МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО- НАУКОВИЙ ІСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра Промислове та цивільне будівництво
(повна назва)

Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти Магістр
(рівень вищої освіти)

на тему: Впровадження енергоефективних технологій у сучасному будівництві

Виконав: студент *2* курсу, групи 8.1924-пцб
Журавель Максим Васильович
(прізвище та ініціали)
Спеціальность
192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)
освітньо-професійна програма
промислове і цивільне будівництво
(шифр і назва)
Керівник ст. викладач, доктор філософії Арутюнян Є.Е.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім.. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти магістерський
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код таі назва)
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
«28» 04 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Журавель Максим Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Впровадження енергоефективних технологій у сучасному будівництві.
керівник роботи Арутюнян Є.Е., доктор філософії, ст. викладач кафедри міського будівництва і архітектури.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «27» 02 2025 року
№ 317-с
2 Строк подання студентом роботи 01. 12. 2025
3 Вихідні дані до роботи нормативно-технічна документація
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретичні основи енергоефективності будівель. 2. Сучасні матеріали й конструктивні рішення для підвищення енергоефективності будівель. 3. Технологічна карта монтажу фасадної теплоізоляції ТМ BauGut з оздобленням штукатурними системами на основі мінеральної вати та пінополістирольних плит. 4. Енергоефективні будівельні системи та конструкції.
5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 8 аркушів

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Арутюнян Є.Е.		
Розділ 2	Арутюнян Є.Е.		
Розділ 3	Арутюнян Є.Е.		
Розділ 4	Арутюнян Є.Е.		

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичні основи енергоефективності будівель	з 01.10 по 24.10.2025	
2	Сучасні матеріали й конструктивні рішення для підвищення енергоефективності будівель	з 25.10 по 15.11.2025	
3	Технологічна карта монтажу фасадної теплоізоляції ТМ BauGut з оздобленням штукатурними системами на основі мінеральної вати та пінополістирольних плит	з 16.11 по 01.12.2025	
4	Енергоефективні будівельні системи та конструкції	з 01.12 по 06.12.2025	

Студент _____ (підпис) М.В. Журавель (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ (підпис) Є.Е. Арутюнян (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ (підпис) Данкевич Н.О.

АНОТАЦІЯ

Журавель М.В. Впровадження енергоефективних технологій у сучасному будівництві.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Є.Е. Арутюнян, Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, 2025.

Енергоефективність сьогодні виступає одним із провідних критеріїв у проектуванні та експлуатації будівель. Важливе місце в досягненні цих показників займає застосування сучасних будівельних матеріалів, здатних суттєво зменшувати тепловтрати та оптимізувати енергоспоживання. У статті акцентується увага на впливі інноваційних рішень на підвищення теплоізоляційних властивостей споруд. Доведено, що використання новітніх матеріалів дає можливість істотно скоротити витрати на опалення й кондиціонування, сприяючи створенню екологічно безпечних та стійких будівель. Отримані результати можуть стати основою для практичного застосування архітекторами, проектувальниками та будівельними компаніями під час реалізації енергоефективних проектів.

Ключові слова: сучасні матеріали у будівництві, енергозбереження споруд, організаційні аспекти будівництва, термоізоляція.

Журавель М.В., Арутюнян Є.Е. Впровадження енергоефективних технологій у сучасному будівництві. *Збірник наукових праць ІІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНЖЕНЕРНОГО НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ ЗНУ «ІНЖЕНЕРНІ ІННОВАЦІЇ ТА РОЗБУДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ». 15-16 травня 2025 р. Запоріжжя: ЗНУ, 2025.*

.

REPORT

Zhuravel M.V. Implementation of energy-efficient technologies in modern construction.

Qualification final work for obtaining a higher education degree of master in specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific supervisor Y.A. Arutiunian, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhia National University, 2025.

Energy efficiency today is one of the leading criteria in the design and operation of buildings. An important place in achieving these indicators is occupied by the use of modern building materials that can significantly reduce heat loss and optimize energy consumption. The article focuses on the influence of innovative solutions on increasing the thermal insulation properties of structures. It is proven that the use of modern materials makes it possible to significantly reduce heating and air conditioning costs, contributing to the creation of environmentally safe and sustainable buildings. The results obtained can become the basis for practical application by architects, designers and construction companies during the implementation of energy-efficient projects.

Keywords: modern materials in construction, energy saving of structures, organizational aspects of construction, thermal insulation.

Журавель М.В., Арутюнян Є.Е. Впровадження енергоефективних технологій у сучасному будівництві. *Збірник наукових праць ІІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНЖЕНЕРНОГО НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ ЗНУ «ІНЖЕНЕРНІ ІННОВАЦІЇ ТА РОЗБУДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ». 15-16 травня 2025 р. Запоріжжя: ЗНУ, 2025.*

ЗМІСТ

	Вступ	7
1	**Теоретичні основи енергоефективності будівель**	9
1.1	Історичний розвиток технологій будівельних матеріалів, виробів та конструкцій	9
1.2	Концептуальна модель енергоефективної будівлі	15
1.3	Енергоефективність на етапах виробництва, зведення та експлуатації будівельних матеріалів	19
2	**Сучасні матеріали й конструктивні рішення для підвищення енергоефективності будівель**	25
2.1	Композиційні матеріали з енергозберігаючими властивостями	25
2.2	Використання синтетичних матеріалів у підвищенні енергоефективності	29
2.3	Новітні теплоізоляційні та конструкційно-ізоляційні матеріали	31
3	**Технологічна карта монтажу фасадної теплоізоляції ТМ BauGut з оздобленням штукатурними системами на основі мінеральної вати та пінополістирольних плит**	35
3.1	Класифікація та сфери застосування теплоізоляційних систем	35
3.2	Вимоги до матеріалів і збірних елементів, підготовчі роботи	39
3.3	Технологія виконання монтажу системи теплоізоляції	47
4	**Енергоефективні будівельні системи та конструкції**	64
4.1	Навісні вентильовані фасади	64
4.2	Штукатурні фасадні системи	67
4.3	Енергозберігаючі підлоги та вікна	70
	Висновки	76
	Перелік використаних джерел	79

Вступ

Сучасне будівництво переживає якісну трансформацію завдяки інтеграції інноваційних матеріалів і технологій, що поєднують високі теплоізоляційні властивості, енергоефективність та екологічну безпеку. З огляду на постійне зростання вартості енергоресурсів, глобальні виклики зміни клімату та необхідність скорочення викидів парникових газів, питання енергоефективності будівель набуває стратегічного значення. Використання сучасних будівельних матеріалів дозволяє не лише зменшити витрати на опалення та охолодження, але й забезпечити комфортні умови проживання та сприяти формуванню сталого міського середовища.

