

<b>МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ</b>	
<b>ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ</b>	
<b>ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ</b>	
<b>Кафедра промислового та цивільного будівництва</b>	
<b>Кваліфікаційна робота/проект</b>	
другий магістерський рівень	
(рівень вищої освіти)	
на тему: <b>Техніко-економічна оцінка організаційно-технологічних рішень</b>	
<b>будівництва з енергоефективних матеріалів</b>	
Виконав: студент спеціальності	2 курсу, групи 8.1920-пцб-3-дн <u>192 Будівництво та цивільна інженерія</u> (код і назва спеціальності)
освітньої програми	промислове і цивільне будівництво (код і назва освітньої програми)
	<b>Спиця В.А.</b> (прізвище та ініціали)
Керівник	<b>проф., д.е.н. Анін В.І.</b> осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал
Рецензент	<b>доц., к.т.н. Полтавець М.О.</b> осада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціал
Запоріжжя	
2021	

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ  
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Кафедра Промислового та цивільного будівництва  
Рівень вищої освіти другий магістрський рівень  
(другий (магістрський) рівень)  
спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"  
(шифр і назва)  
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ ПЦБ  
проф. Арутюнян І.А.  
" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

Тема роботи (проекту) Спиця Вадим Андрійович  
(прізвище, ім'я по батькові)  
Техніко-економічна оцінка організаційно-технологічних рішень будівництва з енергоефективних матеріалів

Рівень роботи Анін В.І., проф., д.е.н.  
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

Строк подання студентом роботи затвержені наказом ЗНУ від " 30 " 06 2021 року № 975 - с  
01 січня 2022 р.

Вихідні дані до роботи конструктивні рішення теплоізоляційних систем  
методи підвищення ефективності, науково-технічна, навчальна, нормативна та періодична література

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
вступ, аналіз шляхів збереження ресурсів у будівництві,  
основні шляхи скорочення тепловитрат в будівлях і спорудах, конструктивні рішення захисних  
конструкцій, оцінка технологічної ефективності запропонованих методів за допомогою  
порівняння економічних та технологічних показників

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
вступ, основні питання дослідження, аналіз технічних систем теплоізоляції,  
проекування організаційно-технологічних рішень проекту.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Анін В.І., д.е.н., проф.	<i>ВІ</i>	<i>ВІ</i>
Розділ 2	Анін В.І., д.е.н., проф.	<i>ВІ</i>	<i>ВІ</i>
Розділ 3	Анін В.І., д.е.н., проф.	<i>ВІ</i>	<i>ВІ</i>

7. Дата видачі завдання

30 червня 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Аналіз сучасних енергоефективних матеріалів	30.09.2021	
2.	Дослідження енергоефективних захисних конструкцій і технологія їх зведення	21.10.2021	
3.	Техніко-економічна оцінка організаційно-технологічних рішень	25.12.2021	
4.	Оформлення та підготовка до захисту	30.01.2022	

Студент

*ВІ*  
(підпис)

Спиця В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту

*ВІ*  
(підпис)

Анін В.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

*Маша*  
(підпис)

Данкевич Н.О.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Спиця В.А. Техніко-економічна оцінка організаційно-технологічних рішень будівництва з енергоефективних матеріалів.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник В.І. Анін. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебня, кафедра промислово та цивільного будівництва, 2021.

Проведено аналіз існуючих умов і виявлені сучасні проблеми збереження енергетичних ресурсів у будівельному комплексі України. Обґрунтовано необхідність застосування енергоефективних захисних конструкцій за рахунок впровадження нових матеріалів та технологій. Розроблені технологічні карти на зведення будівель відображають переваги застосування енергоефективних матеріалів в порівнянні з традиційними методами ведення будівництва. Приведена техніко-економічна оцінка дозволяє оцінити у вартісному відношенні переваги ведення робіт з енергоефективних захисних конструкцій.

Ключові слова: енергоефективні матеріали, захисні конструкції, конструктивно-технологічні рішення, ефективність, оптимальність.

Список публікацій магістранта:

1. Анін В.І., Данкевич Н.О., Спиця В.А. Техніко-економічна оцінка організаційно-технологічних рішень будівництва з енергоефективних матеріалів. *Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України* : зб. тез доп. І всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 19-21 жовт. 2021р. Запоріжжя, 2021. С.421-423

## ABSTRACT

Spitsya V.A. Technical and economic estimation of organizational and technological solutions for construction using energy efficient materials

Qualifying final work for obtaining a higher education master's degree in specialty 192 Construction and civil engineering, scientific supervisor V.I. Anin. Zaporizhzhya National University, Y.M Potebnya Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Industrial and Civil Engineering, 2021.

The analysis of existing conditions is carried out and modern problems of conservation of energy resources in the construction complex of Ukraine are revealed. The necessity of application of energy-efficient protective constructions due to introduction of new materials and technologies is substantiated. Developed technological maps for the construction of buildings reflect the advantages of using energy-efficient materials compared to traditional methods of construction. The given technical and economic estimation allows to estimate in the value relation advantages of conducting works on energy-efficient protective designs.

Keywords: energy efficient materials, protective structures, design and technological solutions, efficiency, optimality.

List of postgraduate publications:

1. Анін В.І., Данкевич Н.О., Спиця В.А. Техніко-економічна оцінка організаційно-технологічних рішень будівництва з енергоефективних матеріалів. *Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України* : зб. тез доп. І всеукр. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 19-21 жовт. 2021р. Запоріжжя, 2021. С.421-423

## ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ...	10
1.1 Основні фізико-механічні властивості комірчастого бетону та способи його використання.....	11
1.1.1 Пінобетон, характеристики та особливості використання.....	19
1.1.2 Особливості застосування газобетону.....	26
1.2 Полістіролбетон його властивості та особливості застосування.....	34
1.3 Багатошарові стінні конструкції.....	44
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ І ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ЗВЕДЕННЯ.....	56
2.1 Дослідження теплотехнічних особливостей проєктованих захисних конструкцій з енергоефективних матеріалів.....	56
2.2 Технологія зведення захисних конструкцій з енергоефективних матеріалів.....	69
2.2.1 Технологія виконання робіт по зведенню захисних конструкцій з легких бетонних блоків.....	69
2.2.2 Технологія виконання робіт по зведенню захисних конструкцій, з цегли і утеплювача.....	86
2.3 Аналіз технологій будівництва будівель з енергоефективних матеріалів.....	113
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ.....	115
3.1 Техніко-економічна оцінка організаційно-технологічних рішень будівництва будівель та споруд з енергоефективних матеріалів..	115
3.2 Аналіз економічної ефективності зведення будівлі з використанням енергоефективних матеріалів.....	122
ВИСНОВКИ.....	123
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	125

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Житлово-комунальне господарство України є видатним споживачем паливно-енергетичних ресурсів: щорічно на опалювання житлових будівель витрачається 15% річних енергоресурсів країни, при цьому дотаційна складова в оплаті енергоресурсів, передусім теплової енергії, поглинає до 30% засобів регіональних і місцевих бюджетів.

В умовах прогнозованої вичерпаності енергетичних ресурсів забезпечення раціонального енергоспоживання, заснованого на жорсткій економії, визначає темпи і якість розвитку сучасного суспільства.

Питомі тепловитрати у будівлях за експертними оцінками розподіляються таким чином: до 40% - за рахунок організованої і неорганізованої інфільтрації нагрітого повітря, до 30% - за рахунок недостатнього опору теплопередачі конструкцій, що захищають, до 30% - за рахунок нераціонального витрачання гарячої води і нерегульованого режиму експлуатації систем опалювання[22,31,34].

Бетон і залізобетон як і раніше залишаються основним матеріалом для будівництва житлових, цивільних і промислових будівель в усіх розвинених країнах. В Україні в 50-70-і роки було створено потужне домобудування, що забезпечувало цілорічне будівництво більше 100 млн.кв.м будівель - великопанельних, каркасно-панельних, об'ємно-блокових, кам'яних і змішаних (з кам'яними зовнішніми стінами) будівельних систем. Основними недоліками цих будівель є:

- велика вага несучих і захищаючих конструкцій і високі паливно-енергетичні витрати на виготовлення, транспортування матеріалів і конструкцій і будівництво;

- надмірні паливно-енергетичні витрати на тепlopостачання будівель із-за високої теплопровідності; захисні конструкції (низькі вимоги норм, теплопровідні включення при виготовленні, неякісне закладення швів при

будівництві), неправильної експлуатації системи опалювання, відсутності припливної регульованої вентиляції і поганої ізоляції тепломереж;

- одноманітність архітектурних рішень і конструктивно-планувальних схем будівель унаслідок максимального зниження вартості.

Вдосконалення технологічних методів підвищення теплозахисних функцій захисних конструкцій будівель і споруд, актуальний як для проєктованих, так і для вже існуючих будівель.

Аналіз проєктних рішень енергоефективних огороджувальних конструкцій з урахуванням нових нормативів по енергозбереженню у будівлях показує, що облаштування традиційних одношарових суцільних захисних конструкцій, економічно доцільне лише в південних районах України. Для іншої частини території, особливо для областей, що відноситься до першої температурної зони по кількості градусо-днів опалювального сезону, а це більше 70% усієї території країни, практично безальтернативним варіантом є перехід на шаруваті конструкції. При цьому вирішення проблеми облаштування енергоефективних стінних конструкцій можливо по двох напрямках, як використання енергоефективних матеріалів з одного боку, або застосування ефективних технічних рішень багатшарових стінних конструкцій, з іншого боку.

У сучасній зарубіжній практиці оцінка ефективності стінних матеріалів виконується як з урахуванням сукупності техніко-економічних показників будівлі, що будується, так і з урахуванням теплової комфортності приміщень в процесі його подальшої експлуатації.

**Метою магістерської роботи:** є науково обґрунтований підхід до рішення архітектурно-будівельних завдань з використанням теоретичних положень і методичних рекомендацій по подальшому вдосконаленню процесу енергозбереження у будівельному комплексі із застосуванням енергоефективних матеріалів.



**Об'єктом дослідження** є енергоефективні будівельні матеріали для захисних конструкцій, які враховують усі аспекти вирішень багатогранної проблеми формування комфортного і економічного місця існування людини.

**Предмет дослідження** чинники, тенденції, сучасні технологічні і конструкційні рішення, що забезпечують значне підвищення енергоефективності захисних конструкцій.

Для досягнення поставленої в процесі дослідження мети вирішені **наступні завдання:**

1. Аналіз умов і сучасні проблеми збереження енергетичних ресурсів у будівельному комплексі України.
2. Обґрунтувати необхідність підвищення енерго-, ресурсоефективності будівель.
3. Визначити технологічні та організаційні показники ефективності запропонованих варіантів.
4. Виконати техніко-економічну оцінку організаційно-технологічним рішенням по використанню енергоефективних матеріалів.

**Методи дослідження:** емпіричні та теоретичні методи, порівняльний аналіз, методи техніко-економічного обґрунтування.

**Наукова новизна:** полягає в обґрунтуванні необхідності застосування енергоефективних захисних конструкцій. В результаті досліджень дана оцінка ресурсозбереження в будівництві. Дана оцінка теплотехнічним властивостям енергоефективних матеріалів і вивчені чинники що впливають на них, та техніко-економічна оцінка технології будівництва будівель і споруд із застосуванням нових і традиційних методів будівництва.

**Практична цінність:** полягає в оцінці існуючої ситуації енергозбереження в Україні і обґрунтуванні необхідності застосування енергоефективних захисних конструкцій. Розроблені технологічні карти на зведення будівель відображають переваги застосування енергоефективних матеріалів в порівнянні з традиційними методами ведення будівництва. Приведена техніко-економічна оцінка дозволяє оцінити у вартісному

відношенні переваги ведення робіт з енергоефективних захисних конструкцій.

**Особистий вклад магістранта.** Магістром був проведений наступний дослідницький комплекс робіт:

- вивчення особливостей теплотехнічних властивостей енергоефективних матеріалів;
- вибір найбільш раціонального матеріалу відповідно до мікроклімату України;
- розробка технології зведення будівель і споруд із застосуванням енергоефективних матеріалів;
- розробка техніко-економічної оцінки зведення будівель і споруд із застосуванням енергоефективних матеріалів;

**Апробація результатів магістерської роботи.** Основні положення роботи докладалися в 2021 році на I Всеукраїнської науково-практичній конференції Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», (Запоріжжя, 2021р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

**Структура і об'єм магістерської роботи.** Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 128 сторінок тексту, у тому числі 27 рисунків, 19 таблиць. Список використаних джерел містить 36 найменувань/

## 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Метою цього розділу є аналіз сучасних енергоефективних матеріалів в Україні.

Розвиток ринкових стосунків в Україні викликав в реальній економіці швидке і значне зростання цін на усі види енергоносіїв. Це, у свою чергу, привело до суттєвого збільшення витрат як на будівництво, в основному, за рахунок дорожчання виробництва будівельних матеріалів і конструкцій, так і на експлуатацію будівель. Ситуація з вартістю зведення зовнішніх захисних конструкцій, ще більше ускладнилося при введенні в 1996 році в Україні нових нормативів по опору теплопередачі зовнішніх обгороджувань, що перевищують в 2-2,5 разу термічний опір існуючих будівель, що будуються, з традиційних кам'яних (цегла і дрібноштучні блоки) і одношарових залізобетонних (шлако- чи керамзитобетонні панелі) зовнішніх стін. Термічний опір одношарових зовнішніх стін при товщині традиційної цегляної кладки 50 см і товщині одношарових легкобетонних панелей 35 см знаходиться в межах  $0,7-0,9 \text{ м}^2 \text{ С}^\circ/\text{Вт}$ . Як відомо, нові нормативи вимагають забезпечення термічного опору зовнішніх обгороджувань в межах  $1,7-2,2 \text{ м}^2 \text{ С}^\circ/\text{Вт}$ . Перед будівельною галуззю України виникла необхідність зниження енерговитрат як у виробництві будівельних матеріалів і конструкцій так і при експлуатації будівель. Перехід на зведення теплоефективних захисних конструкцій будівель, зажадало внесення суттєвих корективів в практику їх проектування і конструктиву[22,31,34].

Аналіз проектних рішень теплоефективних стін з урахуванням нових нормативів по теплозбереженню у будівлях показує, що облаштування традиційних одношарових суцільних захисних конструкцій, економічно доцільне лише в південних районах України. Для іншої частини території, особливо для областей, що відноситься до першої температурної зони по кількості гадусо-днів опалювального сезону, а це більше 70% усієї території

країни, практично безальтернативним варіантом є перехід на шаруваті конструкції. При цьому вирішення проблеми облаштування енергоефективних стінних конструкцій можливо по двох напрямках, як використання теплоефективних стінних матеріалів з одного боку, або застосування ефективних технічних рішень багат шарових стінних конструкцій, з іншого боку.

У сучасній зарубіжній практиці оцінка ефективності стінних матеріалів виконується як з урахуванням сукупності техніко-економічних показників будівлі, що будує, так і з урахуванням теплової комфортності приміщень в процесі його подальшої експлуатації. Одним з «лідерів» за усіма показниками серед вироблюваних на Україні стінних матеріалів є комірчастий бетон і вироби з нього. Це виведення підтверджується також і зарубіжною будівельною практикою, де комірчастий бетон як основний стінний матеріал, зайняв домінуюче положення у будівництві. Серйозною альтернативою комірчастого бетону, із-за ширшої сфери застосування, простоти виготовлення і значно кращих характеристик матеріалу, став полістіролбетон.

### **1.1 Основні фізико-механічні властивості комірчастого бетону та способи його використання**

Комірчастими бетонами і силікатами називають штучні кам'яні матеріали, що складаються із затверділої в'язучої речовини (чи суміші в'язучого і заповнювача) з рівномірно розподіленими в нім повітряними осередками.

Уперше комірчасті бетони були отримані у кінці XIX ст. Промислове виробництво їх почалося в 20-х роках нашого століття. У 1924 р. в Швеції був запропонований спосіб отримання газобетону на основі цементу,

випускати і різних добавок із застосуванням в якості газотвірного агента алюмінієвої пудри. Дещо пізніше в Данії був винайдений пінобетон. У 30-х роках були запропоновані способи отримання комірчастих бетонів на основі цементу, випускати і меленого кварцового піску з подальшою автоклавною обробкою формованих виробів[18, 22-23,34].

Систематичні дослідження за технологією комірчастих бетонів в СРСР почалися з 1928 р. Вже на початку 30-х років в нашій країні у будівництві знайшов застосування неавтоклавний пінобетон. Надалі був освоєний випуск широкої номенклатури виробів з комірчастих бетонів.

Відомі багато типів комірчастих бетонів, що відрізняються різними способами отримання пористої структури, видами терпкої речовини, умовами формування, тверднення і так далі.

Комірчасті бетони класифікуються в першу чергу за способом отримання пористої структури на газобетон і пінобетон. Отримання пористої структури можливе також шляхом випару значної кількості залученої води.

По виду в'язучого можуть бути отримані наступні комірчасті бетони:

- на основі цементу - пінобетон і газобетон;
- на основі вапняного в'язучого - піносилікат і газосилікат
- на основі магнезійного в'язучого - піномагнезит і газомагнезит;
- на основі гіпсового в'язучого - піногіпс і газогіпс.

Часто найменування «пінобетон» і «газобетон» застосовують для позначення комірчастих бетонів і силікатобетону незалежно від основного виду в'язучого. Комірчасті бетони можуть розглядатися як звичайні бетони, в яких роль великого і, частково, дрібного заповнювача виконують повітряні бульбашки. Такі бетони зазвичай називають просто комірчастими. Іноді до складу комірчастого бетону вводять великий заповнювач у вигляді шлакової пемзи, перліту, вермікулиту, керамзиту або інших спучених матеріалів. Такі бетони прийнято називати комірчасте легкими.

Комірчасті бетони підрозділяються за способом тверднення. Розрізняють комірчасті бетони природного і штучного тверднення.

Комірчасті бетони природного тверднення набирають міцність при зберіганні в звичайних атмосферних умовах, а штучного - при їх обробці в умовах підвищених температур під впливом водяної пари. Обробка називається автоклавною при тиску пари більше 1ат і температурі вище 100°C і неавтоклавною, якщо тиск пари менше 1ат і температура в межах 25-100°C. Відповідно і комірчасті бетони підрозділяються на автоклавні і неавтоклавні.

Вироби з комірчастих бетонів залежно від вимог, що пред'являються до їх здатності, що несе, можуть бути армованими і неармованими[16-18].

Нині комірчасті бетони застосовуються в різних частинах будівель і споруд і виконують всілякі функції. Залежно від властивостей і сфери застосування комірчасті бетони діляться на теплоізоляційні і теплоізоляційно-конструктивні.

Теплоізоляційні комірчасті бетони відрізняються малою об'ємною вагою(менше 1000кг/м<sup>3</sup>), низьким коефіцієнтом теплопровідності і достатньою міцністю.

У будівництві застосовуються різні вироби з комірчастих бетонів: панелі, блоки і камені для зовнішніх і внутрішніх стін і перегородок, плити для утеплених покрівель промислових споруд, шкаралупи і сегменти для теплоізоляції трубопроводів, блоки для утеплення і т. п. Вироби з комірчастих бетонів випускають різних розмірів як суцільні, так, і порожнисті.

Фізико-механічні властивості комірчастих бетонів залежать від способів утворення пористості, рівномірності розподілу пір, їх характеру (відкриті, такі, що сполучаються або замкнуті), виду в'язучого, умов тверднення, вологості і багатьох інших технологічних чинників. Проте деякі властивості комірчастих бетонів підпорядковані загальним закономірностям. Так, коефіцієнт теплопровідності залежить в основному від величини об'ємної ваги. Він майже не залежить від виду в'язучого, умов тверднення і інших чинників. Це пояснюється тим, що матеріал стінок, що утворюють пори, складається з цементного каменю або близького до нього за

властивостями силікату. Тому величина пористості і відповідно об'ємної ваги визначає теплопровідність комірчастих бетонів[14,16,18,].

Властивості по міцності комірчастих бетонів залежать у більшій мірі від виду терпкого і умов тверднення. Найміцнішими є автоклавні комірчасті бетони, їх міцність перевищує міцність комірчастих бетонів природного тверднення в 8-10 разів.

Міцність матеріалу стінок комірчастого бетону визначається кількістю води зачинення. При твердненні комірчастого бетону на основі портландцементу тільки певна частина води бере участь в процесі тверднення. Кількість пов'язаної води при гідратації цементу залежить від його мінералогічного складу і в середньому складає 15-20% від ваги цементу.

Надмірна кількість води, розсовуючи частки цементу з оболонками з продуктів гідратації, утворює прошарки і скупчення в товщі цементного каменю. Після висихання і поступового витрачання води на тривалі процеси гідратації в цементному камені залишаються порожнечі, канали і окремі замкнуті пори.

Деяка кількість порожнеч з'являється і в результаті усихання гелевидних мас, що утворюються в ході тверднення цементу. Тому міцність цементного каменю знижується у міру збільшення відносної кількості води зачинення (чи збільшення водоцементного відношення В/Ц).

Для комірчастих бетонів, до складу яких входить разом з в'язучим певна кількість тонкодисперсних добавок, замість водоцементного відношення прийнято визначати так зване водотвердне відношення. Водоміцний чинник - це відношення води замішування до суми твердих речовин - в'язучого і добавок. Він впливає певною мірою на міцність матеріалу стінок комірчастого бетону. У міру збільшення водо-твердненого відношення міцність комірчастих бетонів зменшується. Цій залежності підкоряються комірчасті бетони на основі будь-якого в'язучого[23] .

Засобом підвищення міцності є зменшення водотужавленого відношення і застосування в технології вібрації як в період приготування

розчинів, так і при спученні (для газобетонів). Вібраційні дії викликають збільшення рухливості цементного тіста, розчинів і бетонів і дозволяють знижувати водоміцне відношення. Іншим засобом підвищення міцності виробів з комірчастих бетонів є армування. Комірчасті армовані вироби мають досить велику міцність -  $75 \text{ кг/см}^2$  і більше.

Теплофізичні властивості комірчастих бетонів залежать від їх вологості. Тому однією з основних властивостей, що характеризують комірчасті бетони, є водопоглинення. Водопоглинення комірчастих бетонів залежить від виду в'язучої речовини: бетони на основі вапна, каустичного магнезиту, каустичного доломіту і гіпсу мають більше водопоглинення, ніж бетони на портландцементу.

Внаслідок великого водопоглинення виробу з піно- і газосилікатів дозволено використати в приміщеннях з відносною вологістю повітря не вище 50%. Вироби з піногіпсу дозволено застосовувати тільки в конструкціях, надійно захищених від дії вологи.

Важливою властивістю для комірчастих бетонів є усадка. Вироби з неавтоклавного бетону дають більшу усадку, ніж з автоклавних. Піногіпс і піномагнезит практично не дають усадки.

Температуростійкість комірчастих бетонів невисока. Для автоклавних пінобетону і піносилікату, а також для безавтоклавного пінобетону гранично допустимими температурами є  $300-400^\circ\text{C}$ . При подальшому підвищенні температури має місце дегідратація новоутворень цементного каменю, внаслідок чого різко знижується міцність бетонів[16,23,31,34].

Для пено- і газосилікатів при дії високих температур основним руйнівним чинником являється модифікаційне перетворення кварцу (при  $575^\circ\text{C}$ ). Перехід кварцу з бета-модифікації в альфа-модифікацію супроводжується збільшенням його об'єму і викликає освіту у бетоні тріщин.

На міцності пінобетону і піносилікату позначається не лише температура, по і швидкість нагрівання виробів. Швидкий нагрів швидше призводить до появи тріщин, чим повільний нагрів до тієї ж температури.



Піномагnezит при підвищенні температури вище 200°C має меншу міцність, а при температурі вище 350°C він починає руйнуватися. Ця властивість піномагnezиту визначається відношенням до нагрівання кристалічного хлорокису магнею.

Температуростійкість піногіпсу незначна, при температурі вище 50-60°C його застосовувати не слід; подальше підвищення температури викликає дегідратацію двуводного гіпсу.

Для застосування при температурах від 400<sup>0</sup> до 700°C розроблені спеціальні рецептури жаротривкого пінобетону. Жаротривкий пінобетон виготовляють з портландцементу, золи-віднесення теплових електростанцій, піноутворювача і води. Жаротривкий пінобетон твердне в природних умовах.

Таблиця 1.1 – Властивості комірчастого бетону

№ з/п	Показник	Олин. виміру	Теплоізоляційний	Конструктивно-теплоізоляційний	Звичайний бетон
	Об'ємна маса в сухому стані	кг/см <sup>2</sup>	400-600	600-800-1200	2350
	Міцність на стиск у 28 діб	кг/см <sup>2</sup>	10-30	25-50	250
	Теплопровідність	Ккал/мчгр.	0,1-0,124	0,17-0,33	2,1
	Акустична характеристика для стін: 200мм. 300мм.	Дб.	43-45 35-37	40-42 47-49	57 58
	Опір теплопередачі через стіну: 200мм. 300мм.	Ккал/кн. м*ч*гр.		0,71-0,95 0,43-0,58	3,24 2,55
	Паропроникненість	Мг/м*ч*п		0,17-0,23	0,7
	Усадка після 90 діб	%		0,033	0,015
	Вогнестійкість	Мин.	120	120	-
	Водопоглинання	%		8,5	5

Основні властивості комірчастих бетонів :

Легкість. Газобетон - легкий будівельний матеріал, об'ємна вага якого може варіюватися в діапазоні від 300 до 1200 кг/м<sup>3</sup>. Стандартний дрібний блок з комірчастого бетону (ДСТУ Б В.2.7-137:2008 ), мазка щільність Д500, розміром 300x188x575 мм має масу до 24 кг і може замінити в стіні, що захищає, завтовшки 640 мм 28 цегли, вага якої складає 120 кг Звідси слідує і пониження трудомісткості кладки, оскільки замість 15-20 цегли досить укласти один камінь. Легкість комірчастого бетону дозволяє понизити транспортні і монтажні витрати і витрати на облаштування фундаментів.

