б В.2.6-202:2015 Настанова з проектування та улаштування конструкцій будівель із застосуванням виробів із ніздрюватого бетону автоклавного тверднення.

28. Сердюк В.Р., Рудченко Д.Г. Шляхи зменшення енергетичної та екологічної складової у виробництві автоклавного газобетону. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2020. № 2. С.20-26.

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

30. Горшков А.С., Гринфельд Г.И., Мишин В.Е., Ватин Н.И., «Повышение теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея,» Строительные материалы. № 4. 2014. 1-8 с
31. Червяков Ю.М. Ячеистый бетон - эффективный стеновой материал / Строительные материалы и изделия. 2008. №6 (52). -С.35-36.
32. Environmentsl Performance Index. URL: <https://epi.yale.edu> (дата звернення 14.03.2023).
33. Дорогунцов С. І., Хвесик М. А., Горбач Л. М., Пастушенко П. П. Екосередовище і сучасність. У 8 т. Т.6. Екосередовище та євроінтеграційні процеси: Монографія. К.: Кондор, 2007. С. 67.
34. Можно ли утеплить стены газобетоном: применение плит «Мультипор» для теплоизоляции помещений. <https://kraska.guru/dom/istorii/plity-multipor.html>.
35. Енергоефективність – ахілесова п'ята української економіки. https://lb.ua/blog/dombrovskiy/367861_energoefektivnist-ahillesova.html.
36. Енергоефективність на виробництві: шлях України і досвід ЄС. <https://www.epravda.com.ua/columns/2020/10/9/666084/>
37. Рудченко Д.Г., Сердюк В.Р. Мінеральні добавки в технології виробництва автоклавного газобетону. Збірник наукових праць УкрДУЗТ, Харків. 2022, вип. №199. С.32-43.
38. . Сердюк В.Р., Рудченко Д.Г., Гудзь Д.В. Використання золи-виносу Бурштинської ТЕС в технології виробництва автоклавного газобетону. Вісник ВПІ. 2021. № 2. С.24-31.
39. Рудченко Д.Г., Дюжилова Н.О, Сердюк В.Р. Оцінка можливості застосування доменних гранульованих шлаків в технології виробництва автоклавного газобетону. Вісник ОДАБА. Випуск №79. 2020. С.117-126.

40. Рудченко Д. Г., Сердюк В. Р. Пути энергосбережения при использовании и производстве газобетона низкой плотности. Будівельні матеріали та вироби. №1-2. 2021. С.4-10.

41. This article appeared in its original form in the proceedings of ICAAC 2023 (7th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete): Walczak P. AAC life cycle: How long can autoclaved aerated concrete buildings be used. Ce papers. 2023;6:41-45.<https://doi.org/10.1002/cepa.2095>.

42. Штарк Й. Долговечность бетона / Штарк Й., Вихт Б. Пер. с нем. – А. Тулаганова. Под ред. П. Кривенко. – Киев.: «Оранта», 2004. 239 с.

ДОДАТОК

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Інноваційні технологічні рішення виробництва та використання автоклавного газобетону в сучасному будівництві

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 82,3 % Схожість 17,7 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Бланчук Н.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ Гоголь С.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Сердюк В.Р.
(підпис) (прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

ВІДОМІСТЬ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ

Аркуш	Найменування	Примітка
Лист 1	Мета. Задачі. Актуальність дослідження	
Лист 2	Динаміка будівництва житла	
Лист 3	Аргументи на користь виробництва і використання конструкційнотеплоізоляційного автоклавного газобетону після закінчення війни	
Лист 4	Основи технології виробництва автоклавного газобетону	
Лист 5	Динаміка виробництва автоклавного газобетону	
Лист 6	Номенклатура плит перекриття з автоклавного газобетону	
Лист 7	Використання армованих газобетон них виробів	
Лист 8	Розрахункові теплофізичні характеристики ніздрюватого бетону	
Лист 9	Дах з навісом з газобетон них панелей	
Лист 10	Використання газобетону в малоповерховому житловому будівництві	
Лист 11	Використання газобетонних блоків для заповнення внутрішніх і зовнішніх стін	
Лист 12	Газобетонні плити перекриття	
Лист 13	Термічний опір стін залежно від марки газобетону	
Лист 14	Порівняльні терміни показників термічного опору	
Лист 15	Динаміка обсягів будівництва житла	
Лист 16	Динаміка імпорту природного газу	
Лист 17	Фрагмент кладки стін	
Лист 18	Використання вигляд О-блоків вентиляція, армування	
Лист 19	Монтаж армованих плит перекриття	
Лист 20	Газобетонні перемички в приміщеннях та U-блоки	
Лист 21	Фрагмент влаштування збірно-монолітного перекриття	
Лист 22	Фрагмент монтажу газобетон них блоків	

Вінницький національний технічний університет
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної
інженерії

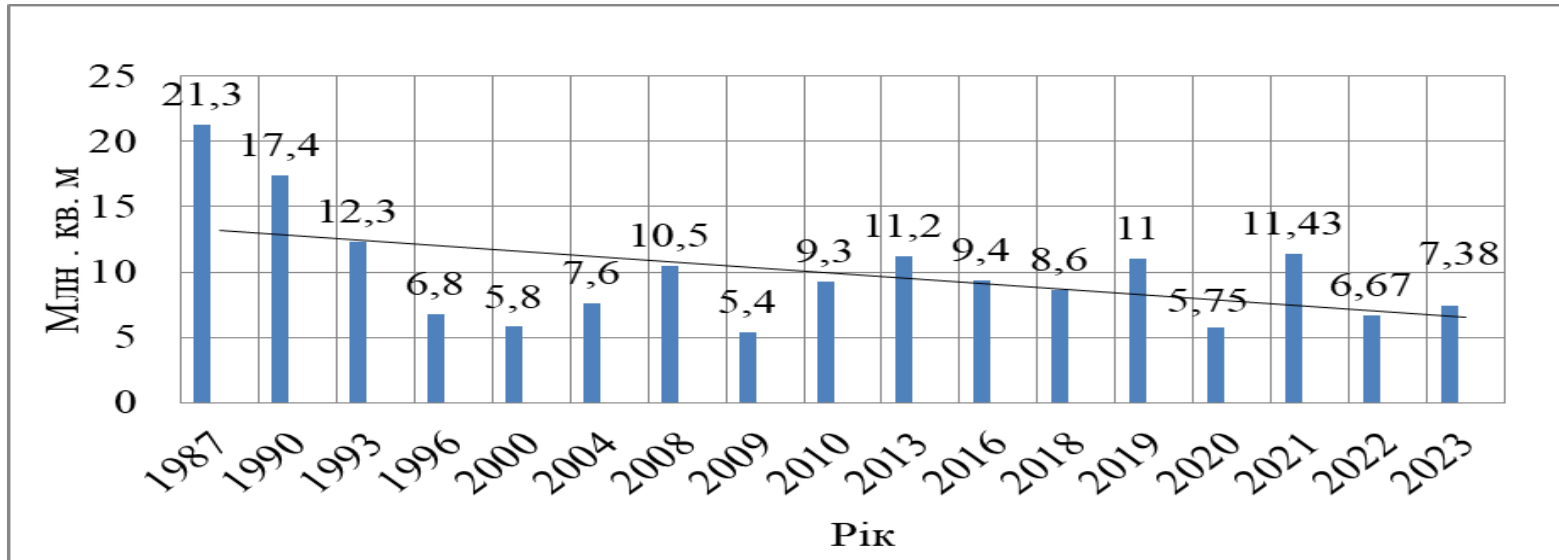
Магістерська кваліфікаційна робота
Гоголя Сергія Володимировича