Актуальність теми. Проблематика енергоефективності будівель стає дедалі актуальнішою у глобальному масштабі, особливо в умовах обмежених енергетичних ресурсів, зростаючих тарифів та екологічних викликів. Інноваційні будівельні матеріали з високими показниками теплоізоляції дають змогу суттєво знизити рівень енергоспоживання, що позитивно впливає на економічну ефективність експлуатації об’єктів та сприяє підвищенню екологічної стійкості будівельної галузі. Таким чином, дослідження впливу новітніх матеріалів на енергоефективність є своєчасним і суспільно значущим.

Метою роботи є аналіз впливу сучасних будівельних матеріалів на енергоефективність будівель, визначення їх ключових характеристик, порівняння з традиційними матеріалами та розробка рекомендацій щодо їх практичного застосування у проектуванні та будівництві.

Об’єкт дослідження – сучасні будівельні матеріали, що застосовуються для зведення та утеплення будівель.

Предметом дослідження – вплив теплоізоляційних та енергозберігаючих властивостей будівельних матеріалів на енергоефективність споруд.

Завдання дослідження:

- провести огляд і класифікацію сучасних будівельних матеріалів з високими теплоізоляційними властивостями;
- дослідити їх вплив на зниження енергоспоживання будівель;
- розробити практичні рекомендації щодо впровадження інноваційних матеріалів у будівництві для підвищення енергоефективності.

Методи дослідження. Теоретико-методологічну основу дослідження становлять наукові публікації вітчизняних та зарубіжних авторів у сфері енергоефективного будівництва, сучасні нормативні документи, аналітичні звіти та результати практичних впроваджень технологій у будівельній сфері.

Наукова новизна. У роботі здійснено комплексний аналіз впливу інноваційних будівельних матеріалів на енергоефективність будівель, сформовано системні рекомендації щодо їх застосування у практиці проєктування та будівництва. Запропоновані підходи спрямовані на підвищення енергоефективності, зниження експлуатаційних витрат та гармонізацію будівельного сектору з сучасними екологічними стандартами.

Апробація. Тематика даного дослідження була розроблена на кафедрі промислового та цивільного будівництва ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ.

1 Теоретичні основи енергоефективності будівель

1.1 Історичний розвиток технологій будівельних матеріалів, виробів та конструкцій

Дослідження розвитку енергоефективних будівель у світі доцільно розпочати з аналізу нормативно-правових та методологічних документів, що з’явилися у 1970-х роках XX століття. Саме цей період став відправною точкою для формування перших підходів до раціонального використання енергоресурсів у будівництві та розвитку принципів сталого розвитку. Глобальна енергетична криза 1973 року привернула увагу науковців, архітекторів та політиків до необхідності комплексного вирішення проблеми енергоощадності, що поєднувало технічні, економічні, екологічні та соціальні аспекти.

У цей час провідні наукові центри та міжнародні організації розпочали активні дослідження, спрямовані на зменшення енергоспоживання будівельних об’єктів та оптимізацію технологій будівельного виробництва. Результатом стало створення перших експериментальних і демонстраційних будівель, які поєднували архітектурно-планувальні рішення з новими інженерними технологіями для досягнення високого рівня енергоефективності.

Значний внесок у розвиток цієї галузі відобразили у своїй монографії Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач та Н.В. Шилкін, де докладно описано найвідоміші об’єкти, збудовані у 1972–2003 роках. Такі проєкти виконували роль "пілотних майданчиків", демонструючи реальні можливості зниження енергоспоживання завдяки використанню інноваційних конструктивних рішень і систем життєзабезпечення.

Першою зарубіжною будівлею з підвищеною енергоефективністю вважається адміністративний комплекс у штаті Нью-Гемпшир (США), зведений

у 1972 році (Рисунок 1.1). Будівля площею 15 600 м² мала шість поверхів і характеризувалася оптимізованими теплотехнічними показниками: опір теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій становив 0,53 м²·°С/Вт, покриття – 1,17 м²·°С/Вт, вікон – 0,16 м²·°С/Вт. Енергоефективність споруди забезпечувалася завдяки комплексу архітектурних і технічних рішень, серед яких:

- компактна форма будівлі (близька до куба);
- обмежена площа засклення (близько 10%);
- світловідбивна покрівля з низьким коефіцієнтом поглинання сонячної радіації;
- відсутність вікон на північному фасаді;
- застосування вертикальних і горизонтальних сонцезахисних елементів.

Цей приклад став відправною точкою для подальшого розвитку концепції енергоефективності у будівництві та започаткував глобальний рух у напрямі сталого архітектурного проєктування.