Швидкість і економічність конструкцій, що зводяться. За рахунок відносно великих габаритів блоку і його малої ваги(не потрібно спеціальні підйомні механізми) істотно(за деякими оцінками - в 4 рази) зростає швидкість будівництва. Відповідно менше стають трудовитрати, в 5-7 разів менше витрата речовин зчеплення - клею або розчину. Усе це зменшує загальну вартість будівлі, що зводиться. Простота в монтажі, яка досягається високою розмірною геометричною точністю блоків(+/-1-2мм) і можливість кладки на клей (спеціальна суха суміш упакована в мішках і готується шляхом додавання води) [16,23].

Низька теплопровідність. Стіни, виконані з комірчастого бетону, повністю відповідають новим вимогам ДБН по опору теплопередачі захисних конструкцій житлових і громадських будівель. Коефіцієнт теплопровідності в сухому стані - 0,12 Вт/м °С, при вологості 12% - 0,145 Вт/м °С.

Екологічність. Сучасний пінобетон робиться з піску, цементу піноутворювача і води. Він не виділяє токсичних речовин і по своїй екологічності поступається лише дереву, але при цьому не гниє і не старіє. Екологічна чистота вживаних сировинних матеріалів гарантує повну безпеку пінобетонних виробів для людини. Радіаційний фон пінобетону не перевищує 9-11 мкр/ч. Комірчастий бетон «дихає», регулюючи вологість в приміщенні. Будови з комірчастого бетону є практично вічними і не вимагають відходу.

Звукоізоляційні властивості. Звукоізоляційні властивості пінобетону, завдяки його пористій комірчастій структурі, в 10 разів вище, ніж у цегляної кладки. За наявності повітряного проміжку між шарами пінобетону або при обробці поверхні стін щільнішими матеріалами, забезпечується звукоізоляція в 45-50 дБ. Згідно довіднику «НЕВЕР» блоки марок Д400 - Д500 в конструкції мають наступні характеристики: 100 мм - 35-37 дБ, 125 мм - 44-46 дБ; 150 мм - 55-57 дБ; 175 мм - 64-66 дБ.

Пожежабезпека. Оскільки для виготовлення пінобетону береться лише природна мінеральна сировина, то немає і небезпеки займання. Пінобетон, будучи неорганічним і негорючим матеріалом, витримує односторонню дію вогню впродовж 3-7 год. Це матеріал, здатний захистити металеві конструкції від прямої дії вогню. Пінобетон морозостійкий, що пояснюється наявністю резервних пір, в які витісняється при замерзанні лід і вода. Сам матеріал при цьому не руйнується. Вважається, що при дотриманні технології будівництва морозостійкість матеріалу перевищує 200 циклів. При низькій об'ємній масі пінобетон має досить високу міцність на стискування - 28-55 кгс/см<sup>3</sup>.

Конструкційність. За рахунок вдосконалення технологічних процесів, точності різання, що забезпечує погрішність не більше 0,5-1 мм, вдається випускати широкий асортимент продукції. Зазвичай робляться блоки з розмірами 600 (250 мм різної товщини (від 50 до 500 мм з кроком 25 мм), а також перемички, плити перекриттів і покриттів під рулонну покрівлю, U-образні блоки, що служать опалубкою для заливки монолітних поясів і віконних перемичок безпосередньо за місцем. Для об'єктивного розгляду деяких характеристик, таких як довговічність, морозостійкість і ін., не хапає практики: побудовані з цеглини будинки коштують декілька сотень років, а будівлі з пінобетону стали будувати відносно нещодавно, тому багато показників відомі лише з теорії.

Теплоізоляційні властивості. Із-за ув'язненого в порах комірчастого бетону повітря він має прекрасну теплоізоляційну здатність. При будівництві

житла по нових будівельних нормах товщина зовнішньої стіни має бути: з цеглини - не менше 1500 мм, з комірчастого бетону - 375 мм. Масивність матеріалу забезпечує вирівнювання температурних коливань, як в літню жару, так і зимовий холод. Теплоакumuлюючі властивості комірчастого бетону сприяють підвищенню комфорту у внутрішніх приміщеннях і дозволяють значно економити на опалювальній енергії.

Водопоглинення і морозостійкість залежать від величини і характеру пористості комірчастого бетону і щільності перегородок між макропорами (осередками). Для зниження водопоглинання і підвищення морозостійкості прагнуть до створення комірчастої структури із замкнутими порами. Встановлені наступні марки комірчастого бетону по морозостійкості: F15, F25, F35, F50, F75, F100. Для панелей зовнішніх стін застосовують комірчастий бетон марок F15, F25 залежно від вологості атмосфери в приміщеннях і кліматичних умов. Більш високу морозостійкість потрібно від конструкційного комірчастого бетону, що піддається багатократному заморожуванню і відтаванню.

Вологопроникненість. Із-за замкнутих пір в структурі комірчастого бетону вологопроникненість значно нижче, ніж у будівельних матеріалів з капілярною структурою.

Оброблюваність. Матеріал легко пиляється, ріжеться, стрижеється і свердлиться. Простота обробки комірчастого бетону дозволяє виготовляти конструкції різної конфігурації, у тому числі і арочні, обробляти поверхню, прорізати канали і отвори під електропроводку і розетки, трубопроводи.

### **1.1.1 Пінобетон, характеристики та особливості використання**

Пінобетон - порівняно новий матеріал; якщо цеглині 3000 років, то йому не більше 100. Це штучний пористий камінь, здатний плавати у воді, відповідає

усім вимогам нормативних документів, що пред'являються до будівельних матеріалів, по міцності, деформативності, морозостійкості, його теплозахисні властивості в 2-3 рази вищі, ніж у цеглини. Стіна з цього матеріалу «дихає», створюючи в приміщенні ідеальний мікроклімат, особливо корисний при легеневих, серцево-судинних і суглобових захворюваннях, але бетон, на відміну від деревини, що має ті ж властивості, не горить і не гниє. Останні роки характеризуються новим сплеском інтересу до комірчастого бетону. Це обумовлено двома причинами: посиленням норм відносно вимог теплозахисту будівельних елементів і новими досягненнями в технології і конструюванні комірчастобетонних виробів.

Спершу з'ясуємо, що ж таке пінобетон, чим він хороший і які принципові відмінності пінобетону[16,23,24].

Пінобетон, як будівельний матеріал, був винайдений в Росії і запропонований до використання в 20-х роках минулого століття. Виходить він за допомогою змішування за спеціальною технологією цементу, піску або золи, піноутворювача і води. Сфера застосування пінобетону значно ширша за багато інших будівельних матеріалів. Пінобетон можна отримувати як в заводських умовах, так і в умовах будівельного майданчика, оскільки пориста структура цементно-піщаної піномаси повністю формується в короткий відрізок часу в умовах інтенсивних динамічних дій при перемішуванні у бетонозмішувачах.

Змінюючи співвідношення компонентів, отримуємо різні типи пінобетону, вживаного для :

- зовнішніх стін,
- внутрішніх перегородок,
- термовкладиші,
- термоізоляції дахів,
- термоізоляції трубопроводів,
- звуко- теплоізоляції міжповерхових перекриттів.

Розрізняють наступні типи пінобетону :

- теплоізоляційний - щільність 400 - 500 кг/м<sup>3</sup>,
- теплоізоляційно-конструктивний - щільність 600 - 900 кг/м<sup>3</sup>,
- конструкційний - щільність 1000 - 1200 кг/м<sup>3</sup>.

Існує декілька технологій отримання пінобетону. За великим рахунком, їх можна виділити в дві групи[16,23,24].

У першій пінобетон отримують змішуванням відразу усіх компонентів в змішувачі, і за рахунок інтенсивного перемішування залучають до готового розчину повітря. Мінусами цієї технології є те, що піну можна отримати при дуже сильно рухливому(рідкому) розчині. Тобто потрібно або вводити велику кількість води, що знижує міцність готового бетону, або активно користуватися різними хімічними добавкам(пластифікаторами), що у свою чергу не дозволяє використати якісні і екологічно чисті білкові піноутворювачі. В результаті структура отриманого за цією технологією пінобетону складається з повітряних бульбашок розміром 1.5-2 мм(добре, якщо так вийде). Безперечними плюсами цієї технології є простота технологічного процесу і низька вартість устаткування.

При застосуванні другої технології, спочатку готується бетонний розчин і вже в готову суміш подається піна, приготована в піногенераторі, в процесі перемішування піна насичується бетоном - пінобетон готовий. Ця технологія за рахунок послідовного проведення операцій дозволяє контролювати якість проведення усіх етапів технологічного ланцюжка. До мінусів цієї технології можна віднести більш високу ціну устаткування і більше число операцій.

Пінобетонні блоки - надійні, їх можна сміливо назвати вічним будівельним матеріалом. Термін використання піноблоків не органічний. Маючи міцність каменю і стійкість до стискування, піноблоки не піддаються дії часу. При експлуатації з роками пінобетонні блоки стають тільки міцніше[16,23,24,26].

Таблиця 1.2 - Дозування компонентів для виробництва 1 м<sup>3</sup> пінобетону.

Марка пінобетону	Щільність, кг/м <sup>3</sup>				
	400	600	800	1000	1200
Склад пінобетону	Міцність, кг/см <sup>2</sup>				
	8-15	18-27	30-45	50-80	70-100
Цемент(ПЦ 500, 600), кг	360	375	405	330	335
Наповнювач (пісок, відсівання, зола-віднесення - зернистість по модулю 1 (0,2 мм), кг	0	160	295	560	750
Концентрат піноутворювача(ПБ-2000 або аналогічний), кг	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45
Вода(технічна, для замішування і приготування розчину піноутворювача), л	193	240	300	353	400

Завдяки своєю насиченістю повітрям, піноблоки акумулюють і зберігають тепло, що при експлуатації знижує витрати на опалювання на 20-30%.

Таблиця 1.3.- Час тверднення пінобетону, при 20°C

Час, доба	Міцність	Примітка
0.5-1	Розопалубочна	Блоки можна вийняти з форм
3-4	Транспортування (відпускна)	Блоки можна перевозити автотранспортом, відвантажувати споживачам в літній час
5-6	Морозостійкості	Блоки в зимовий час можна відправляти на холодний склад або відвантажувати споживачам
7-8	Конструкційна	Можна вести кладку з блоків, або зняти знімну опалубку при монолітному будівництві в теплу пору року

Будівлі, при будівництві яких використані пінобетонні блоки, відрізняються досить високою здатністю поглинання звуку.

Виготовлення піноблоків по сучасних технологіях дозволяє отримувати високоекологічний матеріал, що поступається за характеристиками тільки дереву.

Таблиця 1.4 - Діапазон фізико-механічні властивостей пінобетоні

Показники	Значення
Щільність в сухому стані	від 400 до 1200 кг/куб
Коефіцієнт теплопровідності в сухому стані	від 0,1 до 0,3 Вт/м <sup>0</sup> С
Межа міцності при стискуванні	від 12 до 100 кг/кв.см (від 1,2 до 10 МПа)
Сорбційне зволоження	от 1 до 5 мас.%
Водопоглинання	от 0,5 до 5
Морозостійкість	від F25 до F50
Група матеріалів по пожежобезпеці	негорючі

Виробництво піноблоків здійснюється для застосування у вогнетривких конструкціях, оскільки пінобетонні блоки надійно захищають від поширення пожежі. Випробування підтверджують, що піноблоки відповідають першому ступеню вогнестійкості. Пінобетонні блоки завтовшки 150 мм впродовж 4 годин захищають від пожежі. При дії інтенсивної теплоти, типу паяльної лампи на поверхню бетону він не розщеплюється і не вибухає, як це має місце з важким бетоном. В результаті цього арматура захищена більше тривалий час від нагрівання. Тести показують, що пінобетон завтовшки 150 мм протистоїть пожежі впродовж 4 годин. На випробуваннях, проведених в Австралії, зовнішня сторона панелі з пінобетону завтовшки 150 мм була піддана нагріванню до 1200<sup>0</sup>С.(рис. 1.1)

Виробництво піноблоків здійснюється з метою будівництва сучасних споруд, що не бояться вогкості, плісняви, значних втрат тепла взимку і навпроти, підвищення температури в жарку пору року. Завдяки здатності пінобетону до вбирання і віддачі вологи, виготовлення піноблоків здійснюється для встановлення мікроклімату(ефекту термоса) у будинках.



Пінобетон має велику водостійкість, він не пропускає воду, а також не тоне у воді. (рис. 1.2)



Рисунок 1.1. - Висока пожежостійкість піноблоків



Рисунок 1.2 - Висока водостійкість пінобетону

Порівняно із стандартним важким бетоном піноблоки по вазі значно менше(від 10 % до 87 %). Ця властивість призводить до значного зниження ваги споруд і економії на фундаментах.

З урахуванням невеликої щільності, а, отже, легкості, піноблоки порівняно з цеглиною дозволяють проводити швидкісне зведення будов.

Завдяки легкості в обробці і обробці пенобетонные блоки дозволяють без утруднень виготовити різноманітні форми кутів або арок, а також прорізати отвори і канали для електропроводки і труб. За рахунок цього можна здійснювати найвишуканіші архітектурні проекти.(рис1.3).

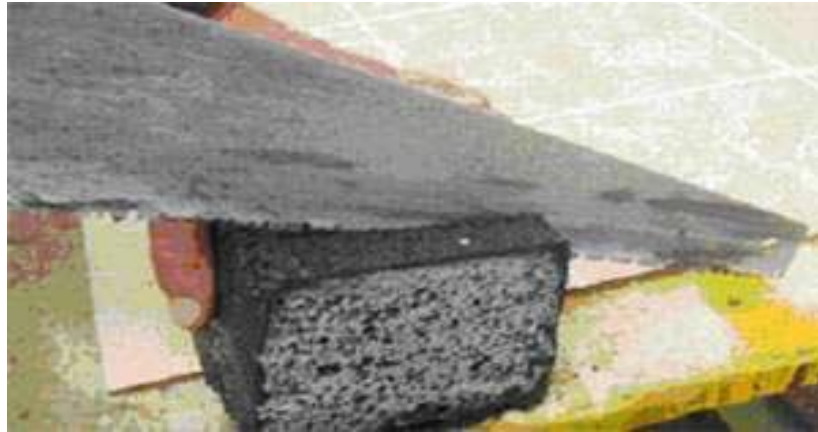


Рисунок 1.3 - Легкість в обробці блоків

Виробництво піноблоків здійснюється відповідно до нормативів, що дозволяє досягати високої геометричної точності розмірів. Завдяки цьому можливо робити кладку на клей, уникати «містків холоду» в стіні, а за рахунок цього товщина штукатурки усередині і зовні істотно знижується.

Щільність пінобетону залежить тільки від дотримання пропорцій компонентів і дотримання технологічної інструкції, і не залежить від параметрів довкілля[16,23,24].

Теплопровідність пінобетону якої-небудь конкретної щільності трохи залежить від вживаного наповнювача(наприклад: теплопровідність кварцового піску вища, ніж у гранітного відсівання, тому пінобетон зроблений на відсіванні буде трохи «тепліший»).

Міцність пінобетону(як і звичайного бетону) залежить:

– від марки цементу(чим вище марка цементу, тим міцніше пінобетон);

– від якості наповнювача(чим менше в ній пилоподібних часток, сторонніх домішок і чим однорідне зернистість, тим міцніше пінобетон).

Таблиця 1.5 - Основні технічні характеристики пінобетону.

Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Міцність, кг/см <sup>2</sup>	Теплопро- відність, Вт/м 0С	Вага одного блоку, кг		
			598*298*195	598*295*98	398*198*195
400	8-15	0.1-0.12	13.9	6.9	6.2
600	18-27	0.16-0.17	20.8	10.4	9.2
800	30-45	0.2	27.8	13.8	12.3
1000	50-80	0.25	34.7	17.3	15.4
1200	70-100	0.3	41.6	20.8	18.5

### 1.1.2 Особливості застосування газобетону

Газобетон - це легкий пористий матеріал, що отримується в результаті тверднення суміші гідралічного терпкого, тонкодисперсного кремнеземного компонента, води і газоутворювача. По структурі газобетон відноситься до групи комірчастих бетонів, названих так із-за наявності в штучних каменях цього виду рівномірно розподілених сферичних пір розміром від 1 до 3 мм в діаметрі. Розрізняють газобетони автоклавного і неавтоклавного тверднення(пропарювання або повітряне тверднення)[4,16,22,23,26].

Властивості газобетону:

Легкість. Газобетон - легкий будівельний матеріал, об'ємна вага якого може варіюватися в діапазоні від 300 до 1200 кг/м<sup>3</sup>. Проте нині, враховуючи комплексні вимоги до сучасних будівельних матеріалів, передусім по теплопровідності, оптимально випускати комірчасті бетони з мінімальною об'ємною вагою 400-600 кг/м<sup>3</sup>. Стандартний дрібний блок з комірчастого бетону (ДСТУ Б.В. 2.7-137:2008), мазка щільність Д500, розміром 300x188x575 мм має масу до 20 кг і може замінити в стіні, що захищає, завтовшки 640 мм 28 цегли, вага якої складає 120 кг.

Швидкість і економічність конструкцій, що зводяться. За рахунок відносно великих габаритів газобетонного блоку і його малої ваги(не потрібно спеціальні підйомні механізми) істотно(за деякими оцінками - в 4 рази) зростає швидкість будівництва. Відповідно менше стають трудовитрати, в 5-7 разів менше витрата зчіплюючої речовини клей або розчину. Усе це зменшує загальну вартість будівлі, що зводиться. Простота обробки. Газобетон легко обробляється будь-яким різальним інструментом, пиляється, штрабується[423,26].

Низька теплопровідність. Стіни, виконані з газобетону, повністю відповідають новим вимогам ДСТУ по опору теплопередачі конструкцій житлових і громадських будівель, що захищають. Коефіцієнт теплопровідності газобетону в сухому стані -  $0,12 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ , при вологості 12% -  $0,145 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ . В нашому регіоні можливе облаштування стін з газобетонних блоків(щільністю не більше  $500 \text{ кг/м}^3$ ) завтовшки 300 мм.

Широко відомі і теплоаккумуляційні властивості газобетону. По теплопровідності блоки стандартної товщини(375 мм) еквівалентні 600-міліметровій цегляній кладці. Енергозбереження нині є одним з найбільш важливих показників. При застосуванні газобетону найкращі показники по цьому параметру досягаються шляхом використання цього матеріалу з найменшою об'ємною вагою. У Європі застосовують газобетон з об'ємною вагою  $500 \text{ кг/м}^3$ . Вітчизняні виробники і виробники з країн СНД вже навчилися виготовляти газобетон щільністю  $400 \text{ кг/м}^3$  - характеристики по теплопровідності і морозостійкості у нього істотно вище(коефіцієнт теплопровідності  $0,10 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ , марка по міцності В1, 5, морозостійкість не менше 25 циклів).

Здавалося б, чим менше щільності, тим менше і теплопровідність матеріалу(працює «ефект шуби», коли поганий провідник тепла - повітря - займає в матеріалі все більше місця). Але застосовувати у будівництві газобетон щільності меншої чим  $400 \text{ кг/м}^3$  можливо тільки в якості утеплювача, із-за його низьких характеристик міцності.

Екологічність. Сучасний газобетон робиться з піску, вапна, цементу і алюмінієвої пудри. Він не виділяє токсичних речовин і по своїй екологічності поступається лише дереву, але при цьому не гниє і не старіє. Екологічна чистота вживаних сировинних матеріалів гарантує повну безпеку газобетонних виробів для людини. Радіаційний фон газобетону не перевищує 9-11 мкр/ч. Це пористий матеріал, тому у будинку, побудованому з газобетону, дихається так само легко, як і в дерев'яному.

Звукоізоляційні властивості газобетону, завдяки його пористій комірчастій структурі, в 10 разів вище, ніж у цегляної кладки. За наявності повітряного проміжку між шарами газобетону або при обробці поверхні стін щільнішими матеріалами, забезпечується звукоізоляція в 45-50 дБ.

Пожежобезпека. Оскільки для виготовлення газобетону береться лише природна мінеральна сировина, то немає і небезпеки займання. Газобетон, будучи неорганічним і негорючим матеріалом, витримує односторонню дію вогню впродовж 3-7 гол. Це матеріал, здатний захистити металеві конструкції від прямої дії вогню. Газобетон морозостійкий, що пояснюється наявністю резервних пір, в які витісняється при замерзанні лід і вода. Сам матеріал при цьому не руйнується. Вважається, що при дотриманні технології будівництва морозостійкість матеріалу перевищує 200 циклів. При низькій об'ємній масі (наприклад,  $500 \text{ кг/м}^3$ ) газобетон має досить високу міцність на стискування -  $28-40 \text{ кгс/см}^2$ , за рахунок автоклавної обробки (для порівняння: пінобетон -  $10-15 \text{ кгс/см}^2$ ).

Конструкційність. За рахунок вдосконалення технологічних процесів, точності різання, що забезпечує погрішність не більше 0,5-1 мм, підприємствам-виробникам вдається випускати широкий асортимент продукції. Зазвичай робляться блоки з розмірами 600x250 мм різної товщини (від 50 до 500 мм з кроком 25 мм), а також перемички, плити перекриттів і покриттів під рулонну покрівлю, U-образні блоки, що служать опалубкою для заливки монолітних поясів і віконних перемичок безпосередньо за місцем. Для об'єктивного розгляду деяких характеристик,

таких як довговічність, морозостійкість і ін., не хапає практики: побудовані з цеглини будинки коштують декілька сотень років, а будівлі з газобетону стали будувати відносно нещодавно, тому багато показників газобетону відомі лише з теорії.

Виробництво газобетону. Для виготовлення газобетону (рис. 1.4) спочатку готують суміш з цементу, вапна, гіпсу і алюмінієвого порошку. При необхідності, для надання газобетону додаткових властивостей, вводять спеціальні добавки. Отриману суміш формують і нарізують на готові цеглу-камені. Газобетон, виготовлений за різною технологією, істотно відрізняється і за своїми властивостями. При неавтоклавному виробництві суміш для отримання газобетону залишають тверднути в звичайних умовах. Це відносно дешевий спосіб: мінімальні витрати електроенергії, немає нужди застосовувати спеціальне устаткування. Поза сумнівом, при істотному зростанні цін на енергоносії, підвищенні долі транспортних витрат в собівартості продукції, цей вид виробництва заслуговує на увагу, особливо при проектуванні і будівництві малоповерхових будинків.

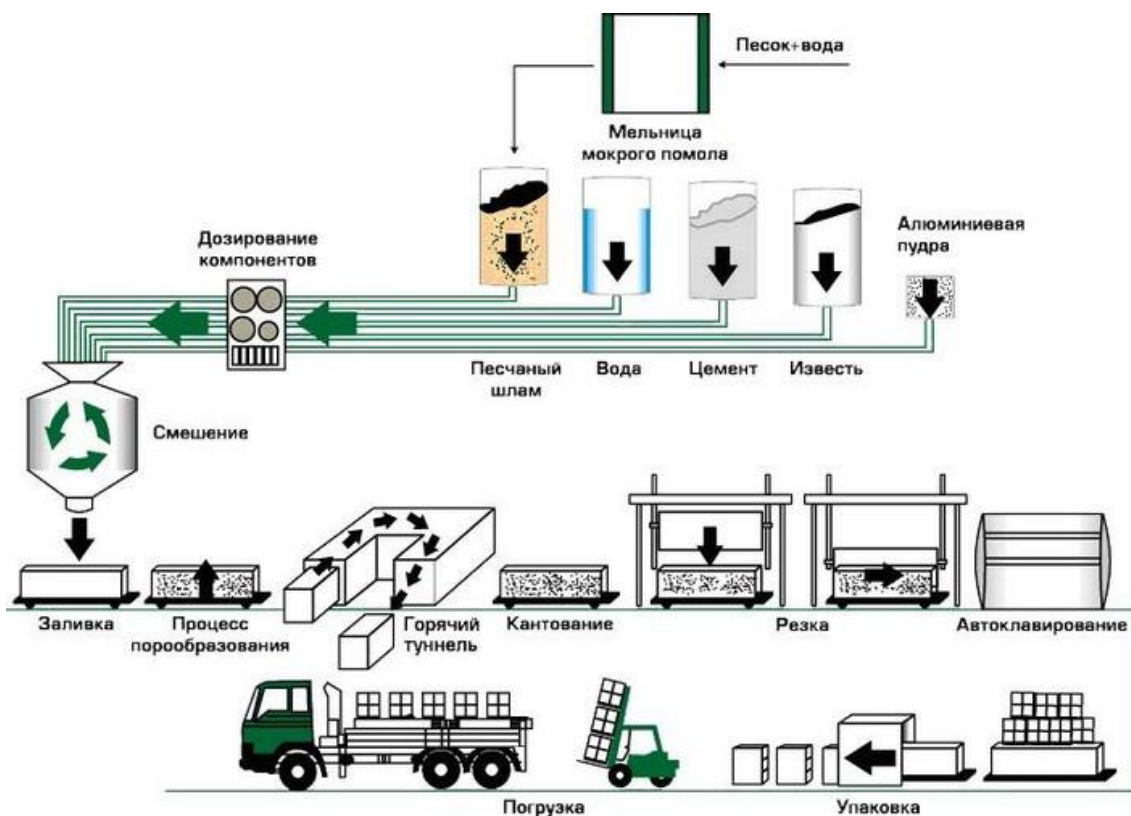


Рисунок 1.4 – Схема виробництва газобетону

Виробництво неавтоклавного газобетону отримало розвиток ще на початку ХХ ст. Комірчастий бетон готували на основі портландцементу, а потім стали застосовувати терпкі на основі шлаків і зол. Вдавалося отримати не лише теплоізоляційний, але і конструкційний газобетон для захисних конструкцій малоповерхових будівель. Сьогодні неавтоклавний газобетон виготовляється із застосуванням сучасного технологічного устаткування, нових видів тепловологої обробці. Підібрані оптимальні склади газобетонної суміші з урахуванням досягнень в області диспергування матеріалів.

Поризация суміші здійснюється на стадії формування матеріалу за рахунок взаємодії газоутворювача (алюмінієвої пудри) з лугом. Водень, що утворюється в результаті корозії алюмінію, виділяється у вільному стані у вигляді газових бульбашок, використовуваних для спучення газобетонної маси. Ця технологічна стадія, особливо в неавтоклавній технології, являється дуже відповідальною, зумовлюючою формування пористої структури матеріалу. Для поліпшення властивостей неавтоклавного газобетону в суміш вводять різні модифікуючі добавки: напівводний гіпс, мікрокремнезем, прискорювач тверднення - хлорид кальцію. Основним напрямом розробок стає наближення властивостей міцності до автоклавного газобетону. Найбільш перспективними в цьому відношенні являються дисперсно-армуючі волокна як штучного(полімерне волокно різного складу, скловолокно та ін.), так і природного походження(азбестове, базальтове волокно). Іншим способом зміцнення являється добавка мікрокремнезему або кислотою золи-віднесення у кількості 5-10% від ваги цементу. Якісний режим вологості по відношенню до газобетону під час його інтенсивного тверднення також істотно покращує його властивості міцності [4,16,22,23,26].