**Тема: Інноваційні технологічні рішення
виробництва та використання автоклавного
газобетону в сучасному будівництві**

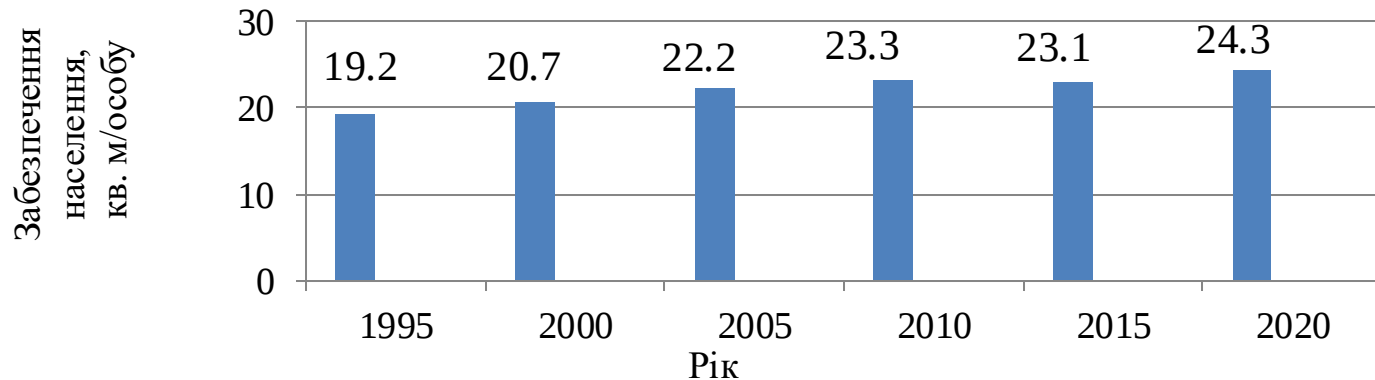
Науковий керівник д.т.н., проф. Сердюк В.Р.

Динаміка будівництва житла в Україні

2

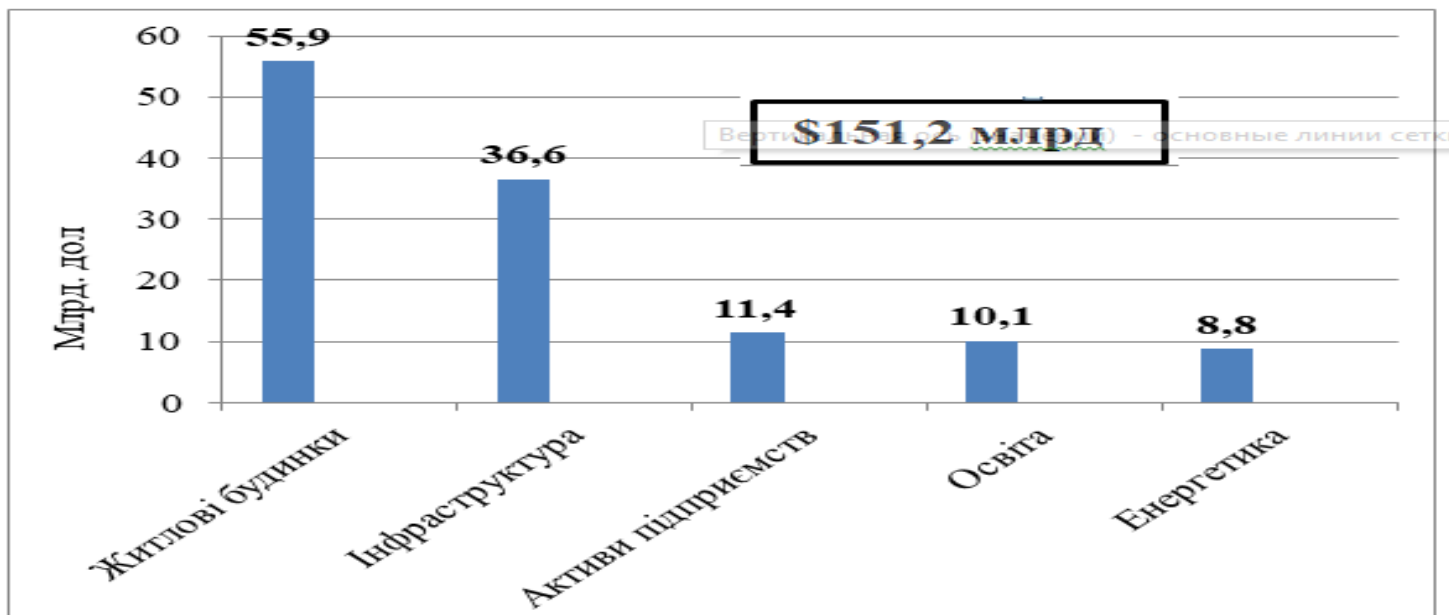


Динаміка показника забезпечення населення України житлом, м²/особу



Міжнародні стандарти ООН: забезпечення населення житлом **не менше 30 м²/люд.**
відносні обсяги будівництва житла – **біля 1 м²/люд в рік** (фактично 0,13 - 0,24)

Обґрунтування теми магістерської роботи



Актуальність виробництва і використання автоклавного газобетону

1. Загальна сума прямих задокументованих збитків на 1.09.2023 через військові дії \$151,2 млрд
2. Вимушена відмова України з 2024 року від імпорту природного газу 10-13 млрд м³ при власному видобутку 18-20 млрд м³ ;
3. Руйнація 50% електрогенеруючих станцій;
4. Руйнація 10% існуючого житлового фонду в результаті війни,
5. В ЄС задекларовано, що до 2050 року новобудови та старі будинки мають мати рівень споживання енергії наближений до нуля.