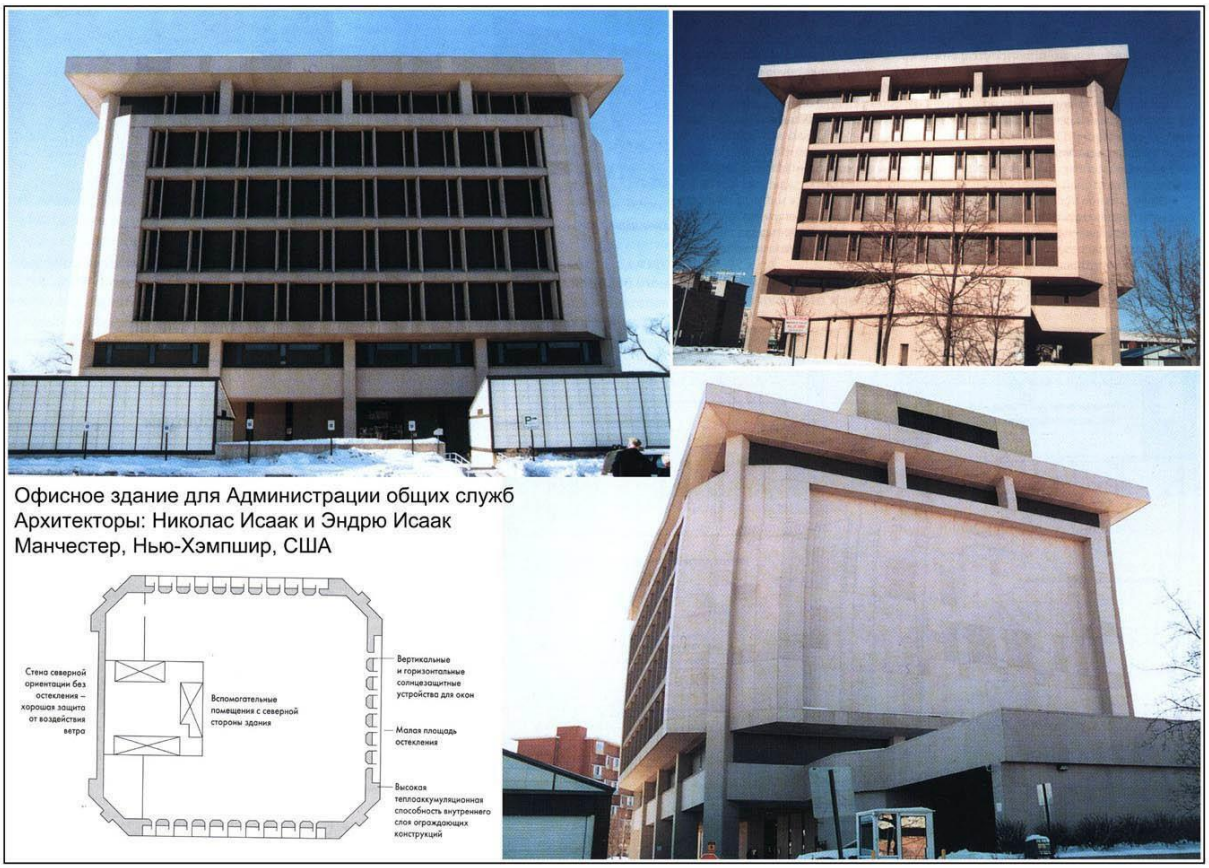


Рисунок 1.1 - Енергоефективна будівля (США Нью-Хемпшир, 1972)

Варто зазначити, що перші масштабні та успішні проєкти енергоефективних будівель були реалізовані переважно у країнах із холодним кліматом, де особливо гостро стояло питання збереження тепла протягом тривалого опалювального сезону. Одним із найбільш відомих прикладів стала інноваційна енергозберігаюча будівля «EKONO-house», зведена у 1973 році в місті Отаніємі (передмістя Гельсінкі, Фінляндія) (Рисунок 1.2).

Будівля мала адміністративне призначення та складалася з двох секцій (друга була добудована у 1979 році). Загальна площа об’єкта становила 36 990 м², кількість поверхів – шість. За результатами експлуатації, перша секція показала щорічне питоме теплоспоживання на рівні 124 кВт·год/м², а електроспоживання – 79 кВт·год/м². Для другої секції, збудованої пізніше із застосуванням вдосконалених технологій, показники виявилися ще нижчими: теплоспоживання склало 70 кВт·год/м², електроспоживання – 57 кВт·год/м².

Таким чином, «EKONO-house» стала зразком ефективного використання енергозберігаючих рішень і продемонструвала значно нижчі енергетичні витрати порівняно з типовими адміністративними будівлями Фінляндії та США того часу.



Рисунок 1.2 – Енергоефективна будівля «EKONO-house»
(Фінляндія, Отаніями, 1973 р.)

Енергетична ефективність будівлі визначалася комплексом інноваційних рішень:

- раціональним використанням внутрішнього простору завдяки модульній системі проєктування (централізоване розташування ліфтів, санвузлів та вентканалів, використання пустот у плитах перекриття для інженерних комунікацій);
- застосуванням огороджувальних конструкцій із підвищеною теплоємністю, включно з коаксіальними повітроводами та ущільненими притворами, що зменшували інфільтраційні втрати тепла;
- використанням вторинних тепловиділень від людей, побутових приладів та офісного обладнання;
- застосуванням порожнистих плит перекриття, які забезпечували додаткову теплоакумуляцію через рециркуляційне повітря;
- впровадженням вентильованих вікон зі щілинною системою, що забезпечувала підігрів скла взимку та охолодження влітку;
- використанням сонячних колекторів, тепло яких передавалося через теплоносій у теплообмінник з подальшим акумулюванням у масиві фундаменту;
- інтегрованою системою повітряного опалення та вентиляції з датчиками рівня CO_2, що автоматично регулювали подачу свіжого повітря;
- енергоощадною системою освітлення з автоматичним урахуванням природної інсоляції;
- централізованою системою автоматичного управління кліматичним обладнанням і освітленням.

Цікавою практикою підвищення енергоефективності стала реконструкція будівлі у місті Фредеріксберг (Данія), де були застосовані «сонячні вентиляційні вежі». Вони являли собою зовнішні шахти, прибудовані до сходових кліток і облицьовані перфорованими алюмінієвими пластинами із темним покриттям, що ефективно поглинали сонячне тепло. Це забезпечувало попередній підігрів припливного повітря, а в деяких випадках — ще й

генерування електроенергії завдяки інтегрованим PV-модулям (система PV-VENT).

З часом накопичений досвід проєктування та експлуатації енергоефективних будівель дав змогу масштабувати підходи від окремих об’єктів до цілих житлових кварталів. Яскравим прикладом є створення демонстраційного району EKOVIIKKI у Гельсінкі (Фінляндія), площею 1132 га. У цьому проєкті енергоефективність була поєднана із соціальними, екологічними та енергетичними принципами, що підтверджує прагнення до сталого розвитку.

Сучасне суспільство поступово переходить до моделі sustainable development, яка базується на двох ключових засадах:

- покращення якості життя людини при збереженні балансу із природним середовищем у межах ресурсних можливостей біосфери;
- задоволення потреб теперішніх поколінь без загрози для майбутніх.



Рисунок 1.3 – Фасади будівель енергоефективного мікрорайону VIIKKI (Фінляндія)

У Лондоні зведено 180-метрову вежу «Мері-Екс» (30 St Mary Axe), яка вважається першим екологічним хмарочосом Великої Британії. Завдяки застосуванню енергоощадних технологій, зокрема інтегрованих сонячних панелей, будівля споживає приблизно удвічі менше енергії порівняно з традиційними висотними офісними комплексами аналогічного класу. Архітектурно-конструктивні рішення спрямовані на максимальне використання природного освітлення та вентиляції, що дозволило значно знизити навантаження на системи штучного кліматконтролю.



Рисунок 1.4 – Башта Мері-Екс, Лондон

У Лондоні також реалізовано унікальний проєкт енергоефективної будівлі – пасажирського термінала аеропорту «Станстед». Його головною архітектурною особливістю є так званий *«плаваючий» дах*, виконаний на каркасі з металевих труб у формі перевернутих пірамід. Така конструкція створює образ птаха, що ширяє у небі, поєднуючи символізм архітектурної форми з функціональністю.

Каркас виконує не лише декоративну, але й практичну роль: у трубчастих елементах інтегровано комунікації, необхідні для роботи інженерних систем будівлі.

1.2 Концептуальна модель енергоефективної будівлі

Концептуальна модель енергоефективної будівлі являє собою цілісну систему архітектурних, конструктивних, інженерних та експлуатаційних рішень, спрямованих на зниження енергоспоживання та забезпечення високого рівня комфорту. Основою такої моделі є розуміння будівлі як інтегрованого організму, у якому всі елементи пов’язані між собою та спільно впливають на тепловий баланс і енергоефективність. Сучасні підходи до проектування подібних споруд характеризуються орієнтацією на раціональне використання природних ресурсів, мінімізацію тепловтрат і впровадження передових технологій відновлюваної енергетики. У центрі концепції завжди знаходиться людина: її комфорт, здоров’я та безпека визначають вимоги до мікроклімату, повітрообміну, рівня освітленості та шумового середовища. Тому енергоефективна будівля має створювати стабільні умови незалежно від зовнішніх кліматичних факторів, автоматично регулюючи основні параметри середовища.