Неавтоклавний спосіб виробництва має суттєвий недолік: усадка газобетону в процесі експлуатації значно більше(2-3 мм/м), чим у автоклавного бетону(0,3 мм/м), при однаковій щільності виробів. Специфіка технології неавтоклавного газобетону вимагає і підвищеної витрати цементу. Незважаючи на відносну дешевизну отриманого виробу, в промислових

масштабах прийнятніше виробництво автоклавного газобетону. Автоклавна обробка газобетону здійснюється не лише для того, щоб прискорити процес тверднення суміші. Основний сенс полягає в тому, що в автоклаві при температурі  $+180^{\circ}\text{C}$  і тиску до 14 панів в газобетоні утворюється новий мінерал - доберморит. Завдяки цьому підвищується міцність матеріалу і, що особливо важливо, у декілька разів зменшується усадка. За рахунок своїх характеристик автоклавний бетон має значно більше способів застосування. Він може використовуватися, наприклад, в армованих конструкціях - перемичках, панелях, та ін. Комірчастий бетон автоклавного тверднення має знижену тріщиностійкість і морозостійкість. Автоклавна обробка дозволяє в коротші терміни отримувати вироби з досить високою міцністю при зниженій витраті терпкого. У автоклавної обробці є і недоліки: дороге устаткування, специфіка його експлуатації, що вимагає висококваліфікованого обслуговуючого персоналу, висока металоємність автоклавів, низький коефіцієнт використання внутрішнього об'єму автоклава. Дрібносерійне виробництво при автоклавному способі виявляється економічно не вигідним.

Застосування газобетону. Газобетон є економічним і ефективним будівельним матеріалом, властивості якого дозволяють в стислі терміни споруджувати будівлі різного призначення. При будівництві великих будинків блоки з газобетону можуть застосовуватися в якості утеплювача.

У малоповерховому будівництві газобетон може виконувати не лише теплоізоляційні, але і несучі функції. Він може застосовуватися комплексно в конструкціях зовнішніх і внутрішніх стін, перегородок, перекриттів, покриттів, перемичок і навіть сходових східців. Відмітимо, що робилися спроби використання комірчастого бетону в конструкціях фундаментів і стін підвалів, проте їх обґрунтованість вимагає додаткової перевірки на довговічність і надійність цих конструкцій. У світовій практиці комірчастий бетон вже давно використовується при реконструкції старих будівель, при



нарощуванні їх поверховості, для утеплення фасадів без зміни конструкції і несучої здатності фундаментів)[4,16,22].

З газобетонних блоків можна зводити будівлі будь-якої конфігурації, що відкриває великі можливості для фантазій архітекторів.

Газобетонні блоки зазвичай нарізаються з довгих брусів; замовник може вибирати будь-який типорозмір, обмежений тільки можливостями автоклавного виробництва. Такий підхід особливо зручний при зведенні будинків по індивідуальних проектах. Висока точність геометричних розмірів газобетонних блоків дозволяє, за бажання, обійтися без штукатурних робіт усередині приміщень. На газобетон добре клеїться керамічна плитка, шпалери, інший обробний матеріал.



Рисунок 1.5 – Газобетонний блок

До недоліків будинків з газобетону можна віднести:

1) Внаслідок усадки, недоліків при облаштуванні фундаменту або зсувів можуть виникнути тріщини на стінах будинку. Проте це лише візуальний недолік споруди, адже самі тріщини істотної шкоди не несуть і їх легко можна замаскувати.

2) Низька теплова інерція такого будинку, тобто він практично не здатний накопичувати і акумулювати тепло. Газобетон швидко нагрівається і швидко віддає тепло, якщо опалювання відсутнє. Проте, це не має ніякого значення для житлового будинку, в якому постійно живуть люди і він опалювання.

3) Потреба в додатковому армуванні - газобетон здатний витримувати високі навантаження на стискування, але майже не працює на вигин. Тому, якщо навантаження на певну точку кладки буде вище за його деформаційну стійкість, з'являтимуться тріщини. Для запобігання цього необхідно проводити армування стін з газобетону.

4) Висока гігроскопічність газоблоків - пориста структура матеріалу легко вбирає вологу з довкілля і при прямому контакті. Це призводить до зниження теплоізоляційних характеристик газоблоку. Тому його обов'язково необхідно ззовні покривати декоративно-захисним шаром.

Таблиця 1.6 - Фізико-технічні властивості газобетону.

Об'ємна щільність бетону кг/м <sup>3</sup>	400	500	600
Міцність бетону на стискування кг/см <sup>2</sup>	20	35	50
Клас бетону по міцності	B 1,5	B 2-2,5	B 2,5 - 3,5
Марка бетону по морозостійкості	F 35		
Відпускна вологість бетону не більша %	35		
Усадка при висиханні мм/пм	0,5		
Коефіцієнт теплопровідності Вт/м С	0,10	0,12	0,14
Сорбційна вологість не більша	8		
Коефіцієнт паропроникненості мг/м.ч.Па	0,23	0,20	0,17

Таблиця 1.7 - Основні характеристики газобетонних блоків

Щільність., кг/м <sup>3</sup>	Довжина (L), мм	Висота (H), мм	Товщина (B), мм	Клас міцності	Тепло- провідність	Морозо- стійкість
400	625	250	300	B2,5 35 кг/см <sup>2</sup>	0,1	F 35
	625	250	375			
	625	250	400			
350	625	250	300	B2,0	0,085	
	625	250	375			

## 1.2 Полістіролбетон його властивості та особливості застосування

Полістіролбетоном називається бетон, легким заповнювачем якого є вспінений полістирол. Полістіролбетон за своїми властивостями відноситься до легких бетонів (комірчастим бетонам), проте має ряд суттєвих відмінностей. До його достоїнств відносять можливість варіювання в широких межах його щільності, внаслідок чого полістіролбетон може бути як конструкційним, так і теплоізоляційним матеріалом. Виключно мала об'ємна щільність часток спіненого пластика дозволяє робити легкий бетон з об'ємною масою, діапазон якої може бути вибраний відповідно до вимог конкретної сфери застосування, і при цьому бетон має відповідно широкий діапазон характеристик. Також, на відміну від пінобетонів і газобетонів, нескладно отримувати полістіролбетон щільністю менш 200кг/м<sup>3</sup>, що має підвищені теплоізоляційні властивості[4,23,27,32].

Полістіролбетон є композиційним матеріалом, до складу якого входить портландцемент і його різновиди, кремнеземний заповнювач(кварцовий

пісок або зола-віднесення з ТЕЦ, застосовується при виробництві полістіролбетону високої щільності), пористий заповнювач, в якості якого виступає гранули спіненого полістиролу(ПВГ), а також модифікуючі добавки(прискорювачі схоплення, пластифікатори і т. д.) Щільність вироблюваного полістіролбетону, як правило, варіюється в межах Д600(для конструкційних блоків) до Д150(при використанні як теплоізоляційний матеріал).

Легкий бетон з пінополістірольним заповнювачем входить до групи надзвичайно легких бетонів, які робляться з використання пористих заповнювачів, зерен, що зазвичай мають малу міцність. Вирішальним чинником для властивостей міцності є структура затверділої цементної пасти, що оточує частки заповнювачів зі спіненого пластика, і що впливає на масу бетону. Крім того важлива форма і розмір зерен, а також структура поверхні використовуваних пінополістірольних заповнювачів. На відміну від мінеральних заповнювачів, дозування пінополістірольних заповнювачів задається не по масі, а за об'ємом. Таким чином, є можливість точно задати об'єм пір і, завдяки цьому, об'ємну масу полістіролбетону, і робити полістіролбетону, що має структуру із закритими порами.

За допомогою вибору об'ємної маси бетону можна впливати на характеристики полістіролбетону, щоб вони краще відповідали конкретним вимогам.

У світлі сьогоденних вимог представляє інтерес полістіролбетону, об'ємна маса якого знаходиться в нижньому діапазоні( $< 600 \text{ кг/м}^3$ ). В цьому випадку поєднання теплоізолюючого матеріалу і бетону в одному матеріалі пропонує будівельникам оптимальну комбінацію властивостей, що несуть, звукоізоляції, термоізоляції і вогнезахисту[4,16,26].

Полістіролбетону відомий впродовж досить тривалого часу, проте нині інтерес до цього виду будівельних матеріалів значно зріс, і головним чином з наступних причин:

– полістіролбетон має широку сферу застосування, простий у виготовленні, і має чудові теплотехнічні характеристики;

– вимоги по теплоізоляції будівель стають значно жорсткішими, внаслідок цього стало необхідним функціональне розділення будівельних матеріалів на теплоізоляційні і навантаження, що несло, і ці матеріали повинні відповідним чином поєднуватися в елементах будівель. В цьому відношенні цікаві рішення пропонує використання легкого бетону із заповнювачем з пінополістиролу(полістіролбетону).

Основною проблемою отримання якісного полістіролбетону, як і легких і комірчастих бетонів, являється оптимізація співвідношення між його щільністю і необхідною міцністю в проектному віці [4,12,16,17].

Таблиця 1.8 - Основні технічні характеристики полістіролбетону

Марка блоків по середній щільності (кг/м <sup>3</sup> )	Марка по морозостійкості	Клас по міцності на стискування	Середня міцність на стискування R, МПа	Переділ міцності на розтягування при вигині, МПа	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м °С		
					у сухому стані	при експлуатаційній вологості	
						А	Б
D150	F25	M 2,5	-	0,10	0,055	0,057	0,06
D200	F25-F35	M 3,5	-	0,15	0,065	0,070	0,075
D250	F35-F50	B 0,35	-	0,25	0,075	0,085	0,090
D300	F35-F50	B 0,5	0,73	0,35	0,085	0,095	0,105
D350	F50-F75	B 0,75	1,09	0,50	0,095	0,110	0,120
D400	F50-F75	B 1,0	1,45	0,60	0,105	0,120	0,130
D450	F75-F100	B 1,5	2,16	0,65	0,115	0,130	0,140
D500	F75-F100	B 2,0	2,90	0,70	0,125	0,140	0,155
D550	F100-F150	B 2,5	3,60	0,73	0,135	0,155	0,175

В першу чергу, звичайно, міцність полістіролбетону залежить від його щільності, на що роблять вплив наступні чинники.

- 1) Характеристики цементу.
- 2) Властивості пінополістірольного заповнювача.
- 3) Співвідношення цементу і заповнювача у бетоні.

Полістіролбетон - двокомпонентна система. Розглянемо полістіролбетон як двокомпонентну систему, що складається з гранул заповнювача і поризованої цементної матриці, що заповнює його міжзернові порожнечі.

В порівнянні з легкими бетонами на пористих заповнювачах, полістіролбетон має наступну особливість: щільність його заповнювача - пінополістірольних гранул складає всього  $0,02-0,06 \text{ г/см}^3$ , що в 20-30 разів менше щільності цементного каменю. Зміна щільності заповнювача не робить істотного впливу на щільність полістіролбетону, тому отримання необхідної щільності композиту здійснюється за рахунок регулювання його складу і структури, а так само щільність цементного каменю зміною змісту цементу в матриці і її поризації шляхом введення повітрянозалучаючих добавок, що збільшують об'єм залученого повітря.

По аналогії з практикою комірчастих бетонів, для приготування якісного полістіролбетону слід вибирати високоактивні цементі з метою забезпечення необхідних характеристик міцності бетону при відносно низькій витраті в'язучого.

Це пояснюється тим, що залежність міцності полістіролбетону від активності цементу носить лінійний характер, тобто міцність полістіролбетону підвищується зі збільшенням марки цементу.

Згідно даних досліджень, при приготуванні полістіролбетону на цементі різних марок спостерігається наступна картина: при заміні марки «500» цементом марки «400» міцність полістіролбетону зменшується в середньому на 20%; при заміні марки «500» цементом марки «600» міцність полістіролбетона на 20% збільшується.

Тобто незалежно від властивостей заповнювача і його змісту у бетоні, зі збільшенням міцності цементної матриці міцність полістіролбетону завжди підвищується. Проте здійснення цього прийому за рахунок збільшення витрати цементу обмежене у зв'язку з підвищенням щільності полістіролбетону[3,16,22,23,27].

Вплив заповнювача на властивості полістіролбетону. Виготовлення пінополістиролу здійснюється спінуванням фракціонованого бісерного стирулу постійного хімічного складу, що забезпечує постійність розмірів гранул, їх структури і щільності.

Для отримання полістіролбетону в якості заповнювача застосовують кулясті пінополістірольні гранули розміром від 0,3 до 20 мм і щільністю від 0,02 до 0,06 г/см<sup>3</sup>. При щільності полімеру, що становить тверде середовище спінених гранул близько 2 г/см<sup>3</sup>, їх пористість складає 97-98 % при щільності 0,02-0,06 г/см<sup>3</sup>. (рис. 1.6)



Рисунок 1.6 - Гранули полістіролбетону

Висока пористість обумовлює лінійну залежність між щільністю пінополістиролу і його міцністю на розтягування, а також величиною зусилля для деформації на 10 %. При міцності твердої фази пінополістиролу

до 20 МПа міцність гранул щільністю 0,02 г/см<sup>3</sup> дорівнює 0,01 - 0,02 МПа, гранул щільністю 0,06 г/см<sup>3</sup> - 0,04 - 0,06 МПа, тобто збільшується в 3 - 4 рази.

Експериментальні дослідження показують, що підвищення щільності пінополістирольних гранул при одночасному зменшенні їх розміру збільшують міцність полістиролбетону на 35 -80%. Слід зауважити, що при цьому відсутній чинник впливу міцності цементного каменю.

Встановлено, що для підвищення ефективності полістиролбетону, необхідно застосовувати заповнювач з оптимальним розміром гранул 0,3 - 1,2 мм.

Згідно з досвідченими даними, зниження пористості при однаковій середній щільності зерен заповнювача знижує міцність полістиролбетону від 10( при середній щільності пінополістиролу 0,06 г/см<sup>3</sup> ) до 30%( при середній щільності пінополістиролу 0,02 г/см<sup>3</sup> ).

Крім того, зниження пористості пінополістиролу, не покращуючи властивостей, збільшує вартість полістиролбетону, оскільки зміст пінополістиролу по масі підвищується на 4-11 кг/м<sup>3</sup>, а вартість цього компонента складає 60-80% вартості матеріалів на 1 м<sup>3</sup> бетону.

Слід зазначити, що тверда фаза гранул полімеру при однаковій щільності може мати різну міцність, розміри і однорідність пір. Це залежить від властивостей сировини для виробництва полістиролу і режиму його спінювання.

Вплив властивостей і змісту пінополістиролу на міцність полістиролбетону в корені відрізняється від впливу звичайних пористих заповнювачів на міцність легких бетонів.

На відміну від останніх, для полістиролбетону характерними є пластичні деформації, обумовлені великою деформативністю гранул пінополістиролу, релаксуючих напруження, що створюється у бетоні при його вантаженні. Чим менше розмірів гранул пінополістиролу, відмінності в їх розмірах і щільності, а також вище щільність і міцність гранул, тим вище міцність полістиролбетону [3,12,14,24].



Вплив співвідношення «цемент - заповнювач» на властивості полістиролбетону.

Таким чином, міцність полістиролбетону може розглядатися як міцність цементної матриці з включенням в її об'єм кулястих гранул полімеру(пінополістиролу) різного розміру, щільності і міцності.

Зі збільшенням змісту пінополістиролу у складі полістиролбетону, збільшується роль його впливу на властивості композиту. При використанні полістиролових гранул з низькими характеристиками отримання необхідної міцності полістиролбетону досягається збільшенням щільності пінополістиролу і(чи) збільшенням міцності цементної матриці за рахунок підвищення витрати цементу.

Збільшення витрати цементу з метою підвищення марочної міцності полістиролбетону може привести до зворотного ефекту: утворення значної кількості гідросульфоалюмінату кальцію(еттрингита) на одиницю об'єму полістиролбетонц призводить до розтріскування структури і, як наслідок, сприяє зниженню міцності в пізні терміни тверднення.

Подібний вплив робить і виділення гідроокису кальцію(одного із з'єднань, що з'являються в результаті реакції цементу з водою).

Щоб компенсувати негативний вплив цих продуктів гідратації цементного клінкеру, прискорити тверднення і підвищити марочну міцність полістиролбетонів, слід виконати дві умови:

Значно призупинити або виключити повністю реакції утворення гідросульфоалюміната кальцію - еттрингита.

Забезпечити перетворення гідроокиси кальцію в міцніші і водостійкі з'єднання.

Для виконання цих умов на ранніх стадіях тверднення полістиролбетону до його складу вводять рідке скло(силікат натрію) в кількості до 2,5%.

У присутності цієї добавки гідратація портландцементного клінкеру протікає набагато швидше, ніж в чистій воді.

Проте із-за наявності у складі портландцементу гіпсу в системі утворюється з'єднання - мірабилит, яке, збільшуючись в об'ємі, перешкоджає усадці цементної матриці, викликає внутрішню напругу, і тим самим гальмує набір міцності і сприяє разупрочненню структури бетону.

Для усунення негативного впливу мірабилита силікат натрію вводять спільно з добавками, блокуючими гіпс або зв'язуючими гідроокис натрію, що міститься в рідкому склі, або що чинять обидві ці дії одночасно.

При виконанні вище перелічених умов додавання силікату натрію до складу полістиролбетону сприяє отриманню системи з підвищеною міцністю.

Щоб уникнути збільшення витрати цементу, і, отже, щільність полістиролбетону, міцність його цементної матриці можна підвищити (особливо в ранні терміни тверднення) шляхом введення добавок-прискорювачів тверднення, а також за допомогою застосування активації терпкого (наприклад, метод віброактивації з використанням віброактиватора Але в цьому випадку, для збереження об'єму системи, ці способи вимагають обов'язкового збільшення об'єму залученого повітря (добавки СДО, СНВ та інші [16,23].

Полістиролбетонні блоки. Блоки з полістиролбетону (рис. 1.7) призначені для зведення зовнішніх і стін перегородок. Зовнішні стіни можуть застосовуватися у будівлях різного призначення будь-якої конструктивної системи. Залежно від сприйманих ними вертикальних навантажень такі стіни можуть бути:

1) Несучими. Рекомендується застосовувати в громадських і виробничих приміщеннях заввишки в 1-2 поверхи, в житлових будівлях - до 3 поверхів включно. Такі стіни слід виконувати з блоків по щільності не нижче D400 з міцністю на стискування не нижче B1.

2) Самонесучими. Можуть застосовуватися у будівлях будь-якої поверховості, виконаних з по поверховим спиранням на перекриття.

Виконуються вони з блоків марки по щільності не нижче D300 з міцністю на стискування не нижче B 0,5.

3) Навісними. Застосовуються у будівлях будь-якої поверховості. Цей тип стін виконується з плит марки по щільності не нижче D200.

Основні достоїнства:

- 1) Значне зниження матеріаломісткості;
- 2) Економія до 70 % розчину;
- 3) Нижча вартість полістиролбетону в порівнянні з іншими матеріалами;
- 4) Понижені витрати на опалювання внаслідок нижчої теплопровідності полістиролбетону в порівнянні з іншими матеріалами;
- 5) Великорозмірні блоки спрощують укладання стін;
- 6) Висока технологічність будівництва, блоки легко пиляються, гатяться(надання будь-якої геометричної форми, облаштування каналів для прихованої проводки);
- 7) Блоки мають різноманітну форму, легко монтуються, збільшуючи швидкість зведення стін і перегородок в 10 разів;
- 8) Кладка ведеться на клейовій основі для пінобетонів, що дозволяє отримати міжблочний шов не більше 3-4 мм і уникнути утворення містків холоду.
- 9) Зниження трудовитрат в 3 рази;
- 10) Не потрібно використання важкої вантажопідйомної техніки при будівництві будинку :
- 11) Один блок замінює 17 цегли і важить не більше 22 кг;
- 12) Важкогорючі, при обштукатурюванні або облицюванні цеглиною можуть застосовуватися при будівництві будівель I категорії вогнестійкості і класу пожежостійкості ;
- 13) Довговічність більше 100;
- 14) Висока морозостійкість;
- 15) Полістиролбетон не є поживним середовищем для мікроорганізмів і грибків, не схильний до гниття;
- 16) Екологічно безпечний;

- 17) Прекрасна звукова ізоляція;
- 18) Відмінна гідроізоляція при збереженні паропроникності.
- група горючості Г1;
  - паропроникність Д400 - 0,085 мг/М-ч-Па, Д500 - 0,075 мг/М-ч-Па при високій водонепроникності;
  - температура застосування від - 60°C до + 70°C;
  - питома теплоємність 1,06 кДж(кг °С);
  - низька експлуатаційна вологість в межах 4-8 % по масі і мала величина усадки, що не перевищує 1 мм/м, має низьку сорбційну вологість, що дозволяє матеріалу зберігати низькі значення теплопровідності і в умовах підвищеної вологості.



Рисунок 1.7 – Пінополістирольний блок

Діапазон застосування полістиролбетону дуже широкий: - захисних конструкції каркасних будівель, - несучі стіни, і перегородки - заливка підлог(стягування) - виготовлення штучних блоків і плит - утеплення стін вже побудованих будівель - утеплення горищ, покрівлі.

### 1.3 Багатошарові стінні конструкції

Холодні зими, характерні для України, лякають не лише іноземців, але і корінних жителів. Але сьогодні існує безліч способів обігріву приміщень. Проте, перш, ніж прибігати до послуг додаткових джерел тепла, варто потурбуватися про те, щоб максимально зберегти наявне. Адже не секрет, що використання обігрівачів коштує недешево. Тому при будівництві сучасних будівель утепленню фасадів приділяється особлива увага.

Для того, щоб будинок був теплим, не треба вибудовувати метрові стіни. Навіть тонкі можуть відмінно зберігати тепло завдяки використанню теплоізоляційних матеріалів, виготовлених спеціально для цих цілей. Ці матеріали відрізняються високою пористістю, а відмінна якість забезпечує малу щільність матеріалів. Таким чином досягається низька теплопровідність. Оброблені таким матеріалом фасади будівлі дозволяють значно скоротити витрати на опалювання. При цьому, у відмінності від товстих стін, застосування теплоізоляції забезпечує невелику масу самої будови, зменшує витрату дорогих будівельних матеріалів [16,23,25].

Методів і способів утеплення фасадів люди придумали множини.

На сьогодні їх різноманітність наводить на думку, що ця проблема коштує дуже актуально і вимагає негайного рішення. На даний момент існують три основні напрями:

- 1) Внутрішні утеплення (Утеплення комірчастими бетонами).
- 2) Багатошарові стінні конструкції.
- 3) Зовнішнє утеплення .

Тепер розглянемо кожен напрям детально:

- 1) Утеплення комірчастими бетонами (рис. 1.8).

Внутрішні утеплення зовнішніх стін притягає усіх своєю відносною дешевизною: вибір теплоізоляційних матеріалів досить великий, відносно низькі праце- і матеріалозатрати, немає строгої необхідності відповідати

критеріям надійності, досягається необхідний коефіцієнт опору теплопередачі конструкції, а для обробки підійде будь-який листовий матеріал або шпалери.

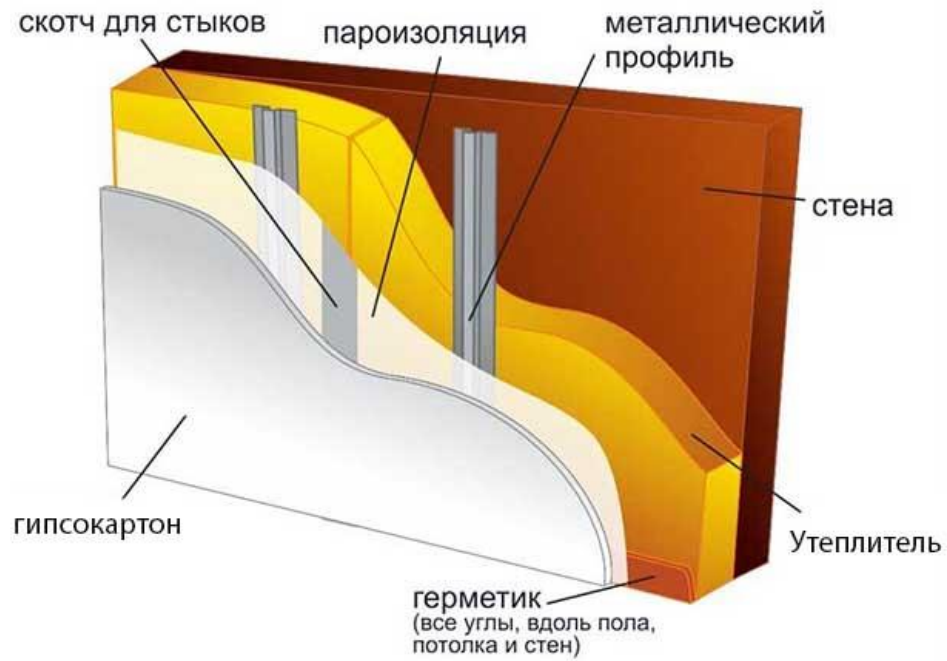


Рисунок 1.8 – Внутрішнє утеплення стін

Але існує і інша сторона медалі. Внутрішні утеплення має ряд досить серйозних недоліків[16,23,25]:

А) Система внутрішнього утеплення не може забезпечувати нормального тепловлажностного режиму конструкції. Адже нормальним цей процес можна назвати лише у тому випадку, коли в конструкції не відбувається накопичення вологи в період експлуатації(особливо в холодний період, тривалість якого для Києва дорівнює близько 180 днів.).