Тема: Інноваційні технологічні рішення виробництва та використання автоклавного газобетону в сучасному будівництві.

Мета магістерської роботи: дослідження сучасного стану виробництва та використання автоклавного газобетону в якості стінового та теплоізоляційного матеріалу.

Новизна одержаних результатів: На основі аналізу існуючих підходів запропоновано сучасну концепцію зменшення енергомісткості виробництва автоклавного газобетону.

Задачі дослідження:

- дослідити динаміку будівництва житла та рівень забезпеченості населення житлом;
- розкрити доцільність адаптації української нормативної бази і зокрема показників термічного опору оболонки будівель до вимог країн ЄС, вітчизняні реалії оподаткування викидів парникових газів;
- оцінка впливу наслідків війни та питання утримання застарілого житлового фонду та громадських будівель при зростанні вартості енергоносіїв та необхідності обмеження викидів парникових газів;
- аналіз і оцінку стану виробництва енергоефективних стінових матеріалів та їх використання на прикладі газобетону автоклавного тверднення;
- узагальнення світового досвіду сучасних методів утеплення застарілих будівель з використанням сухих і мокрих технологій утеплення стін;
- розробка рекомендацій оптимізації технології виробництва та використання автоклавного газобетону.

Об'єктом дослідження є узагальнене формування вітчизняного досвіду будівництва громадських і житлових будівель з урахуванням оновленої енергетичної стратегії України.

Предмет дослідження: сучасні технології будівництва та оптимізація використання автоклавного газобетону при новому будівництві та утепленні застарілого житлового фонду.

Публікації:

1. Сердюк В. Р., Рудик С. В., Гоголь С.В. Використання традиційних та інноваційних теплоізоляційних матеріалів для утеплення стін житлових і громадських будівель. Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». ВНТУ. Том 4. 2024 №2.-С...

2. Матеріали тез НТК ВНТУ С. .В. Гоголь, В.Р. Сердюк Виробництво та використання автоклавного газобетону в Україні

Експлуатаційні показники основних стінових матеріалів

Показники	Цегла глиняна повнотіла	Цегла глиняна (пустотність до 40%)	Цегла силікатна	Газобетон	
				D400	D300
Густина, кг / м ³	1500-1800	1200-1400	1700-1900	400	300
Міцність на стиск, кгс / см ²	M100-175	M100-175	M100-200	C2,0	C1,5
Теплопровідність, Вт / м · °С	0,6-0,7	0,33-0,45	0,8-1,15	0.13	0,09
Морозостій кість, циклів	F50-75	F50-75	F35	F100	F100
Водопоглинання, %	8-10	8-10	11-14	17-20	

Питома вага газобетону в структурі стінових матеріалів в Україні зросла до 55%

Виробництво звичайної глиняної цегли стрімко зростало, млн. штук:
 1950 — 2 092, 1958 — 5 575, 1965 — 8 098, 1970 — 9 700, 1975 — 10 831,
 1980 — 9 051. В роки незалежності обсяги скоротилось більше ніж в 13 раз
 через високу енергоємність виробництва.

Аргументи на користь виробництва і використання конструкційно-теплоізоляційного автоклавного газобетону після закінчення війни

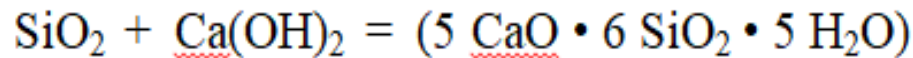
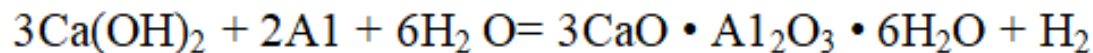
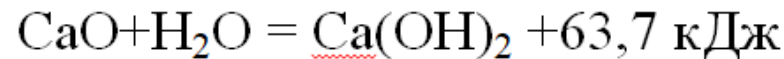
1. Загальна сума прямих задокументованих збитків на 1.09.2023 через військові дії становить \$151,2 млрд.
2. Вимушена відмова України з 2024 року від імпорту природного газу (10-13 млрд м³) при власному видобутку 18-20 млрд м³ потребує утеплення застарілого житлового фонду.
3. Руйнація 50% електрогенеруючих станцій та нестача електрики.
4. Руйнація майже 10% існуючого житлового фонду в результаті війни,
5. В ЄС задекларовано, що до 2050 року новобудови та старі будинки мають мати рівень споживання енергії наближений до нуля. Україна, як кандидат вступу до ЄС має дотримуватись вимог ЄС.