Важливим компонентом концептуальної моделі є архітектурно-планувальні рішення, які починаються з правильної орієнтації будівлі на

ділянці. Врахування сонячної інсоляції дозволяє максимально використовувати природне тепло у зимовий період та уникати перегрівання влітку. Південні фасади є найкращими для розміщення житлових кімнат та більших віконних прорізів, тоді як північні зони доцільно залишати для технічних приміщень або мінімального скління. У цьому контексті надзвичайно важливою є компактність форми будівлі, оскільки надмірна кількість кутів, виступів і складних геометричних елементів збільшує площу зовнішніх огороджувальних конструкцій, що своєю чергою призводить до більших тепловтрат. Тому сучасні енергоефективні будівлі зазвичай мають просту й логічну геометрію, яка сприяє оптимальному тепловому режиму.

Конструктивна оболонка відіграє центральну роль у підтриманні енергетичного балансу. Якісна теплоізоляція зовнішніх стін, даху, підлоги та фундаменту є обов’язковим елементом. Використання матеріалів із низьким коефіцієнтом теплопровідності дозволяє суттєво зменшити втрати тепла, одночасно забезпечуючи комфортні умови в приміщеннях без необхідності надмірного обігріву. Значної уваги потребує усунення містків холоду — місць, де тепло найшвидше покидає будівлю через конструктивні недоліки. Їх формування часто пов’язане з неправильним монтажем утеплювача, неузгодженістю матеріалів або некоректними вузлами примикання. Уникнути цього допомагають сучасні будівельні технології та ретельний контроль під час зведення. Не менш важливим є вибір енергоощадних вікон і дверей, які повинні мати багатокамерну конструкцію, якісні ущільнення та низькоемісійне покриття, здатне відбивати теплове випромінювання назад у приміщення.

Інженерні системи — ще один ключовий компонент концептуальної моделі. Система вентиляції з рекуперацією тепла забезпечує постійний приплив свіжого повітря без значних енергетичних втрат. Така технологія дозволяє повертати до 90% тепла з повітря, що видаляється, завдяки чому значно зменшується навантаження на систему опалення. Низькотемпературні системи опалення, як-от тепла підлога, стінові або стельові нагрівальні панелі, працюють більш ефективно та забезпечують рівномірний розподіл тепла. Їх

поєднання з тепловими насосами — геотермальними або повітряними — дозволяє досягти максимальної енергоефективності. Сучасні теплові насоси використовують тепло ґрунту, води або повітря, що робить їх одним із найекологічніших способів опалення.

Важливе місце у концептуальній моделі займає використання відновлюваних джерел енергії. Фотоелектричні сонячні панелі забезпечують будівлю електроенергією, знижуючи залежність від зовнішньої мережі. Сонячні колектори дають змогу нагрівати воду та забезпечувати систему гарячого водопостачання. Геотермальні системи використовуються не лише для опалення, а й для охолодження в теплу пору року. Крім того, використання енергії вітру чи біомаси може бути ефективним у залежності від місцевих умов. Інтеграція таких джерел дозволяє формувати автономні або напівавтономні будівлі, які можуть частково або повністю забезпечувати себе енергією.

Автоматизація та системи керування також відіграють значну роль. Інтелектуальні системи управління BMS дозволяють контролювати роботу всіх технічних елементів будівлі в реальному часі. Вони регулюють температуру, вентиляцію, освітлення, враховуючи присутність людей, зовнішні погодні умови, рівень освітленості та задані сценарії використання приміщень. Завдяки цьому досягається не лише економія енергії, але й стабільний комфорт.

Концептуальна модель енергоефективної будівлі включає математичне моделювання теплових процесів. На етапі проектування використовуються спеціальні програми для розрахунку тепловтрат, аналізу інсоляції, визначення ефективності рекуперації та прогнозування загального енергоспоживання. Це дає змогу створити оптимальний проєкт, у якому всі системи працюють узгоджено. Важливою складовою є також врахування людського чинника, оскільки поведінка мешканців суттєво впливає на енергетичний баланс. Неправильне провітрювання, надмірне використання електроприладів або невчасне налаштування системи опалення можуть знизити ефективність технологій. Тому в межах концепції важливо передбачити інтуїтивно зрозумілі

системи керування та автоматичні режими, які зменшують вплив суб’єктивних дій користувачів.

Екологічні та економічні аспекти є невід’ємною частиною концептуальної моделі. Енергоефективні будівлі зменшують викиди парникових газів, скорочують використання невідновлюваних ресурсів та сприяють поліпшенню стану навколишнього середовища. З економічної точки зору, хоча інвестиції в такі технології на початковому етапі можуть бути вищими, довгострокові витрати на експлуатацію значно нижчі. Енергоефективні будівлі мають більшу ринкову вартість, довший термін служби та менші витрати на ремонт.

Узагальнюючи, концептуальна модель енергоефективної будівлі — це комплексний підхід, який поєднує архітектурні рішення, якісні матеріали, сучасні інженерні системи, технології відновлюваної енергетики та інтелектуальні системи управління. Така модель забезпечує мінімальне енергоспоживання, високий комфорт, екологічність і довговічність. Реалізація цієї концепції є важливою не лише для окремих користувачів, а й для суспільства загалом, адже вона сприяє розвитку сталого будівництва та раціонального використання ресурсів.