Але в процесі життєдіяльності людей(прання, вологе прибирання приміщення) виникає пароподібна волога(близько 14 л/діб.), яка потрапляє в зовнішню конструкцію завдяки теплотехнічним властивостям матеріалів під дією сил тепло, - і масообміну. коефіцієнт паропроникненість:

- керамічної цеглини  $110 \cdot 10^{-3} \text{ мГ/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$
- пінобетону  $230,6 \cdot 10^{-3} \text{ мГ/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$
- мінеральна вата  $480 \cdot 10^{-3} \text{ мГ/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$
- пінополістиролу  $15-30 \cdot 10^{-3} \text{ мГ/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$

Коефіцієнт теплопровідності :

- керамічної цеглини  $0,7 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$
- пінобетону(щільність.  $=300 \text{ кг/м}^3$ )  $0,11 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$
- мінеральна вата  $0,038-0,041 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$
- пінополістирол  $0,034-0,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$

Це призводить до того, що відбувається конденсація вологи в товщі утеплювача, з причини: коефіцієнт. паропроникненості зовнішніх стін нижче, ніж утеплювачів(за винятком пінополістиролу); перепад температур в товщині ізоляційного шару теплопровідність утеплювача збільшується, і процес ще прискорюється. Зрештою це призводить до зниження теплоопору конструкції, появи грибка, плісняви, підвищення вологості повітря в приміщенні і порушення екологічних показників, по яких оцінюється комфортність проживання.

Б). Жителі квартир будуть вимушені нести додаткові матеріальні(енергетичні) витрати в спробах просушити приміщення.

В). Варіант внутрішнього утеплення не здатний розв'язати проблему втрати тепла через "мости холоду", що є також дуже важливим питанням.

Г). Застосування внутрішнього утеплення несе досить неприємний економічний ущерб організаціям, які будують житлову будівлю з метою продажу житла. Так щоб забезпечити опір теплопередачі системи рівним  $R_0 = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{C/Вт}$  потрібна стіна з пінобетону щільністю  $=300 \text{ кг/м}^3$  товщиною 300мм або стіна з пінобетону щільністю  $=400 \text{ кг/м}^3$  товщиною 400мм. У практиці вітчизняного виробника часто спостерігається порушення технології, і пінобетон має фактичну щільність вище вказаною(до  $600 \text{ кг/м}^3$ ) з набагато більшим коефіцієнт теплопровідності. Навіть, виходячи з

сьогоднішньої практики (товщина стіни з пінобетону=400мм) ми можемо побачити втрати по площі які з цим пов'язані і відповідно порахувати фінансові втрати будівельних організацій.

## 2) Багатошарові стінні конструкції.

Практичне застосування у вітчизняному будівництві знайшло три види конструкції багатошарових зовнішніх стін :

А) Стіни будівлі виконуються колодцевою цегляною кладкою. (рис. 1.9) Теплоізолюючі властивості таких стін визначаються шаром утеплювача. В цьому випадку прочностные характеристики утеплювача, його стійкість до атмосферних дій не грають вирішальній ролі. Зазвичай в таких конструкціях використовують плити ПСБ щільністю  $40 \text{ кг/м}^3$  або минераловатные мати.

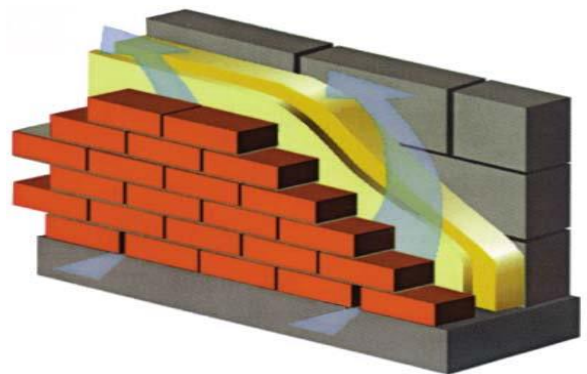


Рисунок 1.9 – Колодцева кладка з утеплювачем

До недоліків цього виду утеплення стін відносяться:

- виникає проблема виведення надмірної вологи з утеплювача, яка накопичується в процесі експлуатації приміщень;
- залишається також не задіяним зовнішній шар стіни і, відповідно, не ліквідовуються мости холоду;
- існує вірогідність попадання опадів в шар теплоізоляції;
- колодцева кладка - досить складний і трудомісткий процес, що вимагає високої кваліфікації мулярів;



– укладання утеплювача представляє певні технологічні труднощі, особливо його фіксація.

Усе це призводить до дорожчання будівництва і збільшення його термінів.

3) Тришарові зовнішні стінні панелі, що виготовляються промисловим способом на заводах залізобетонних конструкцій. (рис. 1.10)

У недавньому минулому на системи тришарових стінних панелей (а інакше кажучи будівництво панельних будинків), що виготовляються промисловим способом, покладалися великі надії. Передбачалося, що їх застосування розв'яже проблему утеплення фасадів будівель.

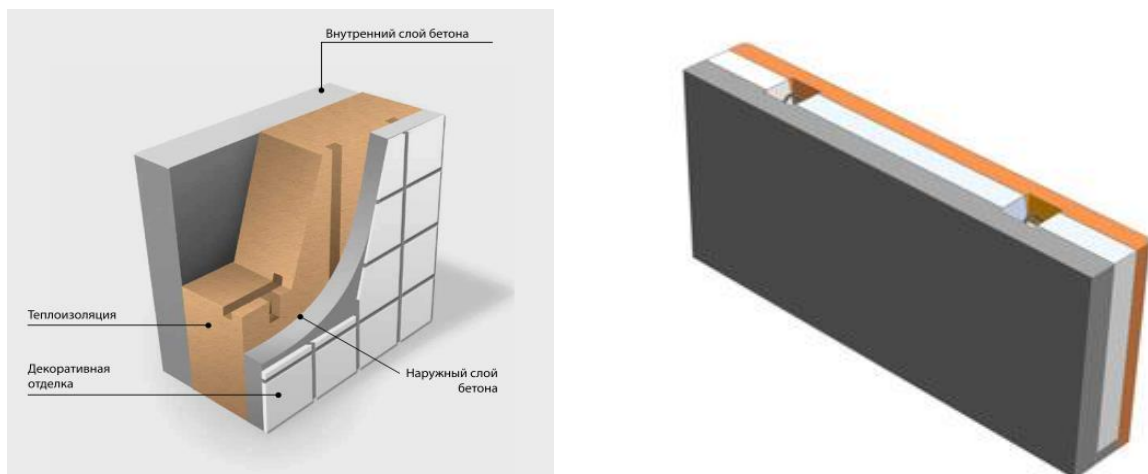


Рисунок 1.10 – Трьохшарова панель

Проте, як і в попередніх системах утеплення стін, не вдалося уникнути процесу накопичення вологи в товщі утеплювача або на межі утеплювач-бетон за рахунок конденсації побутової пари. В результаті теплотехнічні показники системи погіршувалися. Слабким місцем системи тришарових панелей виявилися стандартні мости холоду і стики між панелями, велика вірогідність попадання вологи і промерзання. Крім того, зовнішній вигляд панельних будівель залишає бажати кращого [16,23,25].

Нині для запобігання утворенню конденсату запропоновано використати паробар'єр. Таким чином вирішуються усі теплофізичні питання

пов'язані з утворенням конденсату, але виникають нові, пов'язані з мікрокліматом в приміщенні:

- для нормального режиму вологості в приміщенні необхідно організувати примусову вентиляцію, що досить дорого оскільки при вентиляції відбувається значна втрата тепла, отже ефект від утеплення знижується;

- із-за технологічних особливостей складно встановити пароізоляцію на стінах зі світловими отворами.

#### 4) Багатошарова система з вентиляльованим каналом. (рис. 1.11).

Технології будівництва не коштують не місці, і утеплення будинків за останній час значно змінилося. Кроком вперед у вирішенні проблеми утеплення будівель стало створення багатошарової системи з вентиляльованим каналом. Це дозволило нормалізувати теплофізичні процеси усередині конструкції і ліквідувати "мости холоду", які були основним бичем попередніх систем утеплення. Так само вирішилося питання естетики і архітектурної виразності фасаду будівлі. Крім того, при такій конструкції корисна площа приміщень не урізується, і відповідно скорочуються пов'язані з цим фінансові втрати. [16,23,25].

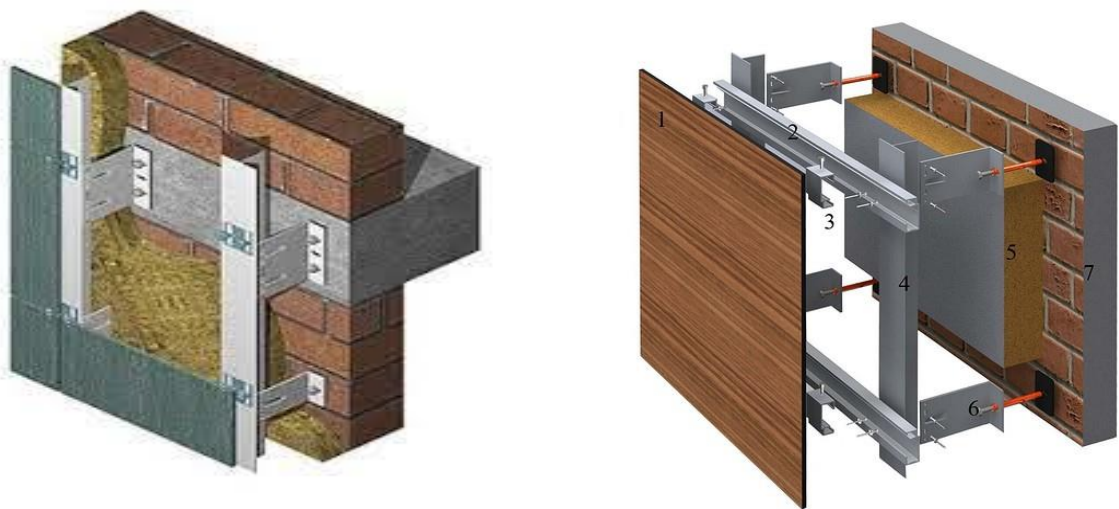


Рисунок 1.11 - Багатошарова система з вентиляльованим каналом

Як і усі попередні системи утеплення стін, системи утеплення з вентиляльованим фасадом мають свої недоліки:

- збільшення ширини фундаменту на товщину утеплювача(100 мм), вентиляційного каналу(40 мм) і конструкції(лицьова цеглина 120 мм), що захищає, спричиняє за собою додаткові фінансові витрати;
- особливої обережності вимагає використання цієї системи при реконструкції будівель, що обумовлено конструктивними труднощами з'єднання старого і нового фундаментів;
- потрібний копіткий і індивідуальний розрахунок для кожного будинку, що стосується спільної роботи обох фундаментів(у новому фундаменті мають місце усадкові процеси, що може привести до порушення цілісності системи, спотворення лицьової частини конструкції);
- зовнішній шар не працює в теплоізоляційному процесі. Холодне повітря безпосередньо обмиває утеплювач з пінобетону, що обумовлює зниження теплотехнічних властивостей конструкції;
- при зведенні стіни частина розчину може потрапляти в повітряний канал, бетонуючи його і створюючи мости холоду;
- в силу конструктивних особливостей системи неможливий приплив повітря в канал з самого низу, що знижує ефективність вентиляції утеплювача. Для вирішення цього завдання розробниками запропоновано вентилювати утеплювач за допомогою пристрою в нижньому і верхньому(приплив і витяг) зовнішньому шарі отворів загальною площею  $150 \text{ см}^2$  на кожні  $20 \text{ м}^2$  стіни. Проте, по-перше, немає документального підтвердження ефективності такого рішення, а по-друге, не унеможливлено накопичення пилу і попадання опадів у витяжні отвори;
- з економічної точки зору зведення будівель по такій системі технічно складне і призводить до великих время- і трудовитратам, збільшенню термінів будівництва.

### 3) Системи зовнішнього утеплення фасадів.

На сьогодні існують два напрями розвитку зовнішнього утеплення :

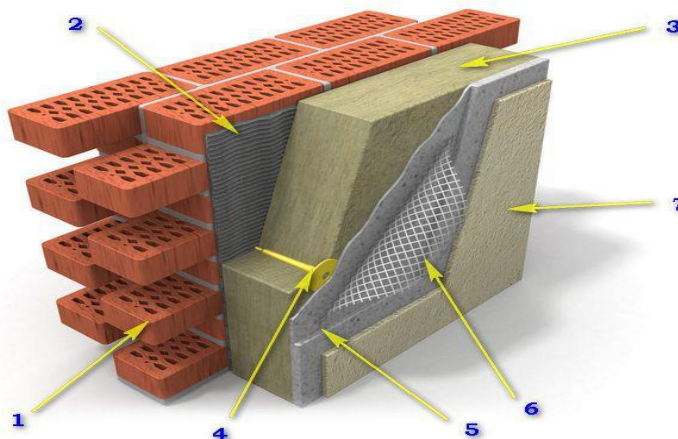
#### А) Контактний метод.

За останні 5-6 років на вітчизняному ринку знайшла широке поширення система контактного утеплення. В якості теплоізоляційного шару в такій системі утеплення стін використовуються мінераловатні плити Rockwool, Parok, екструдований пінополістирол або утеплювач з комірчастого скла Foamglas, а в якості декоративного шару - тонкошарова штукатурка.

Утеплення будинків контактними методами у свою чергу ділиться на:

- легкий мокрий метод;
- важкий мокрий метод.

Фасадне утеплення по методу «важких мокрих» систем (шведська Serpogrock, фінська Termonit) відрізняється тим, що функцію, що несе, виконує металева сітка, пов'язана за допомогою спеціальних кріплень розпорів і розтяжних з утеплювачем і основою(стіною). (рис. 1.12).



1 – фасадна стіна будівлі, що утепляється; 2 – шар будівельної клейової суміші; 3 – плити утеплювачів синтетичного(пінополістирол того або іншого типу) або мінерального(базальтова вата) походження; 4 – додаткове механічне кріплення термоізоляційного шару - дюбеля-«грибки»; 5 – захисний і вирівнюючий штукатурний шар, армований сіткою(поз. 6); 7 – декоративна штукатурна обробка фасаду.

Рисунок 1.12 - Фасадне утеплення по методу «важких» мокрих систем:

Ширше поширення знайшов «легкий мокрий» метод утеплення стін.(рис. 1.13) Він є комплексом заходів, що полягає в приклеюванні до зовнішньої поверхні стіни суцільного шару теплоізоляційних плит, покритті їх поверхні тонким шаром склеювального розчину, армованого сіткою із скловолокна. Теплоізоляційні плити приклеюються до стіни склеювальними розчинами, і залежно від необхідності, кріпляться додатково пластмасовими грибоподібними сполучними елементами. У цих системах функцію, що несе, виконує теплоізоляційна плита, на яку по скловолокнистій сітці наноситься армуючий шар. У "легких" системах, як правило, загальна товщина усіх шарів поверх теплоізоляційної плити складає не більше 9 мм. На українському ринку представлені наступні системи: Текс-колор, Синерджи, Мarmorит, Боликс, Церезит, Dryvit і інші. Кожна з них передбачає використання чітко певних матеріалів для утеплення, наклеювання утеплюючого шару, його кріплення і армування, штукатурних сумішей і відповідно дотримання усіх технологічних вимог монтажу.

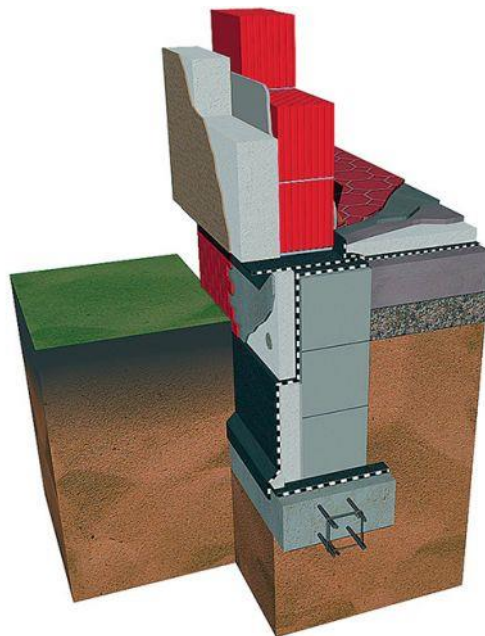


Рисунок 1.13 Фасадне утеплення по методу «легких» мокрих систем

Переваги легкого мокрого методу полягають в наступному:

- «точка роси» знаходиться поза стінною конструкцією і знімається питання мостів холоду;
- система не займає корисної площі будівлі, а архітектори дістають можливість зробити фасади будівель красивіше і цікавіше.

## 2. Метод навісних фасадів. (рис. 1.14)

Принцип роботи навісних вентилязованих фасадів полягає в наявності вентиляційного зазору між шаром утеплювача і зовнішнім елементом огороження. За рахунок перепаду тиску між низом фасаду (відмітка цоколя будівлі) та верху стіни (відмітка карнизу або парапету), утворюється постійний рух повітря знизу вгору, що дозволяє виводити конденсат з внутрішньої поверхні облицювального матеріалу і дифузійну вологу з шару утеплювача [25,26].

Монтаж конструкції навісного фасаду починається з установки опорних столиків довжиною 100-150 мм на стіну. Рекомендований крок опорних столиків по горизонталі складає 1,0 м, а по вертикалі від 1,0 до 1,5 м. Найбільш застосовуваний крок столиків – це сітка 1,0 x 1,2 м. Опорний столик монтується на стіну двома розпірними дюбелями.



Рисунок 1.14 – Система навісних фасадів

Узагальнюючи позитивний і негативний досвід експлуатації різних систем утеплення будинків, фахівці віддають перевагу методам зовнішнього утеплення, які мають ряд яскраво виражених переваг:

- створюються сприятливі умови температурної вологості роботи захищають конструкцій, що ізолюються. Стіна зовні захищається від несприятливих зовнішніх дій добових і сезонних температурних коливань, які призводять до утворення тріщин, відшаровування штукатурки, розгерметизації швів;

- стіна захищена від атмосферних опадів, появи флори на поверхні, утворення льоду в товщі стіни із-за наявності капілярної вологи і її конденсату;

- у холодний час зовнішня теплоізоляція перешкоджає охолодженню конструкції, що захищає, до температури точки роси і випаданню конденсату на внутрішніх поверхнях;

- зовнішня теплоізоляція згладжує або взагалі усуває містки холоду. Система дозволяє повною мірою реалізувати теплоакумулюючу здатність стін при відключенні або зниженні температури теплоносія в системах опалювання. Також зникає залежність температури повітря в приміщеннях від орієнтації будівель;

- зовнішні теплоізоляційні системи дозволяють приховати зовнішні дефекти конструкцій, що захищають;

- значно знижується рівень шуму в приміщенні, оскільки мінеральна вата або пінополістирол являються хорошими звукоізоляторами;

- тривалий термін служби системи утеплення.

Важливим компонентом системи утеплення є теплоізоляційна плита. Саме вона визначає ефективність утеплення, комфортність мікроклімату приміщень, від неї багато в чому залежить довговічність системи. В якості утеплювача для зовнішнього санування фасадів використовують в основному плити з екструдованого пінополістиролу або мінеральної вати[25,26].

Таблиця 1.9 - Порівняльна характеристика матеріалів

Показники	Стіна з керамічної цегли	Мінераловатна плита	Штукатурка	Стіна з газобетонних блоків	Стіна з полістиролбетонних блоків
Об'ємна щільність, кг/м <sup>3</sup>	1800	195	1800	400	400
Міцність на стискування, кг/см <sup>2</sup>	100-250	0,05	75	20	10
Марка по морозостійкості	F35	-	F35	F35	F50
Відпускна вологість бетону, %	-	0,5	-	35	10
Сорбційна вологість бетону, %	-	2	-	8	2-4
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м С	0,7	0,055	0,81	0,12	0,085
Коефіцієнт паропроник.-ті, мг/м.ч.Па	-	0,52	-	0.23	0,085
Звукоізоляція, Дб	50-52		-	50	46
Товщина стіни при R=2.8 м·°С/Вт, м	0,51+0,1+0,012			300	200
Габарити, м	0,265x0,12x0,065	1x1,2x0,1	-	0,2x0,3x0,6	0,2x0,2x0,6



## **2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ І ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ЗВЕДЕННЯ**

### **2.1 Дослідження теплотехнічних особливостей проєктованих захисних конструкцій з енергоефективних матеріалів**

Основним загальновизнаним показником нормативного рівня енергоефективності захисних конструкцій будівель і споруджень житлово-цивільного призначення, вважається мінімальний обов'язковий опір теплопередачі захисних елементів.

Нові енергоефективні вимоги до захисних конструкцій, у перше були введені Україною раніше інших країн СНД наказом Держбуду в грудні 1993 р. і підвищені з 2007 р. відповідно до ДБН В. 2.6-31:2016 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» підтримавши загальну тенденцію підвищення нормативних вимог аналогічно з нормами країн СНГ та Європейського Союзу.

Підвищення рівня нормативного опору теплопередачі стін і вікон, обумовлене введенням нового ДБН замість попереднього СНиП, залежить від виду захисних конструкцій.

Зіставлення попередніх норм, що вводяться, показало, що перехід на нові норми не приведе до істотних зміни конструкцій більшості фасадних систем, освоєних виробництвом. Необхідність підвищення товщини утеплювача при використанні найбільш традиційних матеріалів не перевищує 50 мм з відповідним підвищенням вартості системи не більше ніж на 25 грн./м<sup>2</sup>.

Проблема зниження вартості заходів по утепленню будівель розв'язана в нових нормах шляхом введення альтернативного методу проєктування, при якому критерієм є питомі показники тепловтрат будівлі в цілому за рік. При

цьому мінімальне значення опору теплопередачі окремих елементів, що захищають, може бути нижче нормативного, що дозволяє оптимізувати теплову санацію за критерієм сумарних витрат.

Нині розробляється національний стандарт за визначенням питомих показників тепловтрат для різних будівель, який для проєктувальників стане інструментом оцінки рівня енергоефективності об'єктів[28,31,34].

Таким чином, нормативно певні мінімальні значення опору теплопередачі і питомі показники тепловтрат оптимізують витрати на облаштування захисної оболонки будинків, і експлуатаційні витрати на їх опалювання, враховують особливості кліматичних умов України, світові тенденції по зниженню показника питомих тепловтрат на опалювання будинків і можливе зростання цін на енергоносії.

При розробці нормативних вимог особлива увага приділена оцінці режиму вологості конструкцій при їх проєктуванні, вибору відповідних методів розрахунку, що захищають. Вологий стан матеріалів конструкцій, що захищають, визначає її довговічність і придатність до експлуатації, рівень теплових потоків через конструкцію в опалювальний період року.

Стабільність теплопровідності матеріалів при їх зволоженні досліджується упродовж досить тривалого часу. Прийmemo для попередньої оцінки роботи захисних конструкцій, залежність теплопровідності різних матеріалів від їх вологості [13,19,22,23,26].

А) Вплив вологості на теплопровідність газобетону.

Підвищення вологості будь-якого будівельного матеріалу призводить до зростання його теплопровідності. Це відноситься і до комірчастих бетонів.

Неодноразово робилися спроби описати залежність теплопровідності комірчастих бетонів від вологості лінійною формулою :

$$\lambda_w = \lambda_0 + kW \quad (2.1)$$

де  $k$  - деякий експериментальний коефіцієнт;

$W$  - вологість по масі, %.

Але значення коефіцієнта  $k$  за даними різних досліджень коливаються в межах від 0,001 до 0,01, тобто розрізняються на порядок. Насправді, залежність теплопровідності від вологості носить нелінійний характер.

У європейських нормах проектування залежність теплопровідності стінних матеріалів від вологості описується статечною функцією:

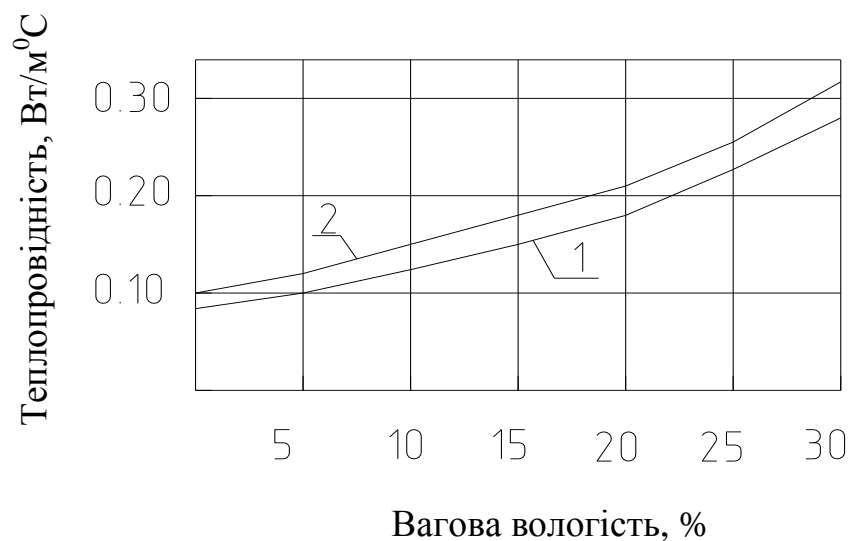
$$\lambda_2 = \lambda_1 \times e^{f_u \times (u_2 - u_1)} \quad (2.2)$$

де:  $\lambda_1, \lambda_2$  - теплопровідність при вологості 1 і 2, Вт(м.°С);

$u_1, u_2$  - відносна вагова вологість 1 і 2, %;

$f_u$  - емпіричний коефіцієнт, кг/кг

Для газобетону ця формула набуває вигляду  $\lambda_2 = \lambda_1 \times e^{4(u_2 - u_1)}$ , а графічне зображення залежності теплопровідності від вагової вологості для бетонів щільністю 350 і 400 кг/м<sup>3</sup> представлені на графіці(рис. 2.1).