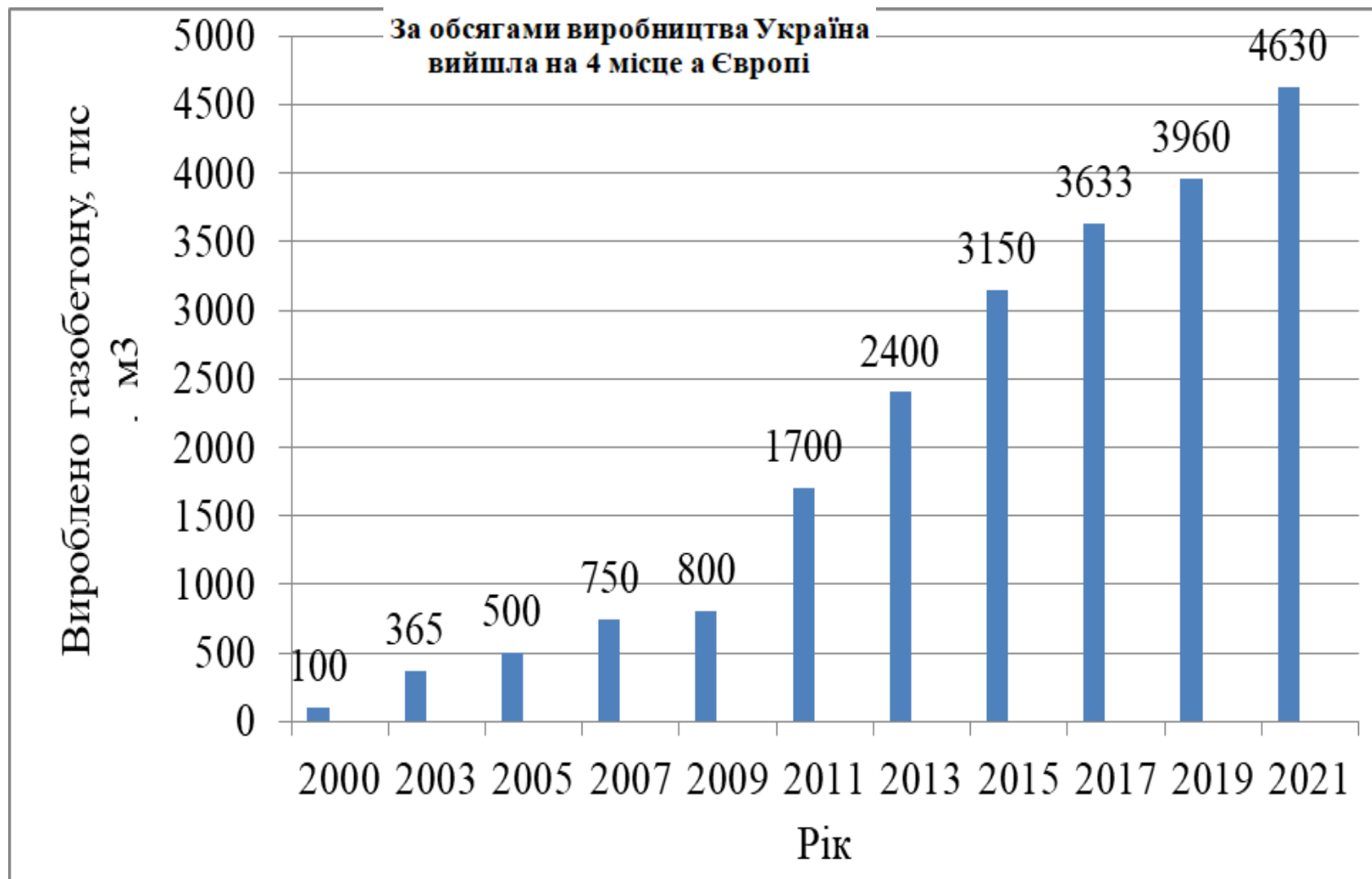
***Енергоємність виробництва 1м³ газобетону потребує 320 кВт · год,
глиняної цегли - 900 кВт · год, пористої цегли – 600 кВт · год***

Показник	Од. вим.	Цегла		Керамзитобетон	Газобетон
		глиняна	сілікатна		
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

При автоклавній обробці сировинної суміші (цемент, вапно, молотий пісок, гіпсовий камінь, алюмінієва пудра, вода) температура 197–200 °С, надлишковий тиск пари 10–12 атм утворюється штучно синтезований мінерал тоберморит ($5 \text{ CaO} \cdot 6 \text{ SiO}_2 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$)

Добавка в цементно-пісчану суміш вапна скорочує витрати цементу збільшує лужність розчину, та його температуру, інтенсифікує протікання реакції газоутворення між алюмінієвою пудрою і гашеним вапном, водень поризує суміш.





Номенклатура плит	Несуча здатність, кгс/м ²	Маса, кг
1 ПП 24.6.2,5-5Н	500	240
1 ПП 30.6.2,5-5Н	500	300
1 ПП 36.6.2,5-5Н	500	350
1 ПП 42.6.2,5-5Н	500	420
1 ПП 48.6.2,5-5Н	500	480
1 ПП 54.6.2,5-5Н	500	550
1 ПП 60.6.2,5-5Н	500	610
1 ПП 64.6.2,5-5Н	500	670

Зовнішній вигляд та армування плит покриття та перекриття



Газобетонна плита перекриття додатково виконує функцію звукоізоляції і утеплювача



Посилені панелі як несуча стіна і дахові елементи



Вертикальні стінові панелі які швидко і легко монтуються



Розрахункові теплофізичні характеристики ніздрюватого бетону автоклавного тверднення різної щільності

8

Марка бетону за середньою густиною	Теплопровідність в сухому стані, Вт/(м·К)	Розрахунковий вміст води в умовах експлуатації, %		Теплопровідність в умовах експлуатації, Вт/(м·К)	
		А	Б	А	Б
	λ_0	w_A	w_B	λ_A	λ_B
D300	0,08	4	6	0,09	0,10
D350	0,09	4	6	0,10	0,12
D400	0,10	4	6	0,11	0,13
D500	0,12	4	6	0,15	0,16

Примітка. Допускається показники, що наведені в таблиці, для матеріалу конкретного виробника приймати за результатами експериментальних випробувань.