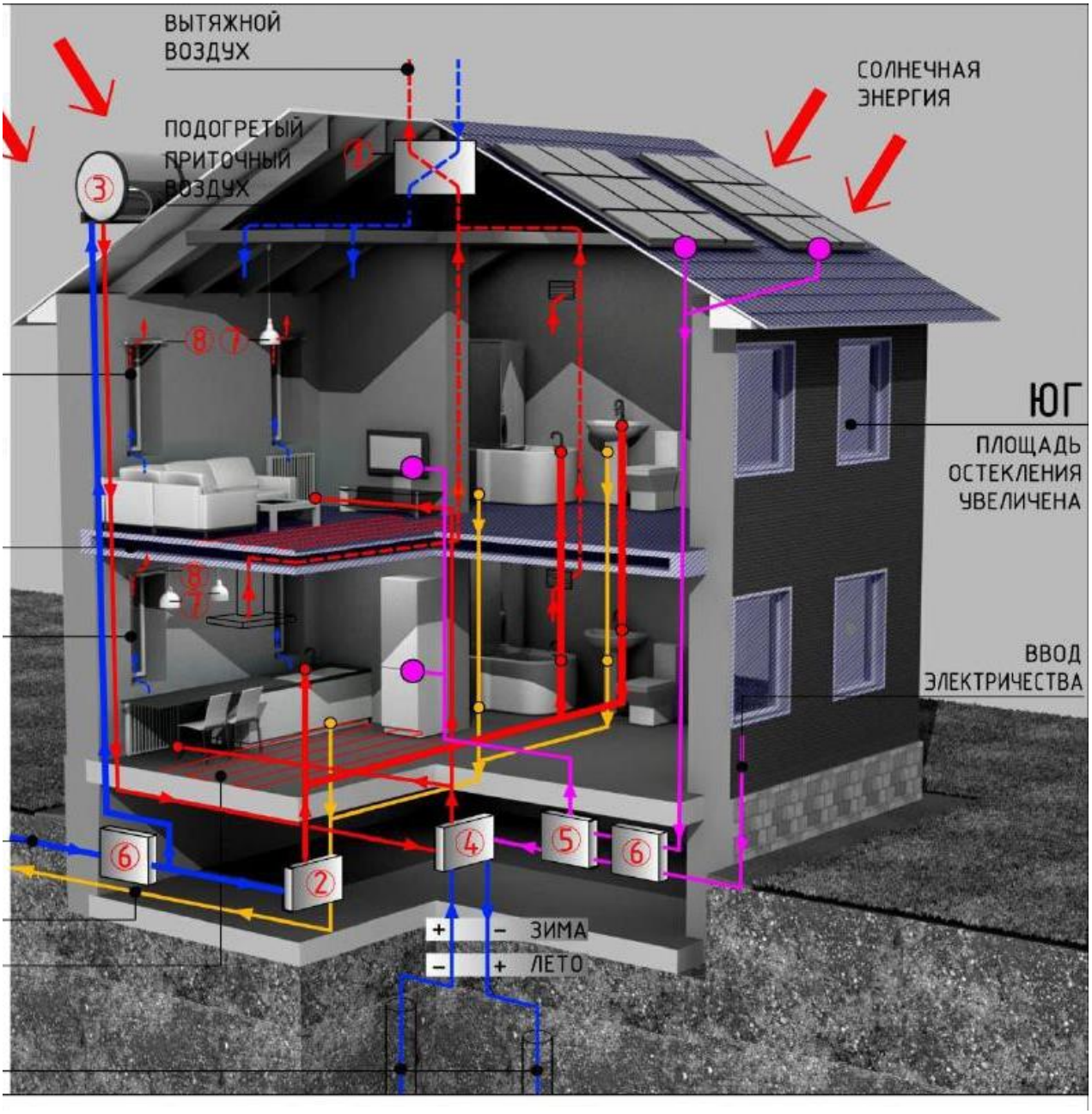


Рисунок 1.5 – Концептуальна схема енергоефективної будівлі

1.3 Енергоефективність на етапах виробництва, зведення та експлуатації будівельних матеріалів

Системний підхід до формування енергоефективності будівель передбачає управління енергозберігаючими характеристиками будівлі та факторами, що визначають її енергетичну ефективність на всіх стадіях життєвого циклу. Будівля розглядається як єдина енергетична система, у якій взаємодіють підсистеми архітектурно-планувальних, конструктивних та інженерних рішень, що забезпечують комплексне енергозбереження. Взаємодія цих підсистем із навколишнім середовищем створює синергетичний ефект, підвищуючи загальну енергоефективність об’єкта.

Життєвий цикл будівлі безпосередньо залежить від життєвого циклу матеріалів, що застосовуються при будівництві. Будівництво залишається однією з найбільш матеріалоємних галузей економіки: витрати на матеріали становлять понад половину вартості будівельно-монтажних робіт та близько третини капіталовкладень у народне господарство, а загалом галузь споживає понад 30 % продукції матеріального виробництва.

Основні матеріали сучасного будівництва — бетон, керамічна та силікатна цегла, дерево — визначаються на стадії проектування. При їхньому виборі важливим критерієм є енергоефективність, включно з витратами енергії на виробництво. Технологічні процеси виготовлення матеріалів потребують значних енергетичних ресурсів:

- виробництво скла — до 1500 °C;
- піноскла — до 1900 °C;
- цементного клінкеру — 1450 °C;
- вапна — близько 1200 °C;
- керамічної цегли — 1100 °C.

Високі температури та високодисперсне подрібнення матеріалів забезпечуються значними енергетичними витратами, що суттєво впливає на загальний енергетичний баланс будівлі протягом її життєвого циклу.

Формування наукових основ управління життєвим циклом енергоефективних будівель вимагає розробки системи показників для оцінки їхньої енергоефективності на всіх етапах — від проектування до утилізації. Нині розроблено та впроваджено низку нормативних та методичних документів із показниками енергоефективності, проте єдиної універсальної системи ще немає. Актуальною залишається проблема визначення показників, які враховують усі види споживаних енергетичних ресурсів, різні типи будівель та методи контролю, на основі яких будівлям присвоюється клас енергоефективності.

Сучасні показники оцінки енергоефективності будівель враховують витрати енергетичних ресурсів на опалення, вентиляцію та кондиціювання на одиницю площі або обсягу. З 1990-х років нормативні документи на федеральному та регіональному рівні визначають різні показники, що відрізняються змістом і одиницями виміру. Крім того, провідні науково-дослідні організації будівельного профілю розробили власні методики та показники енергетичної ефективності, впроваджені у практику.

Враховуючи велику кількість факторів, що впливають на енергетичну ефективність будівлі, та необхідність обліку всіх видів енергетичних ресурсів, які споживає і виробляє будівля як єдина система, виникла потреба в класифікації показників. Автори проаналізували еволюцію таких показників з моменту їх появи у 1999 році до сучасного стану, врахувавши кількість, види та методи вимірювання енергетичних ресурсів, стадії життєвого циклу будівель, цілісність і тип будівлі. Саме ці напрямки стали основою запропонованої класифікації показників енергетичної ефективності.

Таким чином, системний підхід до енергоефективного будівництва дозволяє комплексно оцінювати та управляти витратами енергії протягом

усього життєвого циклу будівлі, враховуючи як експлуатаційні, так і енергетичні витрати на виробництво матеріалів і конструкцій.