1-бетон щільністю 350 кг\м<sup>3</sup>; 2- бетон щільністю 400 кг\м<sup>3</sup>;

Рисунок.2.1 - Залежність теплопровідності від вагової вологості

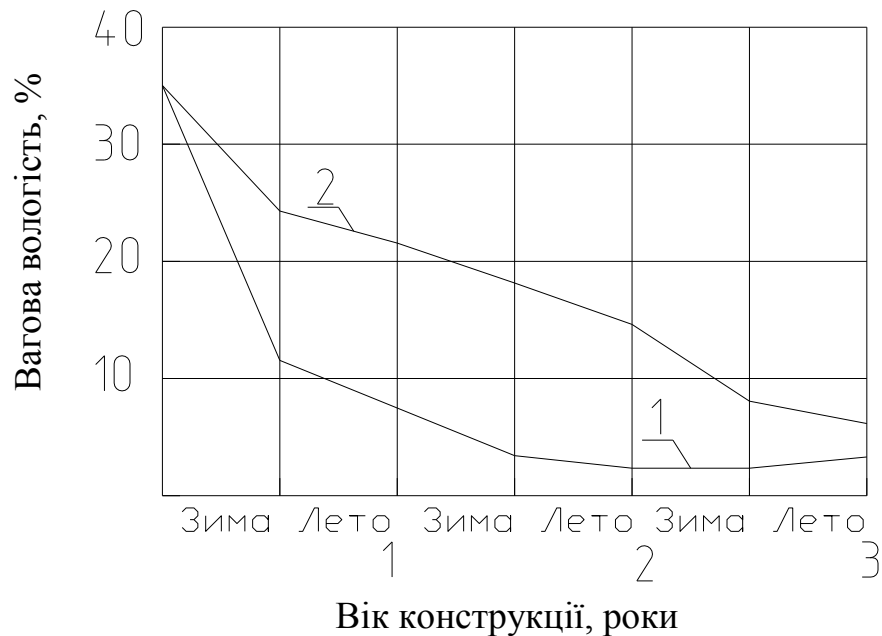
Висихання в газобетонних конструкціях. Якщо проектування виконане з урахуванням вимог по захисту захисних конструкцій, від перезволоження, а будівництво проведене з дотриманням вказівок проекту, то через два-три

опалювальні сезони матеріали зовнішніх обгороджувачів придбають деяку «експлуатаційну» вологість, що встановилася, так звану.

Спочатку сухі стінні або теплоізоляційні матеріали (цегла, мінераловатні утеплювачі) зволяються, а спочатку вологі (штукатурні і кладки суміші, залізобетон, стінні комірчастобетонні блоки) висохнуть. Надалі в матеріалах стін відбуватимуться незначні сезонні коливання вологості.

Швидкість зміни вологості матеріалів в стінах залежить в першу чергу від співвідношення їх паропроникненість і сорбційній вологості (при рівних режимах експлуатації приміщень і кліматичних умовах). Чим вище паропроникненість і нижче сорбційна вологість, тим активніше відбувається висушування.

Графічно висихання газобетону зображене на рис.2.



1-Паропроникаєма обробка; 2-Облицювання матеріалом з низькою паропроникненістю;

Рисунок 2.2 - Висихання газобетону

Повільне висихання буде у тому випадку, якщо конструкцію з газобетону із зовнішнього боку облицьовувати матеріалом з низькою паропроникненістю, - наприклад, утеплити пінополістирольними плитами або облицьовувати цеглою без залишення повітряного проміжку.

У разі ж паропроникненою обробкою (цегла з вентиляваним повітряним прошарком, тонкошарова штукатурка, забарвлення або гідрофобізація поверхні) висихання відбудуватиметься з високою швидкістю, і конструкція вийде на розрахунковий режим експлуатації до початку другого опалювального сезону[12-13,23,25].

Обґрунтовуючи дослідження які приведені вище можна зробити наступні висновки: газобетон швидко всмоктує воду і намокає, що супроводжується різким зниженням його теплотехнічних властивостей і міцності. Міцність його зменшується на 15...30%, але при висиханні вона відновлюється. Газобетон висихає повільно. Так, газобетон заводського виробництва доходить до оптимальної вологості (1...6%) в умовах експлуатації тільки через 1...2 року, а намоклі газобетонні блоки (газобетон може містити до 60% води) сохнуть 5 років і більше. Впродовж цього часу житлові кімнати залишаються вологими, холодними і незатишними. Тому слід приділяти особливу увагу тому, щоб під час транспортування, зберігання і будівництва газобетон не піддавався дії вологи. При складуванні газобетон слід захистити від зіткнення з вологою землею, укладаючи блоки на підкладки або гідроізоляційний килим. Над штабелем з газобетону потрібно влаштувати навіс, покритий гідроізоляційним матеріалом. Для кращого відведення води навіс влаштовують з ухилом.

Якщо в стіни закладений сухий газобетон і під час експлуатації забезпечений нормальний режим вологості, то газобетон є дуже хорошим і цінним будівельним матеріалом.

Б) Вплив вологості на стіну з утеплювачем.

З точки зору теплофізики, принципово нове конструктивне рішення стіни викликало зміну температурної кривої і як наслідок - виникає

необхідність визначення точки роси, яка є присутнім у будь-якій стіні, якщо є перепад температур з переходом через нульову відмітку. При зведенні будівлі традиційними методами, коли стіни виконані з однорідних матеріалів (цегла, залізобетону, дерева і так далі), точка роси знаходилася в товщі конструкції.(рис.2.3). Призначення будь-якої системи зовнішньої теплоізоляції - вивести точку роси в зону утеплювача. Тільки за такої умови можна уникнути утворення конденсату на поверхні несних конструкцій і запобігти виникненню пов'язаних з цим явищем негативних наслідків.

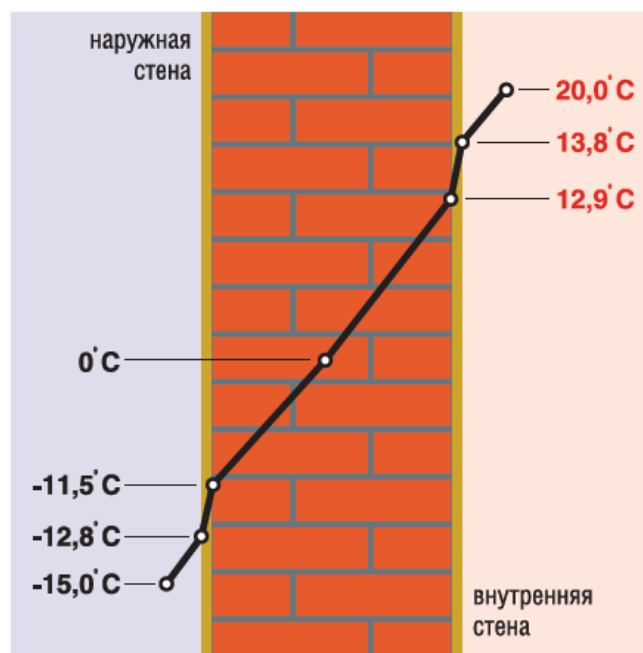


Рисунок.2.3 - Стіна без утеплювача. Точка роси усередині захисної конструкції - стіни промерзають. Втрати тепла до 80%.

Природно, для того, щоб усі перераховані процеси протікали відповідно до викладеної схеми, важливе значення має послідовність розташування шарів, щільність яких, як правило, не однакова, а також використовувані матеріали. Для того, щоб водяні пари могли безперешкодно переміщатися з приміщення назовні, в першу чергу, має бути досить паропроникнена сама стіна, а ось паропроникненість кожного шару, що

наноситься на неї, зобов'язана бути більше, ніж паропроникненість попереднього.

Тільки знання і облік усіх перерахованих особливостей допоможуть виключити ризик появи багатьох проблем як при будівництві, так і в період експлуатації будівлі.

Утеплення фасадів зсередини. Розглядаючи способи утеплення фасадів, не можна не зупинитися на утепленні приміщень зсередини.(рис. 2.4) Найбільш виправдано застосування цього методу для будівель, фасади яких представляють архітектурну цінність, оскільки він дозволяє зберегти фасад і є найбільш простим і дешевим. Крім того, метод утеплення зсередини допомагає вирішити проблеми, що виникли при сучасному будівництві.

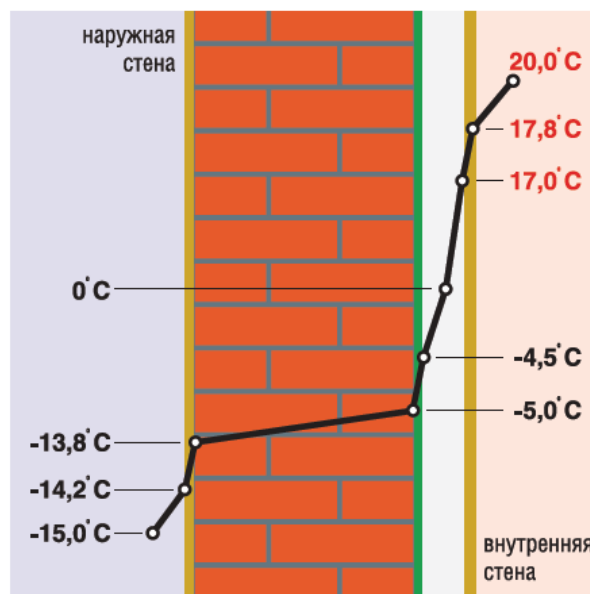


Рисунок 2.4 - Внутрішня теплоізоляція стін.

Захисна конструкція, не може акумулювати тепло. Між внутрішньою стіною і тепло ізолюючим шаром виникає зона конденсації водяної пари На внутрішній стіні з'являється грибок і пліснява.

У свій час досить широко використали дуже спірні технологічні рішення, такі, наприклад, як зведення захисних конструкцій, з

комірчастобетонних блоків із зовнішнім шаром з лицьової цеглини. Такий підхід має ряд недоліків: по-перше, точка роси в такій конструкції, як правило, розташовується або в товщі цього блоку, або на зовнішній поверхні цегляної кладки, а по-друге, морозостійкість таких блоків дуже обмежена і не перевищує у більшості випадків 25-30 циклів, оскільки волога, що конденсувалася, замерзає і починає руйнувати блок зсередини. Цю проблему можна класифікувати, як проблему середньострокового характеру. На цьому негативні наслідки не вичерпані. В якості фінішної обробки цегляної стіни найчастіше застосовується штукатурне або лакофарбне покриття. Проте при використанні високоякісних штукатурних складів утворюється шар, менш паропроникний, ніж цегла. У зв'язку з цим конденсат накопичується на межі «стіна-штукатурка», що веде до руйнування штукатурного шару.

Частину проблем можна вирішити, якщо створити паронепроникний бар'єр, розташувавши його з внутрішньої сторони стіни. Внутрішнє утеплення притягає усіх своєю дешевизною - витрати тільки на утеплювач, а вибір досить широкий, оскільки немає необхідності в строгій відповідності критеріям надійності. Те, що знижується корисний об'єм приміщень, - дрібниці в порівнянні з тепловим дискомфортом. При такому варіанті блок утеплення прекрасно функціонує, волога в нім не накопичується, тому зміна циклів замерзання і відтавання на роботу конструкції ніякого впливу не робить, а обробні роботи можна робити з використанням будь-якої якісної декоративної штукатурки або лакофарбних матеріалів.

Але при використанні цього методу, на жаль, виникає інша проблема: як в цілях підтримки оптимального мікроклімату видалити надлишок вологи, що скупчується усередині приміщення в холодний період року. Реально впоратися з цією серйозною проблемою можуть тільки системи припливно-втяжної вентиляції або кондиціонування, що автоматично веде до дорожчання проекту.



При утепленні стіни зовні точка роси переходить в теплоізолюючий шар, захисної конструкція, накопичує тепло і температурні коливання в ній мінімальні. (рис. 2.5) Втрати тепла  $\Rightarrow 0$ .

Утеплення стін зовні має ряд переваг:

- збільшує термін служби будівлі;
- перешкоджає утворенню плісняви;
- енергозбереження;
- відсутність висолів;
- звуко і гідроізоляція.

Але у цього виду утеплення фасадів є і один недолік. Зовнішнє утеплення будинків незалежно від виду так чи інакше зачіпає мокрі процеси, тобто процеси з використанням води, звідси автоматичне обмеження на сезонність робіт, що проводяться, по зовнішньому утепленню.

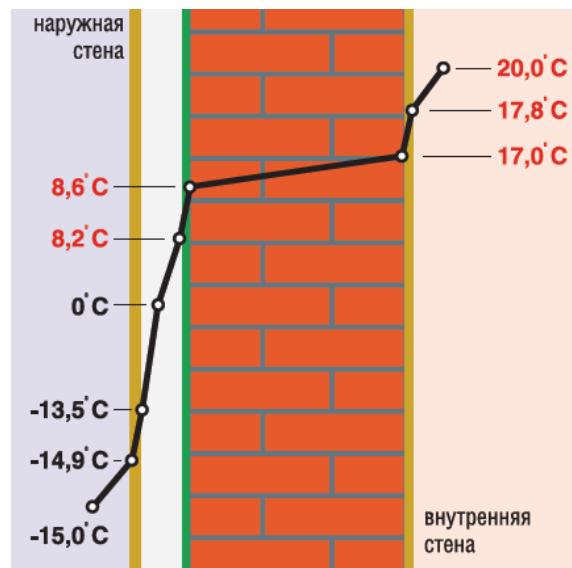


Рисунок 2.5 - Утеплення стін зовні. Захисна конструкція, накопичує тепло, точка роси переходить в теплоізолюючий шар. Втрати тепла  $\Rightarrow 0$ .

Внутрішньо утеплення стін має свої плюси: це, поза сумнівом, простота і дешевизна вирішення проблеми. Але шари теплоізоляції «пожирають» дуже дорогий життєвий простір. На наш погляд внутрішня

теплоізоляція будинку може використовуватися як тимчасове рішення невідкладної проблеми.

Вихідні дані для виконання теплотехнічного розрахунку.

Кліматологічні дані.

Місто Запоріжжя розташоване в II кліматичному районі;

Глибина промерзання ґрунту - 0,8 м;

Кліматичні дані м. Запоріжжя прийняті згідно ДБН В. 2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [7].

При проектуванні конструкцій, що захищають, необхідно, щоб їх опір теплопередачі був не менше величини, визначуваної за санітарно-гігієнічними вимогами[9,13]:

$$R_0 > R_0^{mp}, \quad (2.3)$$

де  $R_0$  - опір обгороджування теплопередачі, що обчислюється з урахуванням його конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;

$R_{0\text{тр}}$  - необхідний опір теплопередачі  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_v} + R_k + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (2.4)$$

де  $\alpha_v$  - коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні обгороджування,  $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$ ;

$R_k$  - термічний опір конструкції, що захищає,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;

$\alpha_n$  - коефіцієнт тепловіддачі(для зимових умов) зовнішньої поверхні обгороджування,  $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$ .

Термічний опір однорідного обгороджування визначається як сума термічних опорів окремих шарів по формулі:

$$R_k = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (2.5)$$

де  $\delta_i$  - товщина кожного шару, м;

$\lambda_i$  - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару,  $\text{Вт} / \text{м} \cdot \text{°C}$ ;

$n$  – число шарів.

Необхідний опір обгороджування теплопередачі обчислюють за формулою:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\Delta t_{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}^{\text{н}}}, \quad (2.6)$$

де  $n$  - коефіцієнт, що приймається залежно від положення зовнішньої поверхні захисних конструкцій, по відношенню до зовнішнього повітря;

$t_{\text{в}}$  - розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;

$t_{\text{н}}$  - розрахункова зимова температура зовнішнього повітря, °С;

$\Delta t_{\text{н}}$  - нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні конструкції, що захищає, °С;

$\alpha_{\text{в}}$  - коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні обгороджування, Вт/м<sup>2</sup>·°С;

Послідовність розрахунку зовнішньої стіни.

Початкові дані для розрахунку:

Район будівництва - м. Запоріжжя.

Розрахункова температура, рівна температурі найбільш холодної п'ятиденки :  $t_{\text{н}} = -20$  °С

Розрахункова температура внутрішнього повітря :  $t_{\text{в}} = 20$  °С

Відносна вологість повітря : 55%.

Режим вологості приміщень - нормальний.

Коефіцієнт тепловіддачі для внутрішніх стін  $\alpha_{\text{в}} = 8,7$  Вт/м<sup>2</sup>·°С

Коефіцієнт тепловіддачі для зовнішніх стін в зимових умовах  $\alpha_{\text{н}} = 23$  Вт/м<sup>2</sup>·°С

Коефіцієнт, залежний від положення зовнішньої поверхні конструкцій, що захищають, по відношенню до зовнішнього повітря :  $n = 1$ .

Нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньою поверхні захисних конструкцій  $\Delta t_{\text{н}} = 4$  °С,.

Визначення необхідного опору теплопередачі  $R_0^{TP}$  за санітарно-гігієнічними і комфортними умовами.

Перший варіант

Стіна складається з цеглини і утеплювача.(див. таблицю.2.1)

Таблиця 1. Конструкція зовнішньої стіни з цеглини

Матеріал	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/м·°C
Цегла глиняна звичайна на цементно-піщаному розчині	0,51	0,7
Утеплювач	0,1	0,055
Штукатурка	0,012	0,81

Згідно. ДБН В. 2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [7]. для м. Запорозжя:  $R_0^{TP}=2,8 \text{ м} \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

$R_0 > R_0^{TP} \Rightarrow$  стіна задовольняє кліматичним умовам м. Запорозжя.

Конструкцію стіни приймаємо: штукатурка + цегла + утеплювач (100мм) . Загальна товщина стіни складає 624мм.

Другий варіант:

Стіна складається з полістиролбетонних блоків. (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Конструкція зовнішньої стіни з полістиролбетону

Матеріал	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/м·°C
Блоки полістиролбетонні	0,2	0,085
Штукатурка	0,012	0,81

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \left( \frac{0,2}{0,085} + \frac{0,012}{0,81} \right) + \frac{1}{23} = 2,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Необхідний опір теплопередачі :

$$R_0^{mp} = \frac{n \cdot (t_6 - t_n)}{\Delta t \cdot \alpha_6''} = \frac{1 \cdot (20 + 20)}{4 \cdot 8,7} = 1,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Згідно ДБН В. 2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [7] для м. Запорозжя:  $R_0^{TP}=2,8 \text{ м} \cdot \text{°C/Вт}$

$R_0 > R_0^{TP} \Rightarrow$  стіна задовольняє кліматичним умовам м. Запорозжя.

Конструкцію стіни приймаємо: штукатурка + блоки полістиролбетонні (товщиною 200мм).

Товщина стіни складає 212мм.

Третій варіант:

Стіна складається з газобетонних блоків. (табл. 2.3).

Таблиця 3. Конструкція зовнішньої стіни з газобетону

Матеріал	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/м·°C
Блоки газобетонні	0,3	0,12
Штукатурка	0,012	0,81

Стіна складається з газобетонних блоків

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \left( \frac{0,3}{0,12} + \frac{0,012}{0,81} \right) + \frac{1}{23} = 2,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Необхідний опір теплопередачі :

$$R_0^{mp} = \frac{n \cdot (t_e - t_n)}{\Delta t \cdot \alpha_e^n} = \frac{1 \cdot (20 + 20)}{4 \cdot 8,7} = 1,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Згідно ДБН В. 2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» для м. Запорозжя:  $R_0^{TP}=2,8 \text{ м} \cdot \text{°C/Вт}$

$R_0 > R_0^{TP} \Rightarrow$  стіна задовольняє кліматичним умовам м. Запорозжя.

Конструкцію стіни приймаємо: штукатурка + блоки газобетонні (товщиною 300мм).

Товщина стіни складає 312мм.

## **2.2 Технологія зведення захисних конструкцій з енергоефективних матеріалів**

Характеристика об'єкту, що будується.

Ділянка забудови знаходиться в Дніпровському районі м. Запоріжжя.

Проектована офісна будівля є п'ятиповерховою монолітною будівлею з технічним поверхом, що займає частину даху. Розміри будівлі в плані 34500x15000м.

Будівля має в плані клиновидну форму, що повторює форму земельної ділянки.

### **2.2.1 Технологія виконання робіт по зведенню захисних конструкцій з легких бетонних блоків**

1) Підготовка до виробництва робіт.

До початку робіт по зведенню стін з легких бетонних блоків необхідно:

Підготувати будівельний майданчик або об'єкт :

- Виконати освітлення робочих місць;
- Підготувати майданчики для складування блоків;
- Організувати місце для розміщення закритого складу матеріалів(для сухих сумішей розчинів);
- Завезти на об'єкт і підготувати до експлуатації устаткування, прилади, інструмент, інвентар в кількості, встановленому ПВР;
- Встановити монтажний кран або підйомник для подання блоків на робоче місце;

- Для виробництва робіт кладок необхідно застосувати засоби підмащування; при висоті кладки до 6-8 м використати ліси будівельні, підмости і т. п.

- Завести на об'єкт блоки і сухі суміші розчинів з розрахунку п'ятидобової потреби;

- Виконати геодезичне розбиття осей будівлі на місцевості(планову і висотну), вказати абсолютну відмітку нульового горизонту(рівень чистої підлоги першого поверху);

- Виконати облаштування фундаментів під стіни і гідроізоляцію, згідно проекту;

- Провести навчання робочого персоналу способам приготування розчинів з сухих сумішей і ведення кладки стін;

- Провести інструктаж і ознайомлення робочого персоналу із способами і прийомами безпечного ведення робіт і організації робочого місця.

Монтаж будівлі виконується за допомогою баштового крану КБ-380А, вантажопідйомністю 8т і горизонтальною стрілою завдовжки 25м. Кран встановлюється стаціонарно без можливості його переміщення по майданчику.

## 2). Опис послідовності і методів виробництва робіт.

При виконанні робіт по кладці зовнішніх і внутрішніх стін з легких бетонних блоків дотримуйтеся наступної послідовності:

Підготовка поверхні основи. Виконується нівелювання поверхні основи або перевірка рівності по рівню [26,29,30].

При необхідності вирівнювання підстави для отримання рівної поверхні при укладанні 1 ряду блоків застосовується цементно-піщаний розчин в співвідношенні 1:3.

Вирівнюючий розчин наноситься на очищену основу по ширині стіни за допомогою кельми або гребінки, товщина розчину, що розстиляється, залежить від стану основи.

Перед укладанням першого ряду блоків має бути забезпечена гідроізоляція основи.

На покрівельний руберойд або гідроізолюючий шар наносять шар розчину.



Рисунок 2.6 - Укладанням першого ряду блоків

На укладений розчин укладають перший ряд блоків. Можливу різницю у висоті кладки легко усунути за допомогою розчину.

При укладанні першого ряду блоків необхідно працювати особливо ретельно цей ряд є фундаментом для усіх подальших рядів.

Після укладання першого ряду блоків необхідно видалити усі нерівності за допомогою рубанка, потім слідує змісти пил і дрібні осколки.

Встановлення маякових блоків і натягування причального шнура

Робиться нівелювання кутів і примикань по периметру стіни і встановлення кутових маякових блоків[26,29,30].



Мулярі натягують на рівні верху маякових блоків, на відстані 2-3 мм від бічної грані, шнур-причалювання і закріплюють його.

Для усунення провисання шнура при значній довжині стіни(простінка) встановлюють проміжні маякові блоки.

При перестановці шнура, його прив'язують на цвяхи, закріплені в шов кладки.

Приготування суміші розчину. Перед укладанням блоків необхідно приготувати склад з сухої суміші розчину.

Змішування рекомендується робити механічним способом(міксером, дрилем з насадкою і т. п.), шляхом поступового додавання сухого розчину в заздалегідь відміряну кількість води кімнатної температури, при постійному перемішуванні до отримання однорідної маси.

В процесі ведення робіт необхідно час від часу перемішувати готовий розчин для підтримки однорідності його консистенції.

Установка блоку на нанесений розчин має бути здійснена за час не більше 15 хвилин.

У холодну пору року для кладки першого ряду блоків в якості вирівнюючого шару застосовується розчин кладки з протиморозні добавками.

Розмітка і заготівля блоків.

Робиться розмітка по осі стіни місця розташування прийомів, місць примикань внутрішніх стін до зовнішніх.

Після цього беруться блоки з піддону, поданого до місця укладання(на одному піддоні 1,8 м<sup>3</sup> або 1,92 м<sup>3</sup> блоків), і розкладаються для кладки стін одного ряду уздовж осі стіни.

Для перев'язки швів вертикальних обмежень, місць примикання і перетину стін, простінків потрібно неполномірні блоки.

Мулярі готують такі блоки на робочому місці за допомогою ручних інструментів: пили-ножівки(механічної стрічкової пили, електропили) і розмічального косинця.

Укладання блоків. Перемішана суміш розчину наноситься рівномірно за допомогою зубчастої гребінки(гладилки) на раніше укладені блоки.

У разі застосування стінних блоків прямокутної форми, розчин наноситься на стиковій і горизонтальний шви.

У разі застосування стінних блоків пазогребневої форми, розчин наноситься на горизонтальний шов і частковий на бічні зони торцевої поверхні. Після цього укладають і притискають наступний блок. Величина зубів гребінки 4-5мм.

Товщина шва між блоками не повинна перевищувати 3 мм.

Кладка блоків ведеться з перев'язкою в підлогу блоку.

Розчин, що виступає зі шва, не затирається, а віддаляється за допомогою кельми.

Після укладання кожного ряду блоків їх вирівнюють за допомогою терки або рубанка, а потім щіткою змитають пил і дрібні осколки.

Після укладання блоків одного ряду натягається причальний шнур для наступного ряду кладки.

Вузли примикань зовнішніх і внутрішніх стін примикання віконних і дверних отворів, виконуються згідно з робочими кресленнями проекту.

Стіни з блоків повинні мати гідроізоляцію в місцях їх примикання до цоколя, підлоги першого поверху і підвалу.

Армування кладки. Необхідність армування і місця розташування арматури визначає проектувальник[26,29,30].

Обов'язково слід армувати:

- довгі стіни, для яких треба забезпечити опір бічним навантаженням(вітер);
- частини стіни зі збільшеним навантаженням;
- перший ряд блоків на фундаменті;
- нижній шов віконних отворів(не менше 900 мм в обидві сторони від отвору);
- опорні поверхні перемичок(900 мм).

В якості арматури для швів в стінах з блоків рекомендується використати арматуру А 240С, діаметром 8 мм.



Рисунок 2.7 – Армуння кладки

Для укладання арматури у блоках прорізаються пази, які заповнюються блоковим клеєм перед укладанням арматурних стержнів.

Після цього арматурні стержні вдавлюються в заповнені клеєм пази так, щоб вони були повністю покриті клеєм.

Відстань шовного арматурного пояса від зовнішньої поверхні блоку має бути близько 60 мм.