Утеплення і облицювання стіни

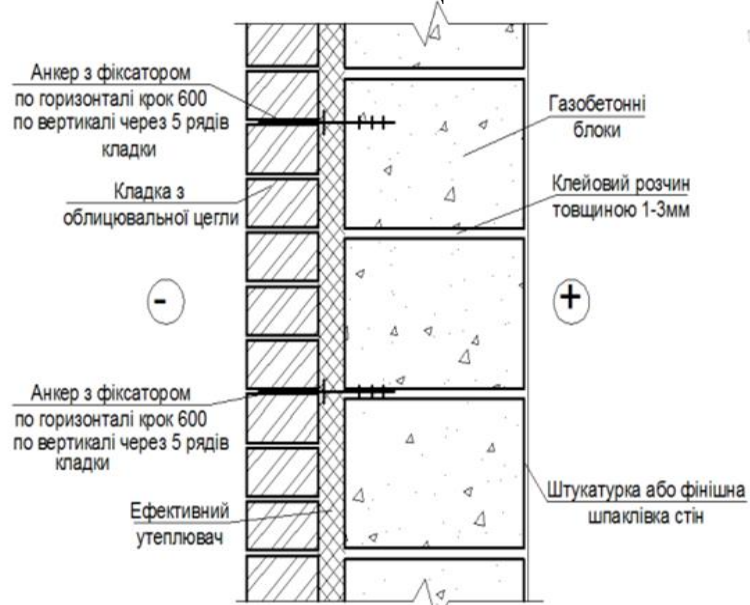
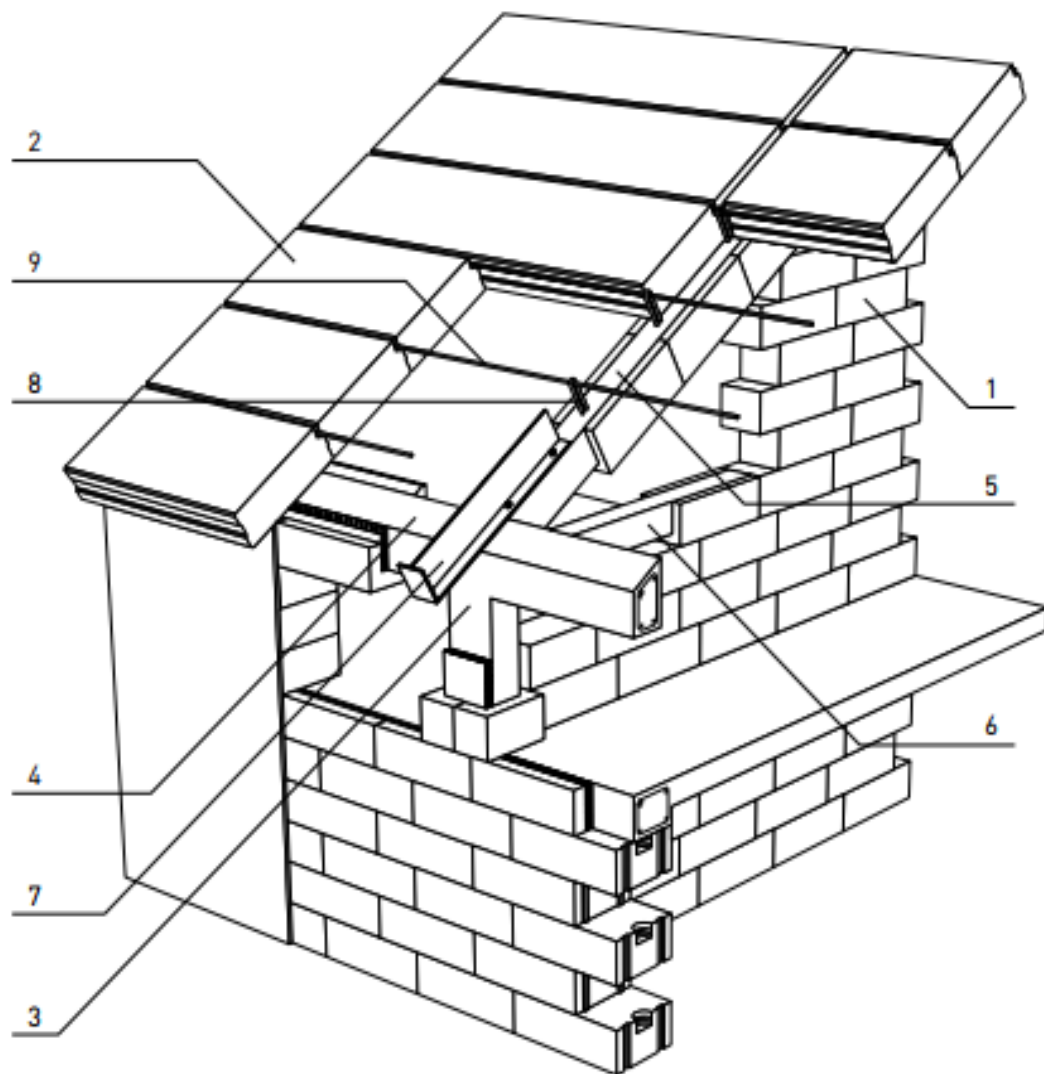


Схема монтажу плити перекриття



Дах з навісом з газобетонних панелей, покладених паралельно до конька і опертих на поперечні стіни будівлі 9



1. Поперечна стіна із блоків
2. Панелі перекриття
3. Залізобетонні стовпи виконані з утепленням з U-подібних деталей
4. Вінець кріпить колінчасту стіну з утепленням з U-подібних деталей
5. Похилий вінець із U-блоків подібних деталей, що становлять опору панелей перекриття
6. Анкерування вінця колінчастої стіни поперечних стінах, виконане з U-подібних деталей
7. Сталевий тримач, що підтримує панелі навісу
8. Анкеровані стрижні
9. Армування швів між панелями даху

Використання газобетону в малоповерховому житловому будівництві 10



Використання газобетонних блоків для заповнення внутрішніх і зовнішніх стін та їх утеплення

11



Газобетонні плити перекриття

12

n/n	Умовне позначення	Номінальна довжина, L, дм	Номінальна ширина, В, дм	Номінальна висота, Н, дм	Маса, кг	Розрахункове навантаження на плиту (без урахування власної ваги), кПа
Плити перекриття						
1	2	3	4	5	6	7
1.	1ПП 64.6.2,5-5Н	64	6	2.5	670	5
2.	1ПП 60.6.2,5-5Н	60	6	2.5	610	5
3.	1ПП 54.6.2,5-5Н	54	6	2.5	550	5
4.	1ПП 48.6.2,5-5Н	48	6	2.5	480	5
5.	1ПП 42.6.2,5-5Н	42	6	2.5	420	5
6.	1ПП 36.6.2,5-5Н	36	6	2.5	350	5
7.	1ПП 30.6.2,5-5Н	30	6	2.5	300	5
8.	1ПП 24.6.2,5-5Н	24	6	2.5	240	5

Схема армування газобетонної плити перекриття



Термічний опір стін в залежності від марки газобетону і товщини утеплювача D200

Густина газобетона, D	Товщина блоку	Товщина, мм	Загальна товщина стіни, мм	R м²·К/Вт
300	200	100	300	3,92
		150	350	4,75
		200	400	5,58
	250	100	300	4,45
		150	350	5,28
		200	400	6,11
	300	100	300	4,98
		150	350	5,80
		200	400	6,64
400	200	100	300	3,42
		150	350	4,25
		200	400	5,08
	250	100	350	3,82
		150	400	4,65
		200	450	5,48
	300	100	500	4,22
		150	450	5,05
		200	500	5,88
500	200	100	300	3,23
		150	350	4,06
		200	400	4,89
	250	100	350	3,58
		150	400	4,41
		200	450	5,24
	300	100	400	3,93
		150	450	4,76
		200	500	5,59