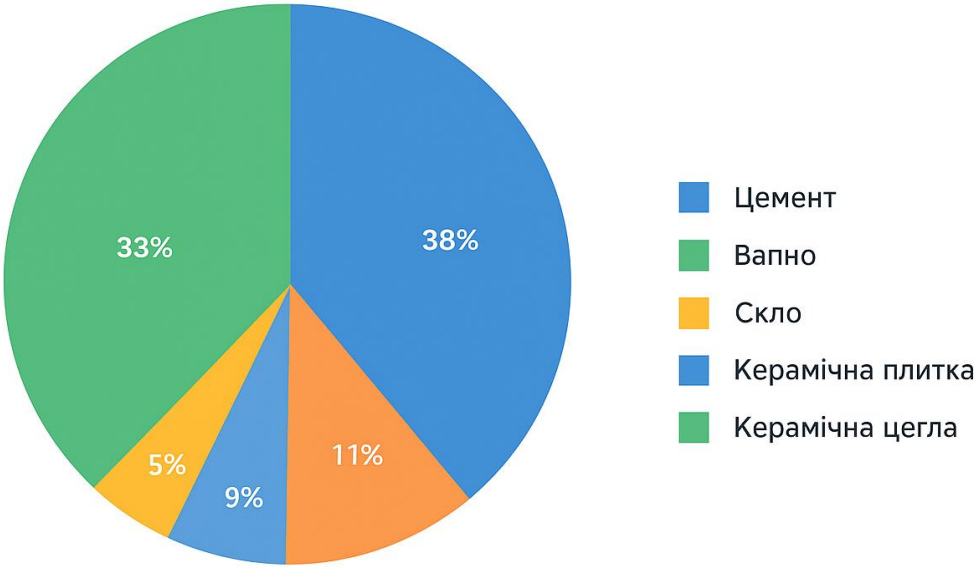


Рисунок 1.6 – Частки енергетичних ресурсів виробництва основних будівельних матеріалів

Впровадження енергозберігаючих технологій у будівельній галузі дозволяє не лише скоротити енергоспоживання на одиницю продукції, а й підвищити ефективність виробничих процесів. Важливо враховувати, що енергоємність, рівень теплозахисту та довговічність будівельних конструкцій взаємопов’язані, тому загальна енергоефективність галузі визначається сукупними витратами енергії як на етапі зведення, так і під час експлуатації будівель.

У деяких випадках заміна традиційних матеріалів на менш енергоємні конструкції забезпечує зниження енергоспоживання, а в інших — використання довговічних і водночас енергоефективних рішень також сприяє економії ресурсів. Водночас впровадження сучасних технологій часто потребує додаткових інвестицій, однак лише комплексний підхід до оцінки енергоємності, довговічності та теплозахисту дозволяє досягти значної економії

енергії протягом усього життєвого циклу будівлі, що може перевищувати 100 років.

Підприємства з виробництва будівельних матеріалів залишаються одними з найбільших споживачів енергії: щорічно галузь використовує близько 60 млн тонн умовного палива та 40 млрд кВт·год електроенергії, що становить приблизно 6% від загального внутрішнього споживання паливно-енергетичних ресурсів. Найбільші витрати припадають на виробництво цементу та глиняної цегли.

Ключові аспекти енергозбереження в будівництві:

- Використання сучасних теплоізоляційних матеріалів і технологій утеплення.
- Застосування енергоефективних систем опалення, вентиляції та освітлення.
- Раціональне проектування будівель з урахуванням пасивних і активних систем енергозбереження.
- Оцінка ефективності інвестицій у впровадження енергозберігаючих рішень та управління енергоспоживанням.

Таким чином, енергоефективність будівельної галузі формується на основі комплексного підходу до вибору матеріалів, технологій та організації експлуатації об’єктів, що дозволяє знизити витрати енергії та підвищити екологічну стійкість будівництва.

Цемент є одним із найбільш енергоємних будівельних матеріалів: для виробництва 1 тонни шлакопортландцементу марки 300 потрібно витратити близько 140 кг умовного палива, а для портландцементу марки 600 — вже 345 кг. Збільшення частки шлакопортландцементу у виробництві дозволяє суттєво знизити енергоспоживання. Перехід від мокрого до сухого способу виробництва цементу забезпечує економію первинних енергоресурсів до 55%. Перспективним напрямом енергозбереження є також використання магнітосприйнятливих добавок і застосування термічної та індукційної обробки бетону в магнітних камерах, що дозволяє зменшити витрати цементу на 15–

20%, підвищити продуктивність і скоротити тривалість термообробки виробів у 1,5–2 рази.

Виробництво глиняної та силікатної цегли також характеризується високим енергоспоживанням. Основні витрати енергії припадають на сушіння та випал цегли: для виготовлення 1000 штук глиняної цегли потрібно близько 300 кг умовного палива. Впровадження автоматизованих технологічних ліній, використання тепла відхідних газів із тунельних печей (температура близько 120°C), зменшення тепловтрат через ізоляцію та оптимізацію конструкцій дозволяє знизити питомі витрати палива на 100 кг на 1000 штук цегли. Автоматизація керування тепловими процесами також сприяє енергозбереженню.

Силікатна цегла має значно нижчу енергоємність — близько 85 кг умовного палива на 1000 штук, а технологічний цикл її виробництва у 8–10 разів коротший, хоча вона поступається глиняній за теплозахисними властивостями та довговічністю. Зниження енергоємності та підвищення теплозахисту досягається шляхом виробництва цегли з порожнечами: при збільшенні пустотності на 20% енерговитрати зменшуються на 0,12 ГДж, а при 30% — на 0,17 ГДж на 1000 штук, що становить близько 10% від середніх витрат енергії.

Легкі бетони на основі пористих заповнювачів (керамзит, шунгіт, спучений перліт) є конкурентом цегляним стінам. Для збереження низької енергоємності об’ємна маса заповнювача не повинна перевищувати 400 кг/м³, оскільки при її збільшенні зростає енергоємність і знижується теплозахист. Наприклад, опір теплопередачі стіни з керамзитобетону марки 400 на 25% вищий, ніж у стіни з керамзиту марки 500. Питома енергоємність керамзиту становить близько 100 кг умовного палива на 1 м³, причому на виробництво керамзиту марки 400 витрачається на 15% менше палива, ніж на марку 500. Використання доменних шлаків як заповнювача дозволяє ще більше знизити енерговитрати — їх питома енергоємність становить лише 8–30 кг умовного палива на 1 м³, що значно менше, ніж у керамзиту.

Таким чином, підвищення енергоефективності у виробництві будівельних матеріалів досягається за рахунок оптимізації технологій, впровадження автоматизації, використання вторинних ресурсів і вдосконалення конструкцій виробів.

2 Сучасні матеріали й конструктивні рішення для підвищення енергоефективності будівель

2.1 Композиційні матеріали з енергозберігаючими властивостями

У XXI столітті композиційні матеріали стали ключовим напрямом розвитку будівельної галузі, оскільки традиційні природні та навіть синтетичні матеріали вже не повністю відповідають сучасним вимогам інженерів, архітекторів і технологів. Основна ідея композитів полягає у раціональному поєднанні різних компонентів, завдяки чому досягається оптимальний набір властивостей для конкретних умов експлуатації.

Використання композиційних будівельних матеріалів забезпечує підвищення енергоефективності будівель протягом усього життєвого циклу завдяки таким чинникам:

- Композити мають покращені теплоізоляційні властивості порівняно з традиційними матеріалами, що дозволяє підвищити енергоефективність будівель.
- У виробництві композиційних матеріалів часто застосовують промислові відходи, що знижує екологічне навантаження та енерговитрати на всіх етапах життєвого циклу матеріалу.
- Композитні матеріали характеризуються тривалим терміном служби та можливістю повторної переробки, що сприяє сталому розвитку.