Перевірка правильності ведення кладки (рис. 2.8). Після укладання кожного ряду блоків необхідно перевірити правильність їх установки.

Правильність закладки рогів будівлі контролюють дерев'яним куточком, горизонтальність правилом і рівнем.

Для цього правило кладуть на кладку, ставлять на нього рівень і, вирівнявши його по горизонту, визначають відхилення кладки від горизонталі.

Якщо воно не перевищує встановленого допуску, відхилення усувають при кладці подальших рядів.

Через 2-3 ряди по висоті рівність кладки перевіряється нівеліром.

Вертикальність поверхонь стін і кутів кладки перевіряють рівнем і схилом.

Відхилення, що допускаються, що не перевищують, виправляють при подальшій кладці поверху.

Відхилення осей конструкції усувають в рівнях міжповерхових перекриттів. Довжину простінків перевіряють метром(рулеткою).



Рисунок 2.8 – Перевірка правильності ведення кладки

### В) Організація робочого місця муляра.

Блоки і суміш розчину необхідно розмістити так, щоб у мулярів не було мимовільних рухів. Робоча зона мулярів складає 600-700 мм.

Блоки на підмостях розмістити між ящиками з розчином. Ящики з розчином встановити перпендикулярно до осі стіни, що зводиться. При кладці глухих стін необхідно уздовж фронту робіт чергувати блоки і ящики з сумішшю розчину, при кладці стін з отворами, блоки необхідно розмістити проти простінків, а суміш розчину - проти отворів. Відстань між блоками і ящиками з сумішшю розчину повинна складати 300 - 400 мм. Загальна ширина робочого місця складає зазвичай 2000 - 2500 мм. Запас блоків на робочому

місці повинен складати не менше два-чотири годинній потребі. Суміш розчину готується на робочому місці перед початком укладання блоків.

Надалі матеріали подаються у міру їх витрачання. Фронт робіт ділять на захватки, а їх, у свою чергу, на ділянки. Число ділянок на захватці приймають по числу ланок мулярів. Кладку стін по висоті виконують ярусами, висота кожного з яких складає не більше 1,2 м.

Кладка стін поверху ділиться на 3 яруси.

Кладка стін першого ярусу ведуть з перекриття поверху, що пролягає нижче, другого і третього ярусу - з підмостей.

Довжина ділянки залежить від першого ярусу виконуваної кладки і має бути підрахована, виходячи зі змінної продуктивності.

Облаштування декоративно-захисного шару штукатурки.

Облаштування декоративно-захисного шару штукатурки включає:

- створення захисного армованого шару;
- ґрунтовка захисного армованого шару кварцовою ґрунтовкою;
- облаштування зовнішнього декоративного шару;
- ґрунтовка і забарвлення декоративно-захисного шару;
- закладення місць кріплення будівельних лісів;
- герметизація.

При створенні захисного армованого шару необхідно дотримуватися наступної послідовності технологічних операцій:

- за допомогою гладкої сталеві терки нанести на стіну клейовий склад рівним шаром завтовшки 2-3 мм. Ця операція виконується одночасно на усіх ярусах лісів, починаючи з правого кута стіни на ширину 1,5-1,8 м;

- перед нанесенням клейового складу поверхню стіни слід заґрунтувати тонким шаром того ж самого клейового складу.

- розмотати приготований рулон сітки між стіною і будівельними лісами на всю довжину підготовленої поверхні;

- натягнути полотно сітки і притулити до нанесеного клейового складу;
- зафіксувати сітку в клейовому складі і відразу встановити друге полотно сітки(як це вказано вище) з нахльостуванням не менше 10 см на попереднє;
- втопити сітку попереднього полотна до клейового складу;
- відразу ж нанести другий шар клейового складу завтовшки до 3 мм, розгладжуючи поверхню так, щоб сітка не була видна.

У місцях примикання захисного армованого шару до віконних і дверних блоків кельмою зняти фаску під 45° до стрічки ущільнювача.

Армуючу сітку забороняється укладати безпосередньо на стіну. Сітка повинна розташовуватися усередині клейового шару і не бути видимим на його поверхні.

Нерівності на поверхні захисного армованого шару віддаляються наступного дня після його створення[26,29,30].

Облаштування зовнішнього декоративного шару. До нанесення зовнішнього декоративного шару можна приступати тільки після повного висихання захисного армованого шару, але не раніше чим через 72 години(при температурі докільля 20<sup>0</sup>С і відносній вологості повітря 60%).

Грунтовка під декоративну обробку. Перед нанесенням зовнішнього декоративного шару поверхню основи необхідно заґрунтувати ґрунтовкою .

Перед нанесенням ґрунтовку необхідно ретельно перемішати, наносити на поверхню захисного армованого шару кистю, рівномірно за один прохід.

Нанесення зовнішнього декоративного шару. В якості декоративного покриття в системах використовується декоративна фасадна штукатурка . Декоративний шар укриває теплоізоляційний і захисний шари і створює красиву фактурну поверхню. Покриття декоративною фасадною штукатуркою слід виконувати після повного висихання шару кварцової ґрунтовки - приблизно через 3 години. Проміжок часу між закінченням висихання ґрунтовки і початком штукатурних робіт має бути якомога менше,

щоб уникнути осідання на заґрунтовану поверхню будівельного пилу. Під час виконання робіт по облаштуванню декоративного штукатурного шару необхідно розбити фасад на ділянки для забезпечення технологічних перерв(які неминучі). Межі цих ділянок потрібно поєднувати з природними архітектурними розділяючими лініями (кути будівлі, водостічні труби, архітектурні поглиблення і виступи на фасаді і так далі), щоб виключити неоднорідність декоративного шару на стиках різних ділянок декоративного покриття. Декоративне покриття наноситися на фасад зверху вниз по усій висоті захватки.



Рисунок 2.9 – Нанесення ґрунтовки та штукатурної сітки

Нанесення на основу. Суміш розчину декоративної штукатурки наносять на основу за допомогою терки з нержавіючої сталі, при цьому терку тримають під кутом 60° до поверхні. Товщина шару, що наноситься, повинна відповідати розміру зерна мінерального наповнювача.

Через деякий час, коли суміш розчину перестане прилипати до інструменту, формують фактуру штукатурки за допомогою пластикової терки[26,29,30].

Пластикову терку при виконанні робіт слід тримати строго паралельно оброблюваній поверхні, а фактуру формувати легкими ковзаючими рухами, уникаючи сильного натиску на штукатурний шар.

Періодично видаляйте надлишки суміші розчину, що скупчуються на робочій поверхні пластикової терки. Забороняється очищати робочу пластикову поверхню терки водою, використайте для цього дрантя.

Роботи на одній поверхні слід виконувати безперервно, з верхнього кута, опускаючись за схемою «сходів» вниз і дотримуючись правила «мокре по мокрому».

При необхідності перервати роботу, уздовж лінії, де треба закінчити штукатурний шар, приклеюють самоклеючу малярну стрічку. Потім слід нанести штукатурку, сформувати структуру і видалити малярну стрічку разом із залишками штукатурки доки вона не схопилася. При відновленні робіт край вже обштукатуреної ділянки, на якій роботи були перервані, закривається малярною стрічкою. Стрічку слід видалити відразу після нанесення нової ділянки штукатурки, до того, як вона почне схоплюватися. При виконанні робіт слід уникати нанесення штукатурки на ділянках фасаду, що перебувають під впливом прямих сонячних променів, вітру і дощу.

Забарвлення декоративного захисного шару. Фарбування мінеральної декоративної штукатурки (рис. 2.10) можливе:

- силікатною фасадною краскою через три дні;
- силіконовою краскою через сім днів;
- акриловими фарбами через сім днів після нанесення декоративної

штукатурки.



Рисунок 2.10 - Фарбування мінеральної декоративної штукатурки



Перед нанесенням фасадних фарб поверхня декоративної штукатурки ґрунтується проникаючою ґрунтовкою. Після ретельного перемішування ґрунтовка розводиться водою 1:4 і наноситься на основі за допомогою кисті. Подальше забарвлення можна проводити тільки після повного висихання ґрунтовки (через 4-6 години, залежно від умов висихання).

Залежно від умов висихання фарби другий шар можна наносити через:

- 4-5 годинника для акрилових фарб;
- 12 годинника для силікатної фарби;
- 12-24 годинника для силіконової фарби.

Герметизація. По закінченню забарвлення фасадів необхідно зробити герметизацію місць примикання системи до дверних і віконних отворів, відливів, місць введення комунікацій, місць кріплення навісних елементів і т. п. Для герметизації використовується двокомпонентний поліуретановий герметик.

Закладення місць анкерування будівельних лісів. В процесі демонтажу будівельних лісів зробіть закладення місць їх анкеровки в наступному порядку:

- заповніть місця анкеровки лісів в стіні тим же теплоізоляційним матеріалом;
- нанести шар клейового розчину та заармивати його сіткою;
- нанести захисний декоративний шар;
- ґрунтовка захисного декоративного шару;
- виконати його фарбування.

Консервація систем теплоізоляції у разі незавершеного монтажу. Консервація системи теплоізоляції допускається тільки після створення захисного армованого шару на поверхні теплоізоляційного матеріалу і подальшої ґрунтовки кварцовою ґрунтовкою під декоративну обробку. Тривалість консервації не повинна перевищувати 6-ти місяців.

Таблиця 2.4 - Калькуляція трудовитрат і заробітної плати на улаштування огорожувальних конструкцій з газобетонних блоків

№	Найменування робіт	ЄНіР (ГН <sub>ч</sub> )	Н часу		Розцінка грн.	Один. виміру	Об'єм робіт	Витрати праці		Зароб. плата грн.	Склад ланки	К-ть
			чол-г	маш-г				чол-г	маш-г			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Встановлення, пересувних підмостей	ГНЗ-20	0.930	0.310	0.640	10 м <sup>3</sup>	22,68	21,09	14,5	Машиніст 5р. Монтажник 2р	1 2	
					0.250			7,03	5,67			
2	Вивантаження блоків з машини баштовим краном КБ-308А	Е1-9	0.280	0.140	0.179	1 пакет	89.0	24.9	15.9	Машиніст 5р. Такелажник 2р.	1 1	
					0.127			12.5	11.3			
3	Підйом блоків баштовим краном	Е1-7	6.380	3.190	4.080	1000 шт.	12.7	81.0	51.8	Машиніст 5р. Такелажник 2р.	1 1	
					2.910			40.5	37.0			
4	Підйом розчину баштовим краном у бункерах	Е1-7 п.20	0.420	0.210	0.269	м <sup>3</sup>	22.7	9.5	6.1	Машиніст 5р. Такелажник 2р.	1 1	
					0.191			4.8	4.3			
5	Кладка стіни з блоків товщиною 300мм	ГНЗ-3	1.600		1.120	м <sup>3</sup>	453.6	725.8	508.0	Муляр	8	
6	Виконання захисного армованого шару	Е8-1-1	0.180		0.115	1м	1512.0	272.2	173.9	штукатур 2р.	1	



Таблиця 2.5 - Калькуляція трудовитрат і заробітної плати на зведення огорожувальних конструкцій з полістиролбетонних блоків

№	Найменування робіт	ЄНіР (ГНч)	Н часу		Розцінка грн.	Один. виміру	Об'єм робіт	Витрати праці чол-г		Зароб. плата грн.	Склад ланки	К-ть
			чол-г	маш-г				чол-г	маш-г			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Встановлення, пересувних підмостей	ГНЗ-20	0.93	0.310	0.640	10 м <sup>3</sup>	22.7	21.1	1451.5	Машиніст 5р. Монтажник 2р	1 2	
					0.250			7.0	567.0			
2	Вивантаження блоків з машини краном КБ-308А	Е1-9	0.28	0.140	0.179	1 пакет	59.0	16.5	10.6	Машиніст 5р. Такелаж. 2р.	1 1	
					0.127			8.3	7.5			
3	Підйом блоків баштовим краном	Е1-7	6.38	3.190	4.080	1000 шт.	8.5	54.0	34.6	Машиніст 5р. Такелаж2р.	1 1	
					2.910			27.0	24.6			
4	Підйом розчину баштовим краном у бункерах	Е1-7 п.20	0.42	0.210	0.269	м <sup>3</sup>	22.7	9.5	6.1	Машиніст 5р. Такелаж 2р.	1 1	
					0.191			4.8	4.3			
5	Кладка стіни з блоків товщиною 300мм	ГНЗ-3	1.60		1.120	м <sup>3</sup>	302.4	483.8	338.7	Муляр	4	

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	Виконання захисного армованого шару	E8-1-1	0.18		0.115	1м	1512	272.2	173.9	штукатурщ 2р.	2
7	Ґрунтування поверхні стін складом "Thermomax 300"	E8-1-1	26.5		19.74	100 м <sup>2</sup>	15.1	400.7	298.5	штукатурщ 2р.	2
8	Улаштування зовнішнього декоративно-захисного шару	E8-18	3.70		2.590	100 м <sup>2</sup>	15.1	55.9	39.2	штукатурщ 2р.	1
	Разом:с урахуванням коефіцієнта інфляції							6878	23899		
								47.1			

Г) Контроль якості при прийманні, транспортуванні і зберіганні блоків.

1) Приймання блоків здійснюється по ДСТУ Б В.2.7-137:2008 і ДСТУ Б В.2.6-2:2009.

2) Число блоків з відхиленнями від лінійних розмірів, не повинно перевищувати в сумі 5 % партій.

3) Число блоків з ушкодженнями кутів і ребер, не повинно перевищувати в сумі 5 % партій.

4) Блоки з тріщинами не допускаються.

5) Партії блоків, що відрізняються марками бетону по середній щільності і класами по міцності, повинні мати незмивне маркування на упаковці.

6) Блоки приймаються за даними паспорта і приймального контролю.

7) Споживач проводить контрольну перевірку відповідності блоків, вказаних в замовленні, вимогам стандарту або ТУ, на які виданий сертифікат відповідності.

8) Для контрольної перевірки блоків на відповідність вимогам ТУ з партії відбирають не менше 30 блоків із зовнішніх і внутрішніх лав 5 різних пакетів.

Контрольну перевірку блоків здійснюють:

- за показниками середньої щільності, міцності на стискування і відпускної вологості - не менше чим по двох блоках з різних пакетів;

- по морозостійкості - не менше чим по шести блоках з середньої частини одного пакету;

- по усадці при висиханні - по одному блоку з середньої частини одного пакету.

9) При незадовільних результатах контролю хоч би по одному з показників проводять повторну перевірку за цим показником подвоєного числа зразків контрольованої партії.

При незадовільних результатах повторної перевірки за геометричними параметрами приймання блоків проводять поштучно.

При отриманні знижених результатів повторної перевірки за показниками міцності і морозостійкості партія блоків відбраковується.

10) Блоки в упаковці мають бути такими, що не злиплилися і вільно розбиратися вручну.

11) Кожна партія блоків супроводжується паспортом, в якому вказують:

- найменування і адреса підприємства - виробника;
- умовне позначення блоків;
- номер стандарту і ТУ;
- номер, місце і дата видачі сертифікату відповідності стандарту і ТУ;
- номер і дату видачі паспорта;
- номер партії, об'єм або(и) число відвантажувальних блоків.

12) Блоки перевозяться в контейнерах або на з жорсткою фіксацією пакетів з термоусадочною плівкою.

13) Забороняється робити вантаження блоків навалом і розвантаження їх скиданням.

14) Блоки слід зберігати розсортованими по типах, категоріях, класах по міцності, маркам по середній щільності і укладеними в штабелі заввишки не більше 2,5 м або на стелажах. Блоки мають бути захищені від зволоження, обмерзання, снігозаносів і заморожування.

### **2.2.2 Технологія виконання робіт по зведенню захисних конструкцій, з цегли і утеплювача**

А) До початку цегляної кладки стін мають бути виконані:

- роботи по організації будівельного майданчика;
- роботи по зведенню нульового циклу;

- геодезичне розбиття осей будівлі;
- доставлені на майданчик і підготовлені до роботи кран вежі, підмости, необхідні пристосування, інвентар і матеріали.

Доставку цеглини на об'єкт здійснюють пакетами в спеціально обладнаних бортових машинах. Розчин на об'єкт доставляють автомобілями-самоскидами або розчиновозами і вивантажують в установку для перемішування і видачі розчину(роздавальним бункером). В процесі кладки запас матеріалів поповнюється[26,29,30].

Складування цеглини передбачене на спланованому майданчику на піддонах або залізобетонній плиті.

Розвантаження цеглини з автомашин і подання на склад, і робоче місце здійснюють пакетами за допомогою захоплення. При цьому обов'язково днища пакетів захищають брезентовими фартухами від випадання цеглини. Розчин подають на робоче місце інвентарним роздавальним бункером місткістю 1 м<sup>3</sup> в металеві ящики місткістю 0,25 м<sup>3</sup>.

При виконанні цегляної кладки стін використовують інвентарні шарнірно-пакетні підмости: для кладки зовнішніх стін в зоні сходової клітини - перехідні майданчики і підмости для кладки пілонів. Загальну ширину робочих місць приймають рівною 2,5 - 2,6 м, у тому числі робочу зону 60 - 70 см

Б) Роботи по укладанню цегляної кладки зовнішніх стін типового поверху житлового будинку виконують в наступній технологічній послідовності:

- підготовка робочих місць мулярів;
- цегляна кладка стін з розшиванням швів.

Підготовку робочих місць мулярів виконують в наступному порядку:

- встановлюють підмости;
- розставляють на підмостях цеглину в кількості, необхідній для двогодинної роботи;



- розставляють ящики для розчину;
- встановлюють порядовки з вказівкою на них відміток віконних і дверних отворів і так далі.

Процес цегляної кладки складається з наступних операцій:

- установка і перестановка причалок;
- рубка і тесання цегли(у міру потреби);
- подання цегли і розкладка їх на стіні;
- перелопачування, подання, розстилання і розрівнювання розчину на стіні;
- укладання цегли в конструкцію(у верстові ряди, в забутку);
- розшивання швів;
- перевірка правильності викладеної кладки.

Цегляну кладку стін з розшиванням швів передбачено виконувати 2 ланками «двійка» у дві зміни по захваткам і ярусах. В процесі кладки стін робота в ланці «двійка» розподіляється таким чином. Муляр 3 розряди (№ 1) встановлює рейку-порядовку, натягує причальний шнур для забезпечення прямолінійності кладки. Інший муляр 3 розряди (№ 2) бере з пакету цеглу і розкладає їх. Цеглину розкладають на стіні в певному порядку. Для зовнішньої версти цеглину розкладають на внутрішній стороні стіни, а для внутрішньої версти - на середині стіни. Потім муляр № 2 розстиляє розчин. В цей час муляр № 1 веде кладку зовнішньої і внутрішньої версти способом «вприжим». Після укладання 4 - 5 цегли надлишок розчину, вичавленого з горизонтального шва на обличчя стіни, муляр підрізує ребром кельми. Одночасно з кладкою стіни муляр № 2 розшиває шви, причому спочатку розшиває вертикальні шви, а потім горизонтальні. Розшивання швів муляр № 2 робить спочатку ширшою частиною розшивання(оправляння шва), а потім вужчою. Після кладки зовнішньої версти муляр № 2 веде кладку забутки, а муляр № 1 допомагає йому. Якщо в стіні передбачені отвори, то при цегляній кладці внутрішньої версти муляр № 1 закладає просмолені пробки для

кріплення віконних блоків. Після закінчення кладки муляр № 1 косинцем перевіряє правильність і горизонтальність рядів кладки. Товщину стін, довжину простінків і ширину віконних отворів заміряють метром. У разі відхилень муляр № 1 виправляє кладку правилом і молотком - кірочкою. Після цього мулярі переходять працювати на іншу захватку.

Виконавши цегляну кладку на I ярусі, мулярі переходять працювати на II ярус. Для цього необхідно встановити шарнірно-пакетні підмости в перше положення. Установку шарнірно-пакетних підмостей в перше положення виконують в наступному порядку[26,29,30].

Такелажник 2 розряди візуально перевіряє справність підмостей і у разі потреби усуває несправності. Очистивши підмости від розчину, він стропує їх за 4 зовнішніх петлі. По сигналу машиніст крану подає підмости до місця установки. Теслярі 4 і 2 розрядів приймають підмости, регулюють їх положення над місцем установки і плавно опускають на місце, стежачи за щільністю їх примикання до сусідніх підмостям, при необхідності регулюють їх положення за допомогою ломів. Встановлені підмости розстроповують. Установка підмостей з першого положення в друге положення робиться таким чином. Теслярі 4 і 2 розрядів стропят підмости за 4 зовнішніх петлі, переходять на ті, що стоять рядом підмости, подають сигнал машиністові крану на підйом і стежать за рівномірним розкриттям опор і горизонтальністю підмостей. Після повного розкриття опор і переміщення їх у вертикальне положення теслярі 4 і 2 розрядів встановлюють підмости на перекриття, при необхідності регулюючи за допомогою ломів їх положення. Потім по сходах вони піднімаються на підмости і розстроповують їх.

#### В) Контроль якості кам'яних робіт.

Роботи по зведенню кам'яних конструкцій слід здійснювати відповідно до технічної документації:

- вказівки по виду матеріалів, вживаних для кладки, їх проектні марки по міцності і морозостійкості;
- марки розчинів для виробництва робіт;

– спосіб кладки і заходи, що забезпечують міцність і стійкість конструкцій у стадії зведення.

По ходу зведення конструкцій бригадир або ланковий систематично контролюють прямолінійність стін і вертикальність поверхонь і кутів кладки, горизонтальність рядів, правильність перев'язки і товщину швів, щоб оперативно усувати виявлені причини браку або відхилення від прийнятої технології.

Вертикальність поверхонь кладки, кутів і чвертей отворів перевіряють схилом не рідше за два рази на кожен метр висоти кладки. Відхилення від вертикалі поверхні і кутів кладки не повинне перевищувати 10 мм на один поверх і 30мм на усю будівлю. Відхилення рядів кладки від горизонталі допускається не більше 20 мм на 10 м довжини стіни[26,29,30].

Горизонтальність рядів кладки і відповідність їх відміток проектним перевіряють нівеліром кілька разів по ходу кладки стіни кожного поверху.

Крім того, не рідше за два рази на 1 м висоти положення рядів кладки перевіряють рівнем -правилом.

Товщину швів контролюють, періодично вимірюючи висоту п'яти-шести рядів кладки і обчислюючи середнє значення товщини шва.

#### 4) Утеплення захисних конструкцій, за допомогою системи «Alsecco».

Компанія «Alsecco» - дочірній підрозділ німецького концерну DAW(Deutsche Amphibolin Werke), створена в 1957 році в р. Вильдек і має більш ніж 50-річний досвід роботи.

Монтаж систем теплоізоляції рекомендується починати після:

– Завершення усіх внутрішніх «мокрих» процесів(кладка, бетонні і штукатурні роботи, облаштування цементного стягування) і забезпечення достатнього просушування усього об'єкту;

– Облаштування покрівельного покриття;

– Монтажу віконних і дверних блоків.

– На час монтажу необхідно вжити заходи для запобігання попаданню води на поверхню і всередину системи.

Монтаж систем теплоізоляції слід проводити при температурі повітря і основи від  $+5^{\circ}\text{C}$  до  $+27^{\circ}\text{C}$ .

Облаштування кожного подальшого елементу теплоізоляційного шару слід виконувати тільки після перевірки якості виконання попереднього елементу і складання акту огляду прихованих робіт в установленому порядку.

Підготовчі роботи. Установка будівельних лісів.

Ліси слід встановлювати на відстані від зовнішньої стіни, рівним товщині утеплювача плюс 45 см. Для анкерів лісів необхідно ефективно використати віконні дверні отвори, балконні плити і інші конструкції, що дозволяють зменшити кількість місць кріплення, що проходять крізь влаштовувану систему теплоізоляції. У місцях, де треба забезпечити пряме кріплення будівельних лісів до зовнішньої стіни, спеціальні кріпильні анкери слід встановлювати з невеликим нахилом вниз. Це запобіжить попаданню дощової води всередину теплоізоляційного шару [26,29,30].

Для зручності монтажу систем теплоізоляції будівельні ліси мають бути встановлені із запуском за роги будівлі на відстані не менше 2м.

Не рекомендується проводити монтаж систем теплоізоляції з навісних будівельних люльок.

Неправильна установка будівельних лісів значно ускладнює монтаж систем теплоізоляції і збільшує вірогідність неякісного нанесення зовнішнього декоративного покриття.

Підготовка будівельної основи. Підготовка будівельної основи повинна включати наступні операції:

- Механічне очищення основи від залишків будівельного розчину, старої фарби, забруднень (пил, мела і так далі);
- Механічне видалення і/або видалення спеціальними розчинами висолів, цементних і вапняних нальотів;
- Перевірку здатності основи, що несе;
- Видалення ділянок основи, що обсыпаються і неміцних;

- Обробка основи проникаючою грунтовкою «Thermotax 300K»;

Грунтовка розводиться водою 1:4. Грунтовка наноситься валиком або кистю. Сильно всмоктуючи поверхні грунтують 2 рази. Грунтовка дозволяє посилити основу і зменшує ефект відтягування води з клейового розчину, використовуваного для приклеювання плит теплоізоляційного матеріалу.

Очищення від іржі і обробка антикорозійною грунтовкою металевих деталей, що закриваються системою теплоізоляції.

Слід перевірити будівельну основу на відхилення від площини. Нерівності основи не повинні перевищувати 1 см на всіх напрямках при перевірці 2-х метровим рівнем. Якщо основа не відповідає цим вимогам, його необхідно вирівняти.

При необхідності слід подовжити кронштейни кріплення водостоків, громовідводів, зовнішніх освітлювальних приладів і так далі, з урахуванням товщини майбутнього утеплювача.

Монтаж систем теплоізоляції. При монтажі систем повинна дотримуватися наступна послідовність операцій :

- Установка цокольного профілю;
- Грунтовка основи проникаючою грунтовкою;
- Приклеювання теплоізоляційних плит до основи;
- Механічне кріплення теплоізоляційних плит дюбелями;
- Установка посилюючих елементів і профілів;
- Створення захисного армованого шару;
- Грунтовка захисного армованого шару кварцовою грунтовкою;
- Облаштування зовнішнього декоративного шару;
- Грунтовка і забарвлення декоративно - захисного шару;
- Закладення місць кріплення будівельних лісів;
- Герметизація.