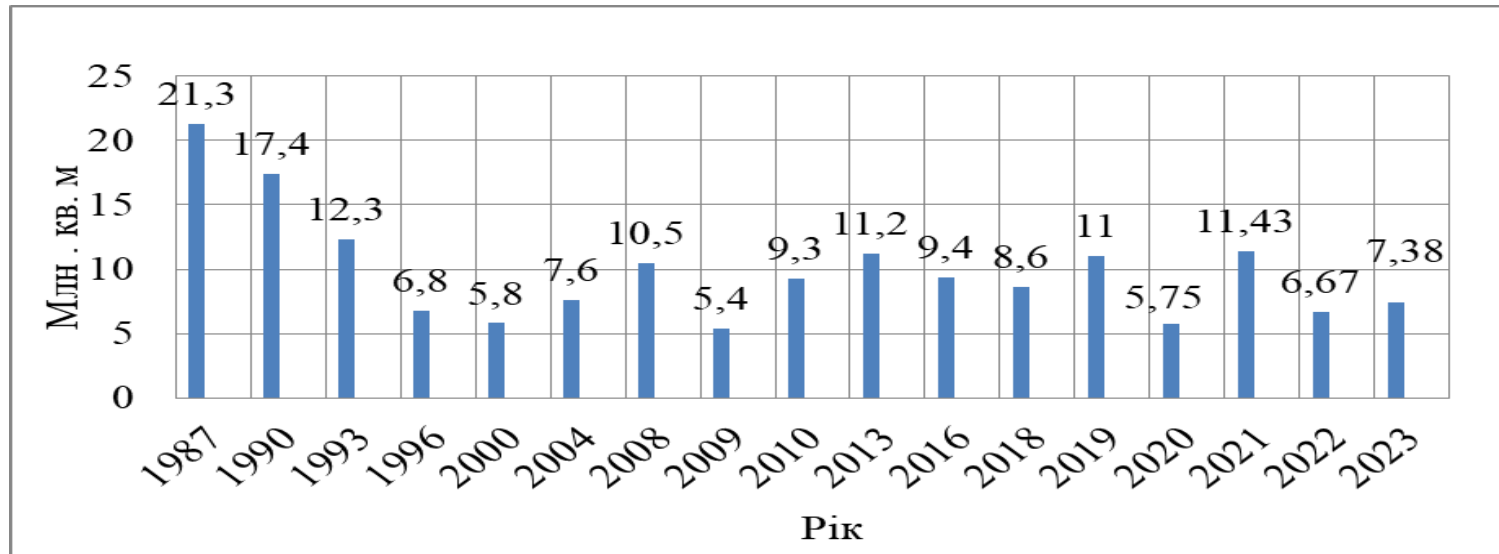
**Порівняльні терміни прийняття показників термічного опору огорожувальних
конструкцій застарілого житлового фонду України і ЄС**

14

Країна	Німеччина	Данія	Великобританія	Норвегія	Швеція	Фінляндія	Україна
Рік прийняття	2009	2006	2010	2007	2008	2010	2022
Стіни	3,57	5,00	5,55	5,56	5,56	5,88	4,0-3,5
Покрівля	5,00	5,56	6,67	7,69	7,69	11,11	6,0-5,5
Вікна	0,77	0,67	0,67	0,83	0,76	1,0	0,75-0,6
Підлога	2,86	6,67	4,76	6,67	6,67	5,88	4,95-4,5

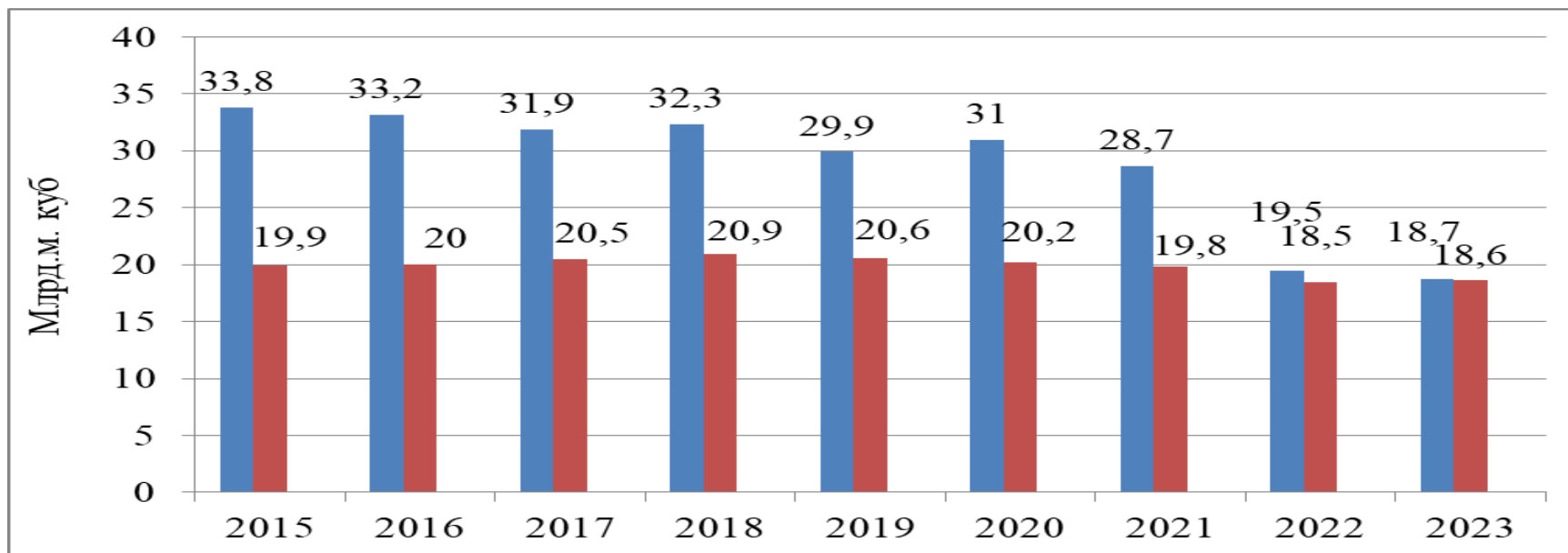
№ пп	Тип огорожувальної конструкції стіни	Товщина стіни, мм	Опір теплопередачі, м ² · К / Вт
1	З легкого бетону	300-350	0,74-0,83
3	Двошарові панелі	350	0,7
4	Ніздрюватий бетон	300-350	0,74-0,84
5	Цегла керамічна, силікатна густиною 1400-1650 кг / м³	380-510	0,78-1,0
6	Цегла керамічна, силікатна густиною більше 1650 кг / м ³	380-510	0,63-0,79
7	Полегшене цегляне мурування	380	0,89