Яскравим прикладом енергоефективного композиційного матеріалу є композитна арматура (базальтова, склопластикова, полімерна), яка виготовляється на основі скловолокна або базальтового волокна. Її застосування не обмежується лише мостовими конструкціями — композитна арматура широко використовується у промисловому та цивільному будівництві, особливо у зонах, де конструкції піддаються динамічним навантаженням, наприклад, у мостах, що постійно зазнають впливу транспорту.

Основні переваги композитних матеріалів у будівництві:

- Висока міцність при малій вазі
- Довговічність і стійкість до корозії
- Гнучкість у формуванні складних архітектурних рішень
- Низька теплопровідність
- Можливість використання вторинної сировини та зниження екологічного впливу

Таким чином, композити відкривають нові можливості для підвищення ефективності, довговічності та екологічності сучасних будівельних конструкцій.



Рисунок 2.1 – Склопластикова арматура

Композитна арматура має значно меншу питому вагу (у 4-5 разів меншу, ніж сталева), що дозволяє зменшити вантажопідйомність необхідної техніки для монтажу, знизити витрати на транспортування та монтаж, а також загальну вартість будівництва. Це робить її особливо вигідною для великих об'єктів, де маса конструкцій критично впливає на вибір обладнання та логістику.

Ключові переваги композитної арматури:

- Мала вага: Композитна арматура значно легша за сталеву, що спрощує транспортування, монтаж і зменшує навантаження на фундамент.

- Висока міцність: За однакового діаметра композитна арматура може бути у 2-3 рази міцнішою за сталеву, а 8 мм композитної арматури часто замінює 10 мм сталевої.
- Стійкість до корозії: Не піддається іржі, що особливо важливо для агресивних або вологих середовищ (мости, підземні та підводні конструкції).
- Довговічність: Термін служби композитної арматури значно перевищує сталеву, зменшуючи потребу в ремонтах і замінах.
- Стійкість до температур: Може працювати в широкому діапазоні температур (від -70 до +100°C), що дозволяє використовувати її в різних кліматичних умовах.
- Економія: Застосування композитної арматури дозволяє знизити витрати на будівництво на 30-40% завдяки меншій вазі, простішому транспортуванню та можливості використовувати арматуру меншого діаметра без втрати міцності.

Додаткові переваги:

- Відсутність потреби у спеціальному захисті від корозії та регулярному обслуговуванні.
- Зниження енерговитрат під час виробництва та експлуатації.
- Зменшення сейсмічного навантаження на будівлі завдяки меншій масі конструкцій.

Таким чином, композитна арматура є сучасним, економічно вигідним і технологічно прогресивним матеріалом для будівництва, особливо там, де критично важливі вага, довговічність і стійкість до агресивних впливів.



Рисунок 2.2 – Сітка з композитної арматури

Серійне виробництво конструкцій зі склопластику дозволяє знизити загальну кошторисну вартість будівництва завдяки меншій власній вазі несучих елементів. Використання композитних матеріалів для мостів забезпечує суттєву економію на експлуатаційних витратах, оскільки такі конструкції мають підвищену довговічність і стійкість до корозії. За оцінками виробників, термін служби мостів із цільно-композитними прогоновими будовами може досягати 100 років при практично нульових витратах на обслуговування.

На сьогодні вартість мостового переходу з композитною прогоновою будовою приблизно у 1,5 раза перевищує вартість аналогічного мосту з традиційних матеріалів. Це пов’язано з індивідуальним виготовленням окремих елементів, що призводить до підвищених трудовитрат і невикористаних залишків матеріалу. Однак при масовому виробництві, коли елементи виготовляються зі стандартних заводських профілів, собівартість склопластику зменшується, що робить такі конструкції економічно вигіднішими.

Порівняльний економічний ефект застосування склопластикової арматури оцінюється через аналіз питомих витрат на будівництво та експлуатацію мостів із склопластиковою та металевою арматурою. Для металевої арматури ресурс мосту становить близько 50 років при щорічному технічному обслуговуванні, тоді як для склопластикової — до 100 років без

суттєвих витрат на обслуговування. Фактичний термін служби залізобетонних і металевих мостів зазвичай не перевищує 40–50 років, причому капітальний ремонт потрібен вже через 20–25 років експлуатації.

Ключові переваги склопластикових конструкцій:

- Менша вага — спрощує транспортування та монтаж, знижує навантаження на фундамент.
- Висока міцність на розрив — у 2,5 раза перевищує показники сталевої арматури.
- Стійкість до корозії та агресивних середовищ — забезпечує довговічність навіть у складних умовах.
- Значне скорочення експлуатаційних витрат — мінімальні витрати на ремонт і обслуговування протягом усього терміну служби.
- Довший термін експлуатації — у 2–3 рази більше порівняно з традиційними матеріалами.

Таким чином, перехід до масового виробництва склопластикових конструкцій для мостів і доріг дозволяє суттєво знизити витрати на будівництво та експлуатацію, підвищити довговічність і надійність споруд, а також оптимізувати технологічні процеси.

2.2 Використання синтетичних матеріалів у підвищенні енергоефективності

Сучасний розвиток будівельної галузі дійсно неможливий без впровадження інноваційних матеріалів та енергоефективних технологій, що підтверджується як законодавчими ініціативами, так і практикою будівництва в Укоаїні та інших країнах. Особливої актуальності ці питання набули у зв’язку з посиленням вимог до ресурсо- та енергозбереження, а також із впровадженням «зелених» стандартів, які поєднують ефективність матеріалів із безпекою для людини та довкілля.

Ключові аспекти розвитку:

- Законодавча база: В Україні прийнято низку законів, що визначає основні напрями політики енергозбереження у будівництві: ефективне використання енергоресурсів, створення енергоефективних технологій і матеріалів, державний нагляд, розробка стандартів та стимулювання впровадження інновацій.
- Енергоефективність як стратегія: Енергоефективність стала пріоритетом інноваційного розвитку, що відображено у стратегіях і нормативних документах, а також у вимогах до будівель із майже нульовим енергоспоживанням (nZEB).
- Впровадження геоматеріалів: Одним із найефективніших напрямів є використання геосинтетичних матеріалів (геотекстиль, геосітки, геомембрани тощо), які виготовляються з полімерів і застосовуються у транспортному, промисловому та гідротехнічному будівництві. Вони виконують армуючі, розділові, дренажні функції, підвищують довговічність конструкцій і знижують витрати ресурсів.
- Економічна ефективність: Дослідження показують, що застосування геотекстилю у фундаментних конструкціях дозволяє знизити матеріальні та енергетичні витрати, скоротити обсяги земляних робіт і транспортування матеріалів на 70–85%, а також зменшити ймовірність деформацій будівлі вдвічі. Це призводить до зниження кошторисної вартості будівництва та підвищення інноваційності організаційно-технологічних рішень.
- Геосинтетичні матеріали є яскравим прикладом інноваційних ресурсозберігаючих технологій, що активно впроваджуються у будівельну практику.
- Їх використання сприяє досягненню цілей енергоефективності, зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню екологічної безпеки об’єктів.
- Розвиток ринку геоматеріалів підтверджує їхню економічну перспективність та зацікавленість регіонів у розширенні асортименту такої продукції.