Монтаж цокольного профілю. Монтаж цокольного профілю (рис. 2.11) слід виконувати відповідно до проекту, горизонтально, в одній площині,

прикріплюючи його до основи дюбелями. Відстань між дюбелями не повинна перевищувати 30 см. Між сусідніми профілями необхідно залишати проміжок 2-3 мм для стикування за допомогою пластмасових сполучних елементів.

У місцях кріплення цокольного профілю необхідно забезпечити його щільне примикання до основи, використовуючи спеціальні підкладкові шайби, що відповідають по товщині.



Рисунок 2.11 – Встановлення кріплення цокольного профілю

А в рогах будівлі цокольний профіль формується за допомогою двох косих надрізів і подальшого згину. З'єднання цокольного профілю здійснюється за допомогою пластмасових сполучних елементів.

Не допускати деформацію цокольного профілю при його кріпленні.

Приклеювання теплоізоляційних плит до основи. Приклеювання теплоізоляційних плит необхідно виконувати з використанням універсального еластичного клейового складу[26,29,30].

Приготування суміші розчину. Клейові склади поставляються у вигляді сухої суміші в мішках. Для приготування суміші розчину узяти точно відміряну кількість чистої холодної води(від +15 до +20<sup>0</sup>С), в співвідношенні 0,2-0,25л води на 1 кг сухої суміші. Суху суміш поступово додають у воду при постійному перемішуванні, домагаючись отримання однорідної маси без грудок. Перемішування роблять за допомогою міксера або дреля з насадкою. Швидкість обертання мішалки повинна складати 400-800 обор/хв. Після чого

її перемішують ще раз, потім дати розчину дозріти 5 хвилин. Перемішування з кількістю оборотів більше 800 обор/мін може привести до розшарування суміші розчину.

В процесі роботи консистенцію суміші розчину підтримують за рахунок її повторного перемішування, без додавання води.

Нанесення клейового складу на теплоізоляційні плити. Для приклеювання плит теплоізоляційного матеріалу до основи слід застосовувати клей для систем теплоізоляції. Приготований клейовий склад наноситься по периметру плити теплоізоляційного матеріалу смугою шириною 3-4см, відступивши від краю плити на 5см (це дозволить уникнути попадання клейового складу на торці плит) і декількома перепічками діаметром 8-10см посередині. Кількість клейового складу повинна покривати після притиснення теплоізоляційної плити не менше 40% її площі. Витрата клею на приклеювання теплоізоляційних плит складає  $4,5 \text{ кг/м}^2$  і залежить від наявності нерівностей на стіні, що утепляється.



Рисунок 2.12 - Підготовка поверхні основи для наклеювання теплоізоляційних плит

Після установки плити утеплювача в проектне положення площа адгезійного контакту повинна скласти не менше 40% від площі скріплюваних поверхонь.

Перед нанесенням клейового розчину поверхню мінераловатної плити слід заґрунтувати тонким шаром того ж самого клейового розчину.

Якщо нерівності основи не перевищують 4 мм нанесення клейового складу робиться по усій поверхні плити за допомогою зубчастого шпателя з розміром зуба 10-12 мм.

На мінераловатні плити з поперечною орієнтацією волокон (ламелі) клейовий розчин наноситься виключно по усій поверхні плити за допомогою зубчастого шпателя з розміром зуба 10-12 мм, поєднуючи при цьому операцію ґрунтовки.

Відразу ж після нанесення клейового складу плита встановлюється в проектне положення, переміщаючи її у вертикальному і горизонтальному напрямках легкими трамбівками довгою теркою. Надлишки клею, що виступив, видаляють.

Забороняється залишати клейовий склад на торцях теплоізоляційних плит[26,29,30].

Теплоізоляційні плити приклеюються на основу від низу до верху, починаючи від цокольного профілю горизонтальними рядами, з перев'язкою вертикальних швів в кожному ряду, причому на зовнішніх і внутрішніх кутах слід виконувати зубчасте зачеплення плит.



Рисунок 2.13 – Приклеювання теплоізоляційних плит до основи

При теплоізоляції цокольної частини будівлі плити утеплювача приклеюється зверху вниз, починаючи від цокольного профілю.



Встановлювати теплоізоляційні плити слід впритул один до одного. У разі, якщо після установки плит залишаються проміжки шириною більше 2мм, їх необхідно заповнити клиновидними смужками, вирізаними з теплоізоляційного матеріалу.

Не допускається заповнення швів між теплоізоляційними плитами клейовим складом.

На кутах віконних і дверних отворів слід встановлювати теплоізоляційні плити з кутовим вирізом так, щоб стики швів з примикаючими плитами знаходилися на відстані не менше 100мм від кута отвору.

Шви між теплоізоляційними плитами повинні розташовуватися на відстані не менше 100мм від краю виступу на площині основи або від межі різних матеріалів основи.

Усі елементи(наприклад, електропроводка і так далі), які не знімаються з фасаду і при монтажі теплоізоляційного шару опиняються під ним, маркуються щоб уникнути їх ушкодження при подальшому дробелюванні.

Розкрій теплоізоляційних плит робиться за допомогою сталевій лінійки, косинця, ножа з широким лезом і пили з дрібними зубами.

Правильність установки кожної плити утеплювача в проектне положення контролюється 2-х метровим рівнем.

Мінераловатні плити іноді мають великі включення єднального матеріалу, використовуваного при їх виготовленні, які надалі можуть стати причиною появи темних плям на поверхні зовнішнього декоративного шару. Тому після кріплення мінераловатні плит необхідно ретельно обстежувати їх поверхню і механічно видалити наявні включення, а раковини, що утворилися, заповнити теплоізоляційним матеріалом.

Механічне кріплення теплоізоляційних плит дюбелями. Механічне кріплення теплоізоляційних плит відповідними дюбелями виконується тільки після повного висихання клейового складу, але не менше чим через 48-72

години після приклеювання (при температурі повітря  $+20^{\circ}\text{C}$  і відносній вологості 60%).

Дюбелирование виконується таким чином:

- всвердлиться отвір під дюбель глибиною на 10-15мм більше довжини анкеровки;
- у отвір із зусиллям «від руки» вставляється пластиковий дюбель так, щоб тарілчастий диск дюбеля був врівень з поверхнею плити;
- забивається або загвинчується(залежно від типу дюбеля) металевий сердечник розпору;
- тарілчастий диск дюбеля заштукатурюється розчином для приклеювання плит;
- дюбель повинен проходити через внутрішній шар клею.

Кількість і тип дюбелів визначається на основі розрахунків в проектній документації.

Установка посилюючих елементів і профілів. Усі зовнішні роги будівлі, а також кути віконних і дверних отворів посилюються пластиковими куточками з сіткою.

Після установки посилюючого куточка, нанести клейовий склад на площини укосів віконних і дверних отворів і заармировать їх сіткою.

На горизонтальні кути, для запобігання попаданню води на горизонтальні площини, бажано встановлювати пластикові куточки з крапельником[26,29,30].

Вершини кутів віконних і дверних отворів, після установки куточка, необхідно додатково посилити прямокутними смужками з армуючої сітки розмірами не менше 20x30см.

Для цього:

- на плиту теплоізоляції у вершинах кутів отворів зубчастою стороною терки(розмір зуба 4мм) наносять клейовий склад за розміром смужки;

– легким натисканням гладкою стороною терки смужку утапливають до клейового складу і знімають надлишки клейового складу, що проступили крізь сітку.

Підсилювальна смужка армуючої сітки монтується без напуску на пластиковий куточок.

Створення захисного армованого шару. До облаштування загального захисного шару слід приступати тільки після схоплення клейового розчину на посилюваних ділянках(кутах фасаду, кутах віконних і дверних отворів і так далі), тобто через 48 ч.

Перед створенням захисного армованого шару необхідно підготувати(нарізувати) полотна армуючої сітки необхідної довжини і в кількості, достатній для укріття усєї площини поверхні( з урахуванням нахльостування сусідніх полотен не менше 10 см), що утепляється, і розмістити полотна сітки в рулонах на верхньому ярусі будівельних лісів.

При використанні пінополістирольних плит як теплоізоляційного матеріалу, для поліпшення адгезії клейового складу до пінополістиролу, зовнішню поверхню плит рекомендується обробити крупнозернистим наждачним папером для надання шорсткості. Полістиролову крихту, що утворилася після шліфування, необхідно видалити з поверхні. Полотна армуючої сітки укладають вертикально зверху вниз до крапельника цокольного профілю.

При створенні захисного армованого шару необхідно дотримуватися наступної послідовності технологічних операцій:

- Зашкуривание ПСБ-С для підвищення адгезії;
- За допомогою гладкої сталеві терки нанести на плити утеплювача клейовий склад рівним шаром завтовшки 2-3 мм. Ця операція виконується одночасно на усіх ярусах лісів, починаючи з правого кута стіни на ширину 1,5-1,8 м;
- Перед нанесенням клейового складу поверхню мінераловатної плити слід заґрунтувати тонким шаром того ж самого клейового складу.

- Розмотати приготований рулон сітки між стіною і будівельними лісами на всю довжину підготовленої поверхні;
- Натягнути полотно сітки і притулити до нанесеного клейового складу;
- Зафіксувати сітку в клейовому складі і відразу встановити друге полотно сітки(як це вказано вище) з нахльостуванням не менше 10 см на попереднє;
- Втопити сітку попереднього полотна до клейового складу;
- Відразу ж нанести другий шар клейового складу завтовшки до 3 мм, розгладжуючи поверхню так, щоб сітка не була видна;
- У місцях примикання захисного армованого шару до віконних і дверних блоків кельмою зняти фаску під 450 до стрічки ущільнювача.

Армуючу сітку забороняється укладати безпосередньо на теплоізоляційний шар. Сітка повинна розташовуватися усередині клейового шару і не бути видимим на його поверхні.

Нерівності на поверхні захисного армованого шару віддаляються наступного дня після його створення.

Заходи по антивандальному захисту. Для запобігання механічному ушкодженню системи теплоізоляції на висоту 2,5 м від рівня землі захисний армований шар виконується в антивандальному виконанні. Антивандальна захист є посиленням армуючого шару додатковим шаром панцирної або звичайної сітки, втопленім до клейового складу.

Облаштування антивандальному захисту з використанням панцирної сітки робиться до створення захисного армуючого шару.

За допомогою гладкої сталеві терки нанести на плити утеплювача клейовий склад рівним шаром завтовшки 2-3 мм;

Заздалегідь підготовлені полотна сітки втопите до клейового складу;

Що проступив через осередки сітки клейовий склад зніміть гладкою стороною терки.

Сусідні полотна панцирної сітки монтуються в стик, без перехрестя.

За технологією, описаною вище, нанести другий шар звичайної сітки з нахльостуванням сусідніх полотен не менше 10 см.

Облаштування зовнішнього декоративного шару. До нанесення зовнішнього декоративного шару можна приступати тільки після повного висихання захисного армованого шару, але не раніше чим через 72 години(при температурі докільля  $20^{\circ}\text{C}$  і відносній вологості повітря 60%).

Грунтовка під декоративну обробку. Перед нанесенням зовнішнього декоративного шару поверхню основи необхідно заґрунтувати ґрунтовкою.

Перед нанесенням ґрунтовку необхідно ретельно перемішати, наносити на поверхню захисного армованого шару кистю, рівномірно за один прохід.

Нанесення зовнішнього декоративного шару. В якості декоративного покриття в системах використовується декоративна фасадна штукатурка. Декоративний шар укриває теплоізоляційний і захисний шари і створює красиву фактурну поверхню. Покриття декоративною фасадною штукатуркою слід виконувати після повного висихання шару кварцової ґрунтовки - приблизно через 3 години. Проміжок часу між закінченням висихання ґрунтовки і початком штукатурних робіт має бути якомога менше, щоб уникнути осідання на заґрунтовану поверхню будівельного пилу. Під час виконання робіт по облаштуванню декоративного штукатурного шару необхідно розбити фасад на ділянки для забезпечення технологічних перерв(які неминучі). Межі цих ділянок потрібно поєднувати з природними архітектурними розділяючими лініями (кути будівлі, водостічні труби, архітектурні поглиблення і виступи на фасаді і так далі), щоб виключити неоднорідність декоративного шару на стиках різних ділянок декоративного покриття. Декоративне покриття наноситися на фасад зверху вниз по усій висоті захватки[26,29,30].

Нанесення на основу. Суміш розчину декоративної штукатурки наносять на основу за допомогою терки з нержавіючої сталі, при цьому терку

тримають під кутом 60° до поверхні. Товщина шару, що наноситься, повинна відповідати розміру зерна мінерального наповнювача.

Через деякий час, коли суміш розчину перестане прилипати до інструменту, формують фактуру штукатурки за допомогою пластикової терки.

Пластикову терку при виконанні робіт слід тримати строго паралельно оброблюваній поверхні, а фактуру формувати легкими ковзаючими рухами, уникаючи сильного натиску на штукатурний шар.

Періодично видаляйте надлишки суміші розчину, що скупчуються на робочій поверхні пластикової терки. Забороняється очищати робочу пластикову поверхню терки водою, використайте для цього дрантя.

Роботи на одній поверхні слід виконувати безперервно, з верхнього кута, опускаючись за схемою «сходів» вниз і дотримуючись правила «мокре по мокрому».

При необхідності перервати роботу, уздовж лінії, де треба закінчити штукатурний шар, приклеюють самоклеющую малярну стрічку. Потім слід нанести штукатурку, сформувати структуру і видалити малярну стрічку разом із залишками штукатурки доки вона не схопилася. При відновленні робіт край вже обштукатуреної ділянки, на якій роботи були перервані, закривається малярною стрічкою. Стрічку слід видалити відразу після нанесення нової ділянки штукатурки, до того, як вона почне схоплюватися. При виконанні робіт слід уникати нанесення штукатурки на ділянках фасаду, що перебувають під впливом прямих сонячних променів, вітру і дощу.

Забарвлення декоративного захисного шару

Фарбування мінеральної декоративної штукатурки можливе:

Силікатною фасадною краскою через три дні;

Силіконовою краскою через сім днів;

Акриловими фарбами через сім днів після нанесення декоративної штукатурки.

Перед нанесенням фасадних фарб поверхня декоративної штукатурки ґрунтується проникаючою ґрунтовкою. Після ретельного перемішування ґрунтовка розводиться водою 1:4 і наноситься на основі за допомогою кисті. Подальше забарвлення можна проводити тільки після повного висихання ґрунтовки(через 4-6 годин, залежно від умов висихання).

Залежно від умов висихання фарби другий шар можна наносити через:

4-5 годинника для акрилових фарб;

12 годинника для силікатної фарби;

12-24 годинника для силіконової фарби.

Герметизація

По закінченню забарвлення фасадів необхідно зробити герметизацію місць примикання системи до дверних і віконних отворів, відливів, місць введення комунікацій, місць кріплення навісних елементів і т. д. Для герметизації використовується двокомпонентний поліуретановий герметик.

Закладення місць анкеровки будівельних лісів

В процесі демонтажу будівельних лісів зробіть закладення місць їх анкеровки в наступному порядку:

- заповніть місця анкеровки лісів в стіні тим же теплоізоляційним матеріалом;
- нанесіть шар клейового розчину і заармируйте його сіткою;
- нанесіть захисний декоративний шар;
- ґрунтовка захисного декоративного шару;
- зробіть його фарбування.

Консервація систем теплоізоляції у разі незавершеного монтажу

Консервація системи теплоізоляції допускається тільки після створення захисного армованого шару на поверхні теплоізоляційного матеріалу і подальшої ґрунтовки кварцовою ґрунтовкою під декоративну обробку. Тривалість консервації не повинна перевищувати 6-ти місяців.

Відхід за системами при експлуатації будівлі і виправлення ушкоджень.

Власникові будівлі(експлуатаційній службі) необхідно контролювати зовнішній вигляд і цілісність систем, щоб в процесі експлуатації зберігалися їх властивості.

При експлуатації будівлі з виконаними системами необхідно:

- зберігати в робочому стані усі вентиляційні пристрої будівлі, що забезпечують евакуацію вологого повітря з внутрішніх приміщень;
- вживати заходи по захисту фасадних поверхонь при роботі на фасадах будівлі з приставних сходів;
- передбачити заходи по унеможливленню механічних ушкоджень фасадних поверхонь;



Таблиця 2.6 - Калькуляція трудовитрат і заробітної плати

№	Найменування робіт	ЄНіР (ГН)	Н часу		Розцінка грн.	Один. виміру	Об'єм робіт	Трудові витрати		Зароб. плата грн.	Склад ланки	К-ть
			чол-г	маш-г				чол-г	маш-г			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Встановлення, перестановка підмостей	ГН3-20	0.930	0.310	0.640	10 м <sup>3</sup>	2268	2109.2	1451.5	Машиніст 5р. Монтажник 2р	1	
					0.250			703.1	567.0		2	
2	Вивантаження цегли з машини краном КБ-308А	Е1-9	0.280	0.140	0.179	1 пакет	638	178.6	114.2	Машиніст 5р.	1	
					0.127			89.3	81.0			
3	Підйом цегли баштовим краном	Е1-7	0.836	0.418	0.535	1000 шт.	304	254.1	162.6	Машиніст 5р.	1	
					0.381			127.1	115.8			
4	Підйом розчину краном у бункерах	Е1-7 п.20	0.420	0.210	0.269	м <sup>3</sup>	185	77.7	49.8	Машиніст 5р.	1	
					0.191			38.9	35.3			
5	Кладка цегляної стіни завтовшки 510 мм.	ГН3-3	3.800		2.660	м <sup>3</sup>	771.3	2930.9	2051.7	Муляр 3р.	8	
6	Підготовка стіни для утеплювача	Е8-1-1	31.50		20.16	100 м <sup>2</sup>	15.1	476.3	304.8	штукатур 2р.	1	
7	Ґрунтування поверхні стін складом «Thermomax 300»	Е8-1-1	26.50	-	19.74	100 м <sup>2</sup>	15.1	400.7	298.5	штукатур 2р.	1	

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	Установка цокольного профілю	E8-3-8	2.000	-	1.490	10 м профілю	8.4	16.8	12.5	Монтажник 4р, 3р	2
9	Приклеювання теплоізоляційних плит	E8-1-38	1.300	-	0.969	100 м <sup>2</sup>	15.1	19.7	14.7	штукатур 2р.	1
10	Механічне кріплення теплоізоляційних плит дюбелями	E8-3-8	0.090		0.071	100 м <sup>2</sup>	15.1	1.4	1.1	Монтажник 4р, 3р	1 1
11	Нанесення захисного армованого шару	E8-1-1	0.180		0.115	1м	1512	272.2	173.9	штукатур 2р.	1
12	Ґрунтування поверхні стін складом «Thermomax 300»	E8-1-1	26.50		19.74	100 м <sup>2</sup>	15.1	400.7	298.5	штукатур 2р.	1
13	Улаштування зовнішнього декоративно-захисного шару	E8-18	0.130		0.105	100 м <sup>2</sup>	15.1	2.0	1.6	штукатур 2р.	1
	РАЗОМ:							7140.2			
								958.3	5734.4		

Г). Контроль якості та прийом робіт з кам'яної кладки.

Загальні вимоги. Кладку стін та інших конструкцій з цегли виконують відповідно до Правил виробництва та приймання робіт СНіП 3.03.01-87, дотримання яких забезпечує необхідну міцність конструкцій, що зводяться, і високу якість робіт.

1) Під час роботи муляр стежить за тим, щоб застосовувалися цегла та розчин, зазначені в робочих кресленнях, а горизонтальні та вертикальні шви були добре (повністю) заповнені розчином. Не можна допускати пустошовку у вертикальних швах у тілі кладки. Це послаблює її, знижує довговічність. По ходу кладки муляр регулярно перевіряє перев'язку і шви кладки, вертикальність, горизонтальність і прямолінійність поверхонь і кутів, встановлення закладних деталей і зв'язків, якість поверхонь кладки, малюнок і розшивку швів, підбір цегли для зовнішньої версти не оштукатуреної кладки з рівними кромками.

2) Правильність закладки кутів будівлі контролюють дерев'яним кутником, горизонтальність рядів стіни - правилом і рівнем не рідше двох разів на кожному ярусі кладки. Для цього правило кладуть на кладку, ставлять на нього рівень і вирівнявши його по горизонту, визначають відхилення кладки від горизонталі. Якщо вона не перевищує встановлений допуск, відхилення усувають при кладці наступних рядів.

3) Вертикальність поверхонь стін та кутів кладки перевіряють рівнем і схилом не рідше двох разів на кожному ярусі кладки. Відхилення, що не перевищують допустимі, виправляють при наступній кладці ярусу або поверху. Відхилення осей конструкцій усувають у рівнях міжповерхових перекриттів.

4) Періодично перевіряють товщину швів. Для цього вимірюють п'ять-шість рядів кладки і визначають середню товщину шва, наприклад, якщо при вимірі п'яти рядів кладки стіни її висота виявилася 400мм, то середня висота одного ряду кладки буде  $400:5 = 80$ мм, а середня товщина шва за винятком товщини  $80 - 65 = 15$ мм. Середня товщина горизонтальних швів цегляної

кладки у межах висоти поверху має становити 12мм, вертикальних – 10мм. При цьому товщина окремих вертикальних швів повинна бути не менше 8 і не більше 15 мм, горизонтальних не менше 10 і не більше 15 мм. Потовщення швів проти передбачених правилами можна допускати лише у випадках, обумовлених проектом; при цьому розміри потовщених швів повинні вказуватись у робочих кресленнях.

5) Після закінчення кладки кожного поверху слід проводити інструментальну перевірку горизонтальності та позначок верху кладки незалежно від проміжних перевірок горизонтальності її рядів.

6) В тих випадках, коли відхилення перевищують допустимі, питання про продовження робіт вирішують спільно з проектною організацією. Якщо проектна організація дозволяє переробляти кладку, вона вказує конкретні методи виправлення дефектів.

7) В суху, жарку та вітряну погоду цеглу перед укладанням рясно змочують водою, а керамічна цегла занурюють у воду для того, щоб відбувалося краще зчеплення розчину і нормальне його твердіння. Це особливо важливо для кладки в сейсмічних районах і виконується на розчинах з в'язкими цементними складами.

8) При перервах у роботі верхній ряд кладки повинен залишатися неприкритим розчином. Продовження кладки після перерви необхідно починати з поливу водою раніше викладеної поверхні кладки. Така вимога викликана тим, що суха цегла після укладання на розчин швидко відсмоктує з неї воду і вміст води в розчині виявляється недостатнім для нормальної гідратації цементу. В результаті частина в'язучої речовини в розчині без взаємодії з водою залишається невикористаною, а міцність розчину та зчеплення його з цеглою різко знижуються. Необхідність зволоження цегли перед укладанням у конструкцію та ступінь зволоження визначає будівельна лабораторія.

Д) Контроль якості та прийом робіт з утеплення:

1) Контроль якості, підписання актів на приховані роботи та акта про остаточне приймання фанерованих конструкцій повинні здійснюватися наступними посадовими особами, що несуть юридичну відповідальність за якість робіт.

– інженерно-технічний персонал виконавця (майстер, виконроб), які повинні стежити за правильним виконанням усіх робіт, не допускати порушення технології та своєчасно виправляти допущені помилки, організувати колективний огляд та приймання прихованих робіт із складанням актів;

– проектувальники - автори проекту, які повинні стежити за правильним виконанням проектних рішень за складом та якістю виконання. З цією метою на будівельній площі

– представник технічного нагляду повинен регулярно стежити за правильністю виконання проектних рішень, дотриманням технології виконання робіт, брати участь у контролі за якістю та приймання прихованих робіт. Представник технічного нагляду замовника має право заборонити виконання робіт у разі виявлення обставин, що спричиняють погіршення якості.

2) Якість вихідних матеріалів та комплектуючих виробів повинна гарантуватись постачальником. Параметри деталей, що поставляються, повинні бути зазначені в паспортах і повинні відповідати вимогам проекту. Виробники робіт повинні дотримуватися правил зберігання, транспортування та використання матеріалів.

Ж) Техніка безпеки при кладці стін з цегли, керамічного каміння та блоків.

При переміщенні та подачі на робоче місце вантажопідійомними кранами цегли, керамічного каміння та дрібних блоків слід застосовувати піддони, контейнери та вантажозахоплювальні пристрої, що виключають падіння вантажу при підйомі.

При кладці стін будівель на висоту до 0,7 м від робочого настилу та відстані від його рівня за стіною, що зводиться, до поверхні землі (перекриття) більше 1,3 м необхідно застосовувати засоби колективного захисту (огороджувальні або уловлювальні пристрої) або запобіжні пояси.

Не допускається кладка зовнішніх стін завтовшки до 0,75 м у положенні стоячи на стіні.

При товщині стіни більше 0,75 м дозволяється робити кладку зі стіни, застосовуючи запобіжний пояс, закріплений за спеціальний страхувальний пристрій.

Не допускається кладка стін будівель наступного поверху без встановлення несучих конструкцій міжповерхового перекриття, а також майданчиків та маршів у сходових клітках.

При кладці стін заввишки понад 7 м необхідно застосовувати захисні козирки по периметру будівлі, які відповідають таким вимогам:

- ширина захисних козирків повинна бути не менше 1,5 м, і вони повинні бути встановлені з ухилом до стіни так, щоб кут, що утворюється між нижньою частиною стіни будівлі та поверхнею козирка, був  $110^\circ$ , а зазор між стіною будівлі та настилом козирка не перевищував 50 мм;

- захисні козирки повинні витримувати рівномірно розподілене снігове навантаження, встановлене для даного кліматичного району, та зосереджене навантаження не менше 1600 Н (160 кгс), прикладене в середині прольоту;

- перший ряд захисних козирків повинен мати суцільний настил на висоті не більше 6 м від землі і зберігатись до повного закінчення кладки стін, а другий ряд, виготовлений суцільним або з сітчастих матеріалів з осередком не більше 50 50 мм, - встановлюватися на висоті 6-7 м над першим рядом, а потім по ходу кладки переставляти через кожні 6-7 м.

Робітники, зайняті на установці, очищенні або зніманні захисних козирків, повинні працювати із запобіжними поясами. Ходити по козирках,

використовувати їх як риштування, а також складати на них матеріали не допускається.