Динаміка обсягів будівництва житла в Україні

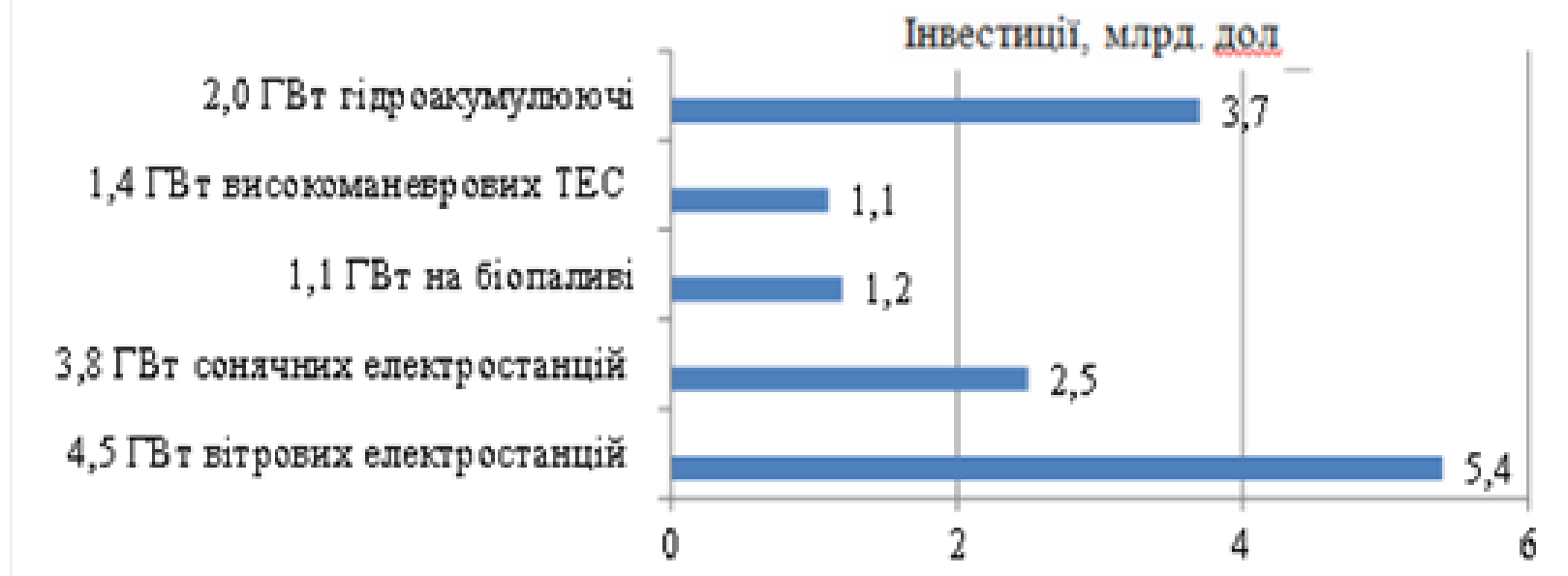


Показники	Цегла глиняна повнотіла	Цегла глиняна (пустотність до 40%)	Цегла силікатна	Газобетон	
				D400	D300
Густина, кг / м ³	1500-1800	1200-1400	1700-1900	400	300
Міцність на стиск, кгс / см ²	M100-175	M100-175	M100-200	C2,0	C1,5
Теплопровідність, Вт / м · °С	0,6-0,7	0,33-0,45	0,8-1,15	0.16	0,09
Морозостій кість, циклів	F50-75	F50-75	F35	F100	F100
Водопоглинання, %	8-10	8-10	11-14	17-20	

Динаміка імпорту і власного видобутку природного газу 16



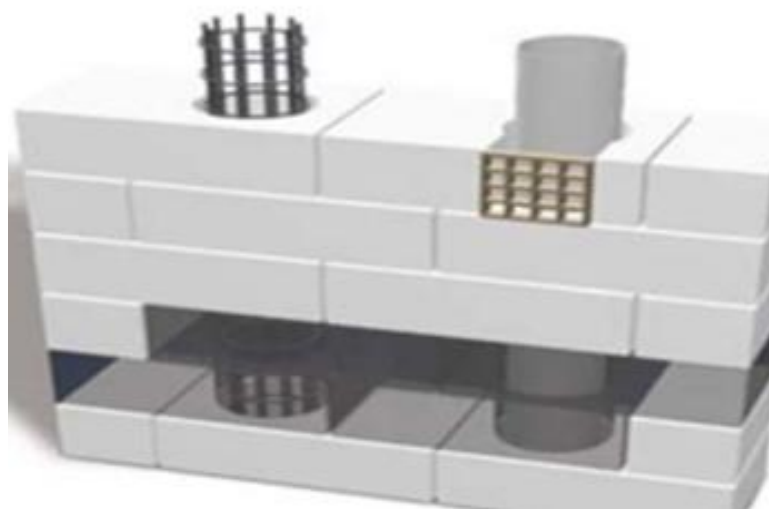
ІНВЕСТИЦІЇ ПРОТЯГОМ 5-10 РОКІВ В ЕНЕРГЕТИКУ





Опір стиснення кладки з газобетонних блоків

№	Виконання кладочного шва	Відносна міцність, %
1	Цементно-пісчана суміш, 10 мм	100
2	Тонкошаровий розчин, 2 мм	132
3	Тонкошаровий розчин з шліфовкою блоків, 1,5 мм	126
4	Пінополіуретановий клей	118
5	Насухо	121



#1

Indicators (Показники)	G2/04	G2/05	G3/05	G4/06
Length (Довжина), cm	60			
Height (Висота), cm	25			
Thickness (Товщина), cm	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

Монтаж армованих плит перекриття та стінових панелей

19



Використання Т-блоків при влаштуванні перекриття



n/n	Умовне позначення	Номінальна довжина, L, дм	Номінальна ширина, В, дм	Номінальна висота, Н, дм	Маса, кг	Розрахункове навантаження на плиту (без урахування власної ваги), кПа
Плити перекриття						
1	2	3	4	5	6	7
1.	1ПП 64.6.2,5-5Н	64	6	2.5	670	5
2.	1ПП 60.6.2,5-5Н	60	6	2.5	610	5
3.	1ПП 54.6.2,5-5Н	54	6	2.5	550	5
4.	1ПП 48.6.2,5-5Н	48	6	2.5	480	5
5.	1ПП 42.6.2,5-5Н	42	6	2.5	420	5
6.	1ПП 36.6.2,5-5Н	36	6	2.5	350	5
7.	1ПП 30.6.2,5-5Н	30	6	2.5	300	5
8.	1ПП 24.6.2,5-5Н	24	6	2.5	240	5

Корисне навантаження без урахування власної ваги – 8 кН/м, 10 кН/м, 15 кН/м та 25 кН/м.