Без улаштування захисних козирків допускається вести кладку стін заввишки до 7 м із позначенням небезпечної зони по периметру будівлі.

При кладці промислових цегляних труб не допускається виконання робіт на верху труби під час грози або при вітрі швидкістю понад 15 м/с.

Над місцем завантаження підйомника має бути на висоті 2,5-5 м встановлений подвійний захисний настил з дощок товщиною не менше 40 мм.

Знімати тимчасові кріплення елементів карнизу або облицювання стін дозволяється після досягнення розчином міцності, встановленим проектом.

Зведення кам'яних конструкцій методом заморожування дозволяється за наявності в проекті вказівок про можливість, порядок та умови застосування цього методу.

Для кам'яних конструкцій, виконаних способом заморожування, повинен бути визначений спосіб відтавання конструкцій (штучний або природний) та вказані заходи щодо забезпечення стійкості та геометричної незмінності конструкцій на період відтавання та набору міцності розчину.

У період природного розморозжування та твердіння розчину в кам'яних конструкціях, виконаних способом заморожування, слід встановити постійне спостереження за ними.

### 3) Техніка безпеки під час утеплення.

Роботи з влаштування зовнішньої теплоізоляції будівлі повинні виконуватися з урахуванням вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві».

Перед початком робіт на об'єкті з робітниками повинен бути проведений інструктаж про прийоми та способи роботи, що забезпечують дотримання правил техніки безпеки відповідно до «Типовим положенням про навчання, інструктаж та перевірку знань працівників з питань охорони праці.»

1) Перед початком робіт перевіряється:

- надійність встановлених риштувань;
- правильність розподілу навантаження на настилах риштувань;
- стан підйомних механізмів, кабелів, шлангів;
- робота обладнання на холостому ході;
- наявність та стан засобів індивідуального захисту.

2) Каркаси лісів повинні бути стійкими, міцно прикріплені до стіни і мати надійну опору. Кінці настилів повинні розташовуватись на опорах. Зазор між дошками настилів допускається трохи більше 10 мм. Товщина дощок має бути не менше 50 мм. Неприпустимо розташування стиків настилу та дощок між опорами. Бортова дошка має бути висотою не менше 150 мм від рівня настилу. На настилах, перилах сходів не повинно бути цвяхів і скоб, що стирчать. Настили мають бути очищені від сміття. Сходи, трапи та містки повинні бути обладнані пристроями для закріплення запобіжних поясів. Максимальний прогин настилу від навантаження, що розташовується на настилі, не повинен перевищувати 0,02 м.

3) Підйомні механізми, використовуване обладнання має бути у справному стані. Робота на несправному устаткуванні забороняється. Обладнання має бути забезпечене необхідними засобами безпеки. Які представляють небезпеку рухомі частини обладнання повинні бути огорожені або забезпечені засобами захисту, за винятком частин, огорожа яких не допускається їхньою конструкцією та умовами роботи. 4. Корпуси всіх механізмів, ручних машин мають бути заземлені. Місця з'єднань кабелів мають бути ізольовані.

Усі працюючі мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту.

5) У процесі виконання робіт слідує:

- щодня перевіряти справність машин та механізмів; стан проводів, що підводять струм;



- виявивши на корпусі напругу, негайно припинити роботу, відключити живлення та здати машину в ремонт;
- при перервах у роботі або припиненні подачі електроенергії машина має бути відключена від мережі;
- під час роботи з машинами, з електро- та пневмоінструментами стежити за станом ізоляції кабелю, відсутністю різких перегинів шлангів, утворенням петель, потраплянням кабелю та шланга під колеса;
- чистити барабани змішувачів, попередньо зупинивши двигун приводу;
- підключення (відключення) допоміжного обладнання (знижувальних трансформаторів, перетворювачів частоти струму, захисно-відключаючих пристроїв), а також несправностей у них повинні виконуватись тільки черговим електриком;
- робочі склади для виконання штукатурних робіт, приклеювання плит утеплювача та для виконання фарбувальних робіт слід готувати централізовано, використовуючи для цього приміщення, обладнані вентиляцією; система вентиляції повинна забезпечувати вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони менше за гранично допустиму концентрацію пилу при максимальній продуктивності праці; згідно з ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» (на період від 26 квітня 2019 року до 01 січня 2022) граничнодопустима концентрація ГДК пилу для сухих сумішей становить  $2 \text{ мг/м}^3$  повітря; у тому випадку, якщо за умовами робіт у повітрі робочої зони вміст шкідливих речовин більший за ГДК, то роботи ведуться під наглядом майстра з використанням засобів індивідуального захисту; при цьому слід пам'ятати, що робота в респіраторі може продовжуватися в середньому не більше 0,5 год., після чого слід перерва на 10-15 хв. або перехід в іншу роботу (без респіратора); для зниження запиленості повітря робочої зони видаляти сміття, розсипи сипких матеріалів слід за похилими закритими спускними жолобами в приймальний

бункер; при цьому сміття необхідно зволожити перед спуском по жолобу; перед прийомом їжі та після закінчення робіт слід ретельно мити руки щіткою та милом у теплій воді;

- на робочому місці зберігати матеріали слід у кількостях, що не перевищують змінної потреби;
- відходи матеріалів, що використовуються при виконанні робіт з теплозахисту та обробки фасадів, необхідно збирати в контейнерах, а потім видаляти по спускових жолобах.

### **2.3 Аналіз технологій будівництва будівель з енергоефективних матеріалів**

Виконавши розрахунково-аналітичне обґрунтування (підрозділи 2.1-2.2) технологій зведення будівель з газобетонних блоків, полістиролбетонних блоків та цегли можна зробити такі висновки:

- Технологія будівництва з газобетонних та полістиролбетонних блоків суттєво не відрізняється. Відмінність лише в тому, що обсяг виконуваних робіт з полістиролбетонних блоків завдяки своєму низькому коефіцієнту теплопровідності менше ніж з полістиролбетонних блоків.

- За рахунок відносно великих габаритів блоків та їх малої ваги суттєво зростає швидкість будівництва. Порівняно з цеглою будівництво прискорюється вчетверо. Таким чином, якщо будівництво з цегли ведеться 116 днів (без урахування вихідних), то будівництво з газобетонних та полістиролбетонних блоків ведеться протягом 40 і 36 днів. Відповідно, меншими стають трудовитрати.

- Стіну з газобетонних про полістиролбетонних блоків непотрібно утеплювати на відміну від цегляної. Все це зменшує загальну вартість

будівлі, що зводиться. У процесі експлуатації будівлі з блоків витрати на опалення знижуються на 25-30%.

– Конструкційність. Точні геометричні характеристики виробів дозволяють вести кладку блоків з використанням клейового розчину, який забезпечує міцність зчеплення і виключає наявність у кладці «містків холоду».

– Простота обробки. Блоки легко обробляються будь-яким різальним інструментом (пиляються, свердляться, гвоздяться, стругаються, штрабуються) - це робить його застосування особливо привабливим. Простота обробки блоків дозволяє створювати цікаві архітектурні рішення, у тому числі прорізати канали та отвори під розетку, електропроводку, трубопроводи, арочні конфігурації.

### **3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ**

#### **3.1 Техніко-економічна оцінка організаційно-технологічних рішень будівництва будівель та споруд з енергоефективних матеріалів**

Техніко-економічне обґрунтування (англ. feasibility study) - передпроектний документ, що уточнює та доповнює схему розвитку й розташування відповідної галузі промисловості у частині обґрунтування економічної доцільності і господарської потреби проектування підприємства, пункту його розміщення, проектної потужності, номенклатури продукції, забезпеченості сировиною, паливом, електроенергією, водою, а також визначення основних технологічних та будівельних рішень і найважливіших техніко-економічних показників будівництва[1,20,28].

Рівень технології та організації будь-якого виробництва показує вирішальний вплив на його економічні показники, тому вибір оптимального варіанту технологічного процесу повинен здійснюватись виходячи із важливіших показників його ефективності: продуктивності, собівартості, якості продукції що виробляється. Техніко-економічні показники проектуемого процесу обґрунтовують цілеспрямованість та ефективність прийнятого варіанту будівництва або реконструкції.

Техніко-економічну оцінку організаційно-технологічних рішень будівництва будівлі з енергоефективних матеріалів здійснюємо за допомогою ПК АВК-5 розрахованих кошторисів, наведених нижче.

Спиця

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1  
на Варіант 1  
Офісна будівля**

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 974,765 тис. грн.  
Кошторисна трудомісткість 7,681 тис.люд.-год.  
Кошторисна заробітна плата 238,004 тис. грн.  
Середній розряд робіт 3,3 розряд

Складений в поточних цінах станом на "20 січня" 2022 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E8-22-1	Мурування стін із легкобетонних каменів облицювання при висоті поверху до 4 м	м3	553,6	<u>308,65</u> 174,75	<u>83,11</u> 25,89	170869	96742	<u>46010</u> 14333	<u>5,88</u> 1,4891	<u>3255,17</u> 824,37
2	C1427-11808	Блоки із ніздрюватих бетонів В2,5 стінові дрібні для кладки на розчині, щільність 500 кг/м3	м3	417,312	<u>922,60</u> -	- -	385012	-	- -	- -	- -
3	ЕН15-57-1	Поліпшене штукатурення по сітці стін без улаштування каркаса	100м2	15,12	<u>13659,50</u> 4633,80	<u>66,22</u> 54,19	206532	70063	<u>1001</u> 819	<u>146,5</u> 3,7244	<u>2215,08</u> 56,31
4	E6-18-7	Улаштування балок із жорсткою арматурою при висоті балок до 900 мм	100м3	0,15	<u>195368,35</u> 44817,76	<u>4398,79</u> 1216,25	29305	6723	<u>660</u> 182	<u>1508</u> 65,776	<u>226,2</u> 9,87
5	ЕД6-50-21	Збирання і розбирання дерев'яної щитової опалубки для улаштування колон висотою до 6 м, периметр, м до 1,2	100м3	0,15	<u>72915,75</u> 50245,76	<u>1999,43</u> 622,63	10937	7537	<u>300</u> 93	<u>1570,18</u> 33,2622	<u>235,53</u> 4,99

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	ЕД6-63-22	Встановлення арматури окремими стрижнями із в'язанням вузлів в колони і стійки рам з хомутами простої форми, діаметр арматури, мм понад 12 до 18	m	0,65	<u>9385,68</u> 825,44	<u>71,80</u> 23,63	6101	537	<u>47</u> 15	<u>25,5</u> 1,3948	<u>16,58</u> 0,91
7	ЕД6-65-9	Укладання бетонної суміші в конструкції кранами в баддях. Колони і стійки рам при найменшій стороні поперечного перетину, мм, до 300	100м3	0,15	<u>90465,96</u> 9597,46	<u>12507,92</u> 3895,04	13570	1440	<u>1876</u> 584	<u>311</u> 208,08	<u>46,65</u> 31,21
		Разом прямі витрати по кошторису					822326	183042	<u>49894</u> 16026		<u>5995,21</u> 927,66
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. <b>Всього будівельні роботи, грн.</b>					822326 589390 199068 152439 758,05 38936 <b>974765</b>				
		----- <b>Всього по кошторису</b>					<b>974765</b>				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год. Кошторисна заробітна плата, грн.					<b>7681</b> <b>238004</b>				

Спиця

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-2  
на Варіант 2  
Офісна будівля**

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість  
Кошторисна трудомісткість  
Кошторисна заробітна плата  
Середній розряд робіт

2004,477 тис. грн.  
15,624 тис.люд.-год.  
503,908 тис. грн.  
3,5 розряд

Складений в поточних цінах станом на "20 січня" 2022 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
									на одиницю	всього	
1	Е8-6-1	Мурування зовнішніх простих стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4 м	м3	771,3	<u>409,61</u> 221,27	<u>78,67</u> 24,50	315932	170666	<u>60678</u> 18897	<u>7,17</u> 1,3821	<u>5530,22</u> 1066,01
2	С1422-10932	Цегла керамічна одинарна повнотіла, розміри 250x120x65 мм, марка М200	1000шт	293,094	<u>2173,59</u> -	-	637066	-	-	-	-
3	Е8-35-1	Установлення і розбирання зовнішніх інвентарних риштувань трубчастих висотою до 16 м для мурування облицювання	100м2 вп	6,3	<u>3202,20</u> 2037,90	-	20174	12839	-	<u>68,57</u> -	<u>431,99</u> -
4	Е8-43-1	Теплоізоляція стін із гіпсових плит із заповненням пустот базальтовим волокном ROCKWOOL шаром 50 мм	100м2	15,12	<u>27496,37</u> 6737,54	<u>129,01</u> 38,81	415745	101872	<u>1951</u> 587	<u>223,69</u> 2,2386	<u>3382,19</u> 33,85
5	С114-5-У	Плити теплоізоляційні із мінеральної вати на синтетичному зв'язувальному, марка М125	м3	77,112	<u>482,97</u> -	-	37243	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	ЕН15-57-3	Високоякісне штукатурення по сітці стін без улаштування каркаса	100м2	15,12	<u>17082,70</u> 7764,70	<u>77,82</u> 63,67	258290	117402	<u>1177</u> 963	<u>234,3</u> 4,3771	<u>3542,62</u> 66,18
		Разом прямі витрати по кошторису					1684450	402779	<u>63806</u> 20447		<u>12887,02</u> 1166,04
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. <b>Всього будівельні роботи, грн.</b>					1684450 1217865 423226 320027 1570,88 80682 <b>2004477</b>				
		----- <b>Всього по кошторису</b>					<b>2004477</b>				
		<b>Кошторисна трудоємність, люд.год.</b> <b>Кошторисна заробітна плата, грн.</b>					<b>15624</b> <b>503908</b>				



Спиця

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-3  
на Варіант 3  
Офісна будівля**

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 783,809 тис. грн.  
Кошторисна трудомісткість 6,375 тис.люд.-год.  
Кошторисна заробітна плата 200,187 тис. грн.  
Середній розряд робіт 3,3 розряд

Складений в поточних цінах станом на "20 січня" 2022 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E8-22-1	Мурування стін із легкобетонних каменів облицювання при висоті поверху до 4 м	м3	302,4	<u>308,65</u> 174,75	<u>83,11</u> 25,89	93336	52844	<u>25132</u> 7829	<u>5,88</u> 1,4891	<u>1778,11</u> 450,3
2	C1427-11808	Блоки із ніздрюватих бетонів В2,5 стінові дрібні для кладки на розчині, щільність 500 кг/м3	м3	278,208	<u>922,60</u> -	-	256675	-	-	-	-
3	ЕН15-57-1	Поліпшене штукатурення по сітці стін без улаштування каркаса	100м2	15,12	<u>13659,50</u> 4633,80	<u>66,22</u> 54,19	206532	70063	<u>1001</u> 819	<u>146,5</u> 3,7244	<u>2215,08</u> 56,31
4	ЕД6-50-21	Збирання і розбирання дерев'яної щитової опалубки для улаштування колон висотою до 6 м, периметр, м до 1,2	100м3	0,056	<u>72915,75</u> 50245,76	<u>1999,43</u> 622,63	4083	2814	<u>112</u> 35	<u>1570,18</u> 33,2622	<u>87,93</u> 1,86

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	ЕД6-65-9	Укладання бетонної суміші в конструкції кранами в баддях. Колони і стійки рам при найменшій стороні поперечного перетину, мм, до 300	100м3	0,056	<u>22162,68</u> 9597,46	<u>12507,92</u> 3895,04	1241	537	<u>700</u> 218	<u>311</u> 208,08	<u>17,42</u> 11,65
6	С1424-11600	Суміші бетонні готові важкі, клас бетону В15 [М200], крупність заповнювача більше 40 мм	м3	5,712	<u>655,81</u> -	- -	3746	-	- -	- -	- -
7	Е6-18-7	Улаштування балок із жорсткою арматурою при висоті балок до 900 мм	100м3	0,723	<u>76095,55</u> 44817,76	<u>4398,79</u> 1216,25	55017	32403	<u>3180</u> 879	<u>1508</u> 65,776	<u>1090,28</u> 47,56
8	С124-24	Гарячекатана арматурна сталь періодичного профілю, клас А-III, діаметр 16-18 мм	т	4,338	<u>8379,49</u> -	- -	36350	-	- -	- -	- -
		Разом прямі витрати по кошторису					656980	158661	<u>30125</u> 9780		<u>5188,82</u> 567,68
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. <b>Всього будівельні роботи, грн.</b>					656980 468194 168441 126829 618,1 31746 <b>783809</b>				
		----- <b>Всього по кошторису</b>					<b>783809</b>				
		<b>Кошторисна трудоємність, люд.год.</b> <b>Кошторисна заробітна плата, грн.</b>					<b>6375</b> <b>200187</b>				

### 3.2 Аналіз економічної ефективності зведення будівлі з використанням енергоефективних матеріалів

Аналіз економічної ефективності зведення будівлі з використанням енергоефективних матеріалів приводимо у зведеної таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Дані аналізу за варіантами

Техніко-економічні показники	Один. виміру	Стіни з цегли та утеплювача	Стіни з газобетонних блоків	Стіни з полістирол-бетонних блоків
Тривалість виконання робіт	днів	116	40	36
Загальна кошторисна вартість	грн.	2004477	974765	783809
Вартість 1 м <sup>2</sup> стіни	грн.	2598,82	2148,9	1885,6
Загальна трудомісткість	чол.-г	15624	7681	6375
Витрати праці на 1 м <sup>2</sup> стіни	. чол.-г	20,256	16,93	14,5
Денний виробіток на 1-го робочого	м <sup>2</sup> /чол.-зм.	0,82	1,2	1,8
Всього кошторисна заробітна плата	грн.	503908	238004	200187

Аналізуючи отримані данні розрахунку зробимо наступні висновки:

Порівняння кошторисної собівартості використання енергоефективних матеріалів вказує на те, що 3 варіант має меншу собівартість у порівнянні з 1-м на 1220,668 тис. грн., та з 2-м на 190,956 тис. грн. відповідно, внаслідок застосування більш прогресивних матеріалів. Трудомісткість 1-го збільшилась на 7943 чол.-г. у порівнянні з 2-м варіантом та на 9249 чол.-г. у порівнянні з 3 варіантом.

## ВИСНОВКИ

Проведені дослідження умов та сучасної проблеми енергозбереження в Україні показали необхідність застосування енергоефективних захисних конструкцій.

Розроблені технологічні карти на зведення відображають переваги застосування енергоефективних матеріалів у порівнянні з традиційними методами ведення будівництва:

- технологія будівництва з газобетонних та полістиролбетонних блоків суттєво не відрізняється. Відмінність лише в тому, що обсяг виконуваних робіт з полістиролбетонних блоків завдяки своєму низькому коефіцієнту теплопровідності менше ніж з полістиролбетонних блоків.

- за рахунок відносно великих габаритів блоків та їх малої ваги суттєво зростає швидкість будівництва. Порівняно з цеглою будівництво прискорюється вчетверо. Таким чином, якщо будівництво з цегли ведеться 116 днів (без урахування вихідних), то будівництво з газобетонних та полістиролбетонних блоків ведеться протягом 40 і 36 днів. Відповідно, меншими стають трудовитрати.

- стіну з газобетонних про полістиролбетонних блоків непотрібно утеплювати на відміну від цегляної. Все це зменшує загальну вартість будівлі, що зводиться. У процесі експлуатації будівлі з блоків витрати на опалення знижуються на 25-30%.

Конструкційність. Точні геометричні характеристики виробів дозволяють вести кладку блоків з використанням клейового розчину, який забезпечує міцність зчеплення і виключає наявність у кладці «містків холоду».

Простота обробки. Блоки легко обробляється будь-яким різальним інструментом - це робить його застосування особливо привабливим. Простота обробки блоків дозволяє створювати цікаві архітектурні рішення, у

тому числі прорізати канали та отвори під розетку, електропроводку, трубопроводи, арочні конфігурації.

Наведена техніко-економічна оцінка дозволяє оцінити у вартісному відношенні переваги ведення робіт з енергоефективних конструкцій, що захищають:

1) Стіни з енергоефективних блоків дешевші за стіни з цегли з утеплювачем.

2) Економія на 12-15% кошторисної вартості будівництва за рахунок додаткової площі, що отримується при більш «тонких» стінах з полістиролбетону.

3) Витрати на опалення у 2-3,5 рази нижчі, ніж у цегляного будинку.

– зниження матеріаломісткості.

– економія до 70% розчину кладки.

Блок, завтовшки 30см по теплопровідності замінює близько 2-х м цегляної кладки.

Таким чином, будівництво конструкцій, що захищають, з енергоефективних матеріалів доцільніше ніж з традиційних матеріалів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Арутюнян І.А., Данкевич Н.О. Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень в будівництві. навч.-метод. посібник для студ. ЗДІА спец. 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ден. та заоч. форм навчання. Запоріжжя: ЗДІА, 2018. 131 с.
- 2 Басок Б.І., Давиденко Б.В., Гончарук С.М. Різноваріантна термореновація огорожувальних конструкцій частини поверху існуючої адміністративної будівлі та моніторинг тепловтрат при її тривалій експлуатації. *Наука та інновації*. 2013. Т. 9, № 2. С. 18-21.
- 3 Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции. Москва: ИНФРА-М, 2003г. 268с.
- 4 Бетон - марка бетону, склад, щільність. URL. <https://ibud.ua/ua/statya/beton-marka-betona-sostav-plotnost-321>. (дата звернення 05.11.2021).
- 5 ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012–04–01]. Вид. офіц. Київ, 2012. 94 с. (Національні стандарти України).
- 6 ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016–05–05]. Вид. офіц. Київ, 2016. 52 с. (Національні стандарти України).
- 7 ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд: Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2016–08–07]. Вид. офіц. Київ, 2016. 33 с. (Національні стандарти України).
- 8 ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013. Настанова щодо проведення робіт з улаштуванням ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель будівель і споруд. [Чинний від 2014–01–01]. Вид. офіц. Київ., 2013. 88 с. (Національні стандарти України).

9 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожеж. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011–10–01]. Вид. офіц. Київ, 2011. 127 с. (Національні стандарти України).

10 ДСТУ ISO 9001: 2015 Система управління якістю. Вимоги: - [Чинний від 2015–12–31]. Вид. офіц. Київ, 2016. 31 с. (Національні стандарти України).

11 ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. [Чинний від 2016–00–01]. Вид. офіц. Київ, 2015. 29с. (Національні стандарти України).

12 ДБН В.2.6-33:2008 Конструкції будинків і споруд Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації [Чинні з 2009-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2009.21с. (Національні стандарти України).

13 ДСТУ Б.В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014–01-01]. Вид. офіц. Київ, 2014. 71 с. (Національні стандарти України).

14 Зарубина Л.П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы, технологи. БХВ-Петербург, 2008 р. 240 с.

15 Кирнос В. М., Залуин В. Ф., Дадиверина Л. Н. Организация строительства: учеб. пособие. Днепропетровск.: Пороги, 2005. 309 с.

16 Кривенко П.В., Пушкарьова Е.К., Барановський В.Б. Будівельне матеріалознавство. підручник. Київ: Либідь, 2012 245 с.

17 Курбатов В. Л. Повышение эффективности энергосбережения совершенствованием теплозащиты наружных стен зданий // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2004. № 3. С.46 – 47.

18 Комірчастий бетон: способи отримання. URL. <https://gazobloki.lviv.ua/komirchastij-beton-sposobi-otrimannya/> (дата звернення 12.12.2021).

- 19 Конончук О.П. Конструктивно-технологічні рішення вентилязованих фасадних. URL. <http://dl.tntu.edu.ua/content.php?cid=137213> (дата звернення 20.11.2021).
- 20 Наукові основи розвитку будівельної галузі України монографія /за ред. І. А. Арутюнян. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 460 с.
- 21 Опоряджувальні роботи: Матеріали, технологія і організація робіт, засоби механізації. Монографія /за ред. О.М Лівінського. Київ: «МП Леся», 2005. 486 с.
- 22 Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции :Учебник для средних профессионально-технических учебных заведений.-М.:ИНФРА,2003.-268с.
- 23 Пушкарьова К.К. Сучасні українські будівельні матеріали, вироби та конструкції. Київ: Асоціація «ВСВБМВ», 2012. 664 с.
- 24 Пенобетонные блоки: размеры, характеристики материала. URL. <https://dci-group.com.ua/penoblok-penobeton-razmery-kharakteristiki-czena> (дата звернення 24.12.2021).
- 25 Применение многослойных теплоизоляционных систем. URL. [http://www.skytechfacade.kz/images/catalog\\_po\\_montaju.pdf](http://www.skytechfacade.kz/images/catalog_po_montaju.pdf) (дата звернення 02.01.2022).
- 26 Сучасні технології в будівництві : підручник / за ред. О.І. Менеялюка. Київ : Освіта України, 2011. 534 с.
- 27 Сучасні теплоізоляційні матеріали. URL. <http://www.termolife.com.ua/pages/89/> (дата звернення 18.12.2021).
- 28 Саджениця В. Енергозбереження в житлово-комунальному господарстві України. *Ринок інсталяцій*. 2005. № 4. С. 22–23.
- 29 Технологія будівельного виробництва практикум. навч. посібник для вnz / за ред. М. Г. Ярмоленко. Київ : Вища школа, 2007. 207 с.
- 30 Технологія будівельного виробництва : підручник / за ред. В.К. Черненко. Київ : Вища шк., 2002. 430 с.



31 Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти: Практичний посібник. Видання 3-тє, актуалізоване. / за ред.. Бригілевича В. Львів, 2016. 186 с.

32 УкрТеплоізоляція. URL. <http://ukrteploizolyatsiya.com.ua> (дата звернення 12.01.2022).

33 Чернявський В.В. Кліматичні фактори впливу на теплоізоляційні фасадні системи з тонким штукатурним шаром. *Містобудування та територіальне планування*. 2010. №37. с. 559-564.

34 Юхименко А. І. Енергозбереження та термомодернізація будівель і споруд: навч.-метод. посібник для магістрів ЗДІА спец. 192 "Будівництво та цивільна інженерія" освітньої програми "Промислове і цивільне будівництво" ден. та заоч. форм навчання . Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 90 с.

35 Якіменко О.В. Технологія будівельного виробництва : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 410 с.

36 Women in Europe for a Common Future URL. [wecf.eu](http://wecf.eu) (дата звернення 22.01.2022).