Глибина опирання перемичок від 150 мм до 350 мм

Розміри: довжина 1200 мм; 1600 мм; 2000 мм; 2400 мм; 2800 мм і 3200 мм; ширина 100; 150; 200 ; 250; 300 ; 375 і 400 мм; - заввишки 200 мм і 400 мм.

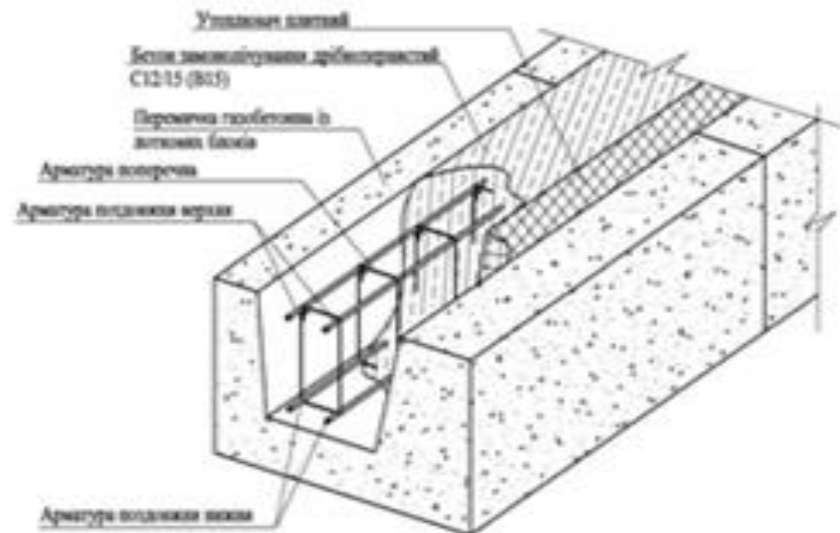


Фрагменти влаштування збірно-монолітного перекриття



Влаштування віконної перемички та обов'язочного армопоясу поясу будинку з використанням газобетонних U-блоків.

22



Фрагмент монтажу газобетонних Т-блоків



ДОДАТОК

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Інноваційні технологічні рішення виробництва та використання автомобілів
зроблених в сучасному будівництві

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МЕР)

Підрозділ: кафедра БМГА, ФБЦН

(назва, функція)

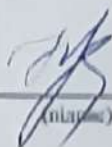
Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність: 82.3 % Схожість: 17.7 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Блашук І.В.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Гоголь С.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Сердюк В.Р.

(прізвище, ініціали)

Відгук керівника на магістерську кваліфікаційну роботу

здобувача Гоголя Сергія Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Інноваційні технологічні рішення виробництва та використання автоклавного газобетону в сучасному будівництві

Магістерська кваліфікаційна робота здобувача вищої освіти Гоголя Сергія Володимировича виконана на кафедрі будівництва, міського господарства та архітектури, галузі знань «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», освітня програма «Промислове та цивільне будівництво».

Магістерська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Текстова частина складається з п'яти розділів, в роботі розкриті проблеми реновації застарілого житлового фонду, енерго-екологічні вимоги та обсяги будівництва житла, властивості автоклавного газобетону основи проектування будівлі з використанням газобетону автоклавного тверднення для кладки стінових конструкцій, інноваційні технології влаштування збірно-монолітного перекриття покрівлі, армованими газобетонними плитами, використання теплих віконних перемичок. Розкриті технологічні основи виробництва автоклавного газобетону. Враховуючи актуальність зменшення енергетичних витрат при виробництві стінових матеріалів та важливість підвищення їх експлуатаційних властивостей на перші позиції в їх структурі стінових матеріалів вийшов автоклавний газобетон.

Інноваційність магістерської роботи полягає в розробці системного підходу до управління проектом термомодернізації об'єкту шляхом застосування сучасних енергоефективних стінових матеріалів.

У роботі наявні недоліки, а саме:

- у технологічній карті на влаштування підлоги наявні незначні неточності в розрахунках;
- не на усі нормативні документи, що використовувались у роботі є посилання по тексту пояснювальної записки.

Вважаю, що виявлені недоліки не впливають на високий рівень та практичну цінність, а магістерська кваліфікаційна робота відповідає вимогам освітньої програми підготовки «Промислове та цивільне будівництво» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», а Гоголь С. В. – присвоєння кваліфікації «магістра» та на оцінку «А» 90 балів.

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи д.т.н., професор

В. Р. Сердюк

Відгук опонента на магістерську кваліфікаційну роботу

здобувача Гоголя Сергія Володимировича

Інноваційні технологічні рішення виробництва та використання автоклавного газобетону в сучасному будівництві

Магістерська кваліфікаційна робота, що подана на опонування виконана на кафедрі будівництва, міського господарства та архітектури, за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», освітня програма «Міське будівництво та господарство».

Магістерська кваліфікаційна робота відповідає затвердженій темі та завданню, виконана вчасно та у повному обсязі. Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті відповідно до кафедральної науково-дослідної теми, яка стосується розробки і технології використання енергоефективних стінових будівельних матеріалів.

Метою роботи є подальший розвиток методів та технологічних рішень зменшення енергомісткості виробництва автоклавного газобетону, оптимізації проектування огорожувальних конструкцій з використанням ефективних АГБ.

Текстова та графічна частина роботи виконана на листах формату А4 і в свою чергу складається з 6 розділів пояснювальної записки. Висновки і пропозиції, викладені в магістерській роботі, є достатньо аргументованими.

Магістерська робота повністю відповідає встановленим методичним вимогам. Робота написана економічно грамотно, тему повністю розкрито, наведені вдалі пропозиції та рекомендації. Виходячи з вище зазначеного вважаю, що робота виконана на достатньому методичному, науковому рівні та може бути допущена до захисту на засіданні екзаменаційної комісії.

Виявлені такі недоліки: наявні незначні помилки в оформленні пояснювальної записки до роботи, будівельний генеральний план містить не усі необхідні позначення.

Проте вказані недоліки не впливають на позитивне враження від роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота в цілому виконана на достатньому рівні та у відповідності з завданням із дотриманням всіх вимог. Робота заслуговує оцінки «відмінно» (А), а її автор Гоголь С. В. – присвоєння кваліфікації «магістра будівництва» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», згідно освітньої програми «Промислове та цивільне будівництво».

Опонент

Доцент кафедри ТЕ, к.т.н., доц., доцент
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Н. Д. Степанова
(ініціали, прізвище)