Таким чином, інноваційні матеріали, зокрема геосинтетики, є ключовим фактором підвищення енергоефективності та екологічності сучасного будівництва, що відповідає як законодавчим вимогам, так і стратегічним цілям галузі.

2.3 Новітні теплоізоляційні та конструкційно-ізоляційні матеріали

Сучасні будівельні норми в більшості країн встановлюють граничне річне енергоспоживання будівель на рівні 80–100 кВт·год/м². Водночас, у будинках, спроектованих за стандартом Passive House (пасивний будинок), цей показник може бути знижений до 15–30 кВт·год/м² на рік залежно від кліматичних умов регіону. Досягнення такого рівня енергоефективності забезпечується насамперед завдяки використанню високоефективної теплоізоляції в огороджувальних конструкціях.

За останнє десятиліття виробництво та споживання теплоізоляційних матеріалів в Україні зросло більш ніж у чотири рази: з 3–4 млн м³ у 1998 році до 12–13 млн м³ у 2008 році, а прогноз на 2020 рік становив 20–22 млн м³. На ринку представлений широкий асортимент теплоізоляційних матеріалів із різними властивостями та призначенням. Основну частку займають скловолокно (38%) та кам'яна вата (37%), а також пінополістирол (близько 22%), включаючи екструдований (5,3%).

У країнах Європи активно розвивається будівництво енергоефективних будівель за концепцією Passive House, зокрема у Німеччині та Данії. Найбільшу ефективність ці технології демонструють у малоповерховому житловому будівництві, частка якого в Україні становить близько 10%.

Найбільший потенціал енергозбереження у будівельному секторі та ЖКГ пов’язаний зі зниженням витрат на опалення. За оцінками експертів, це дозволяє скоротити загальне енергоспоживання будівель на 50–55%.

Основними причинами високого споживання теплової енергії є значні теплові втрати через огороджувальні конструкції та системи теплопостачання.

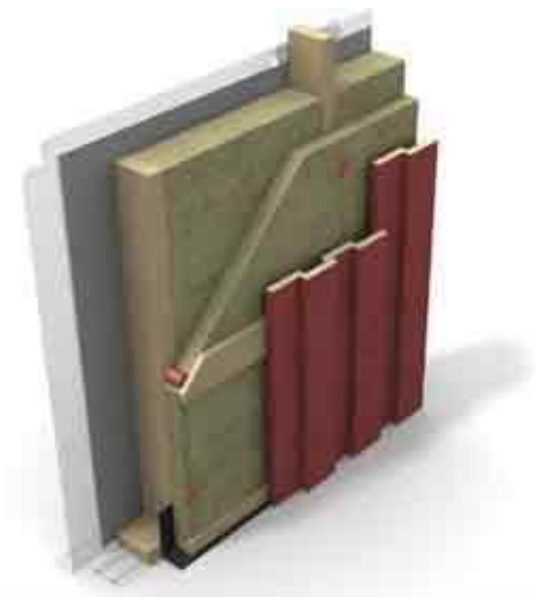
Щоб досягти мінімального рівня енергоспоживання (15–30 кВт·год/м²·рік), необхідно:

- Максимально підвищити термічний опір огороджувальних конструкцій.
- Збільшити термічний опір світлопрозорих елементів (вікон, дверей).
- Мінімізувати теплові мости.
- Забезпечити герметичність будівлі щодо проникнення зовнішнього повітря.
- Впровадити системи вентиляції з рекуперацією тепла.
- Оптимізувати архітектурні рішення з урахуванням вітрового режиму та сонячної інсоляції.

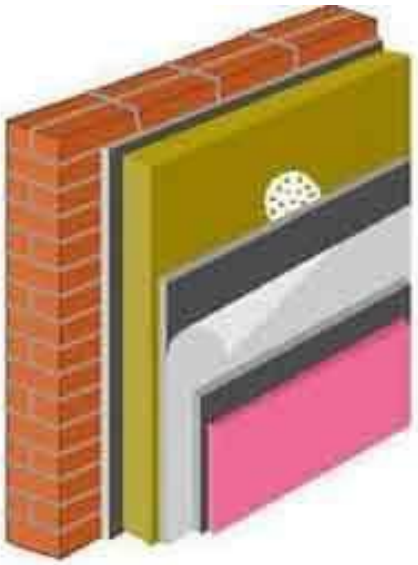
Досягнення таких показників неможливе без застосування багатошарових конструкцій із сучасними утеплювачами; традиційні матеріали (цегла, бетон) не забезпечують необхідного рівня теплозахисту.

В Україні з 2025 року діють нові вимоги до будівель із близьким до нульового рівнем споживання енергії (NZEB), які передбачають:

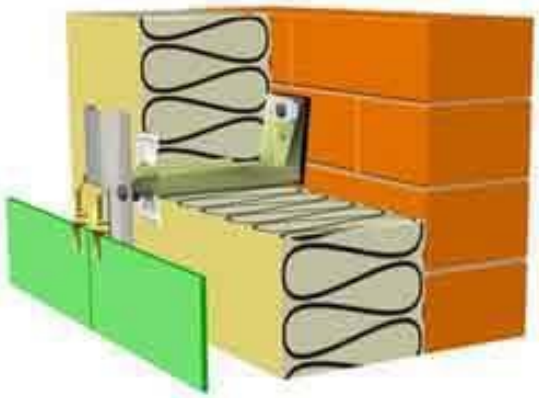
- високий клас енергоефективності,
- обмеження споживання первинної енергії з невідновлюваних джерел,
- частку енергії з відновлюваних джерел,
- підвищені теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій,
- контроль повітропроникності та ефективність інженерних систем



А



Б



В



Г

Рисунок 2.3 – Утеплені огороджувальні конструкції: А – каркасна стіна;

Б - система зовнішнього утеплення зі штукатурним покриттям; В – конструкція навісного вентильованого фасаду;

Г - багатошарова конструкція плоского покриття з рулонною покрівлею.

Ефективність застосування утеплювачів розглянута на прикладі утеплення стін пінополістиролом. Розрахунки виконані для кліматичних умов м. Іваново для адміністративної будівлі площею стін 2840 м2. Пропонується їх утеплення пінополістирольними плитами товщиною 10 см з використанням кріпильних елементів з наступною штукатуркою.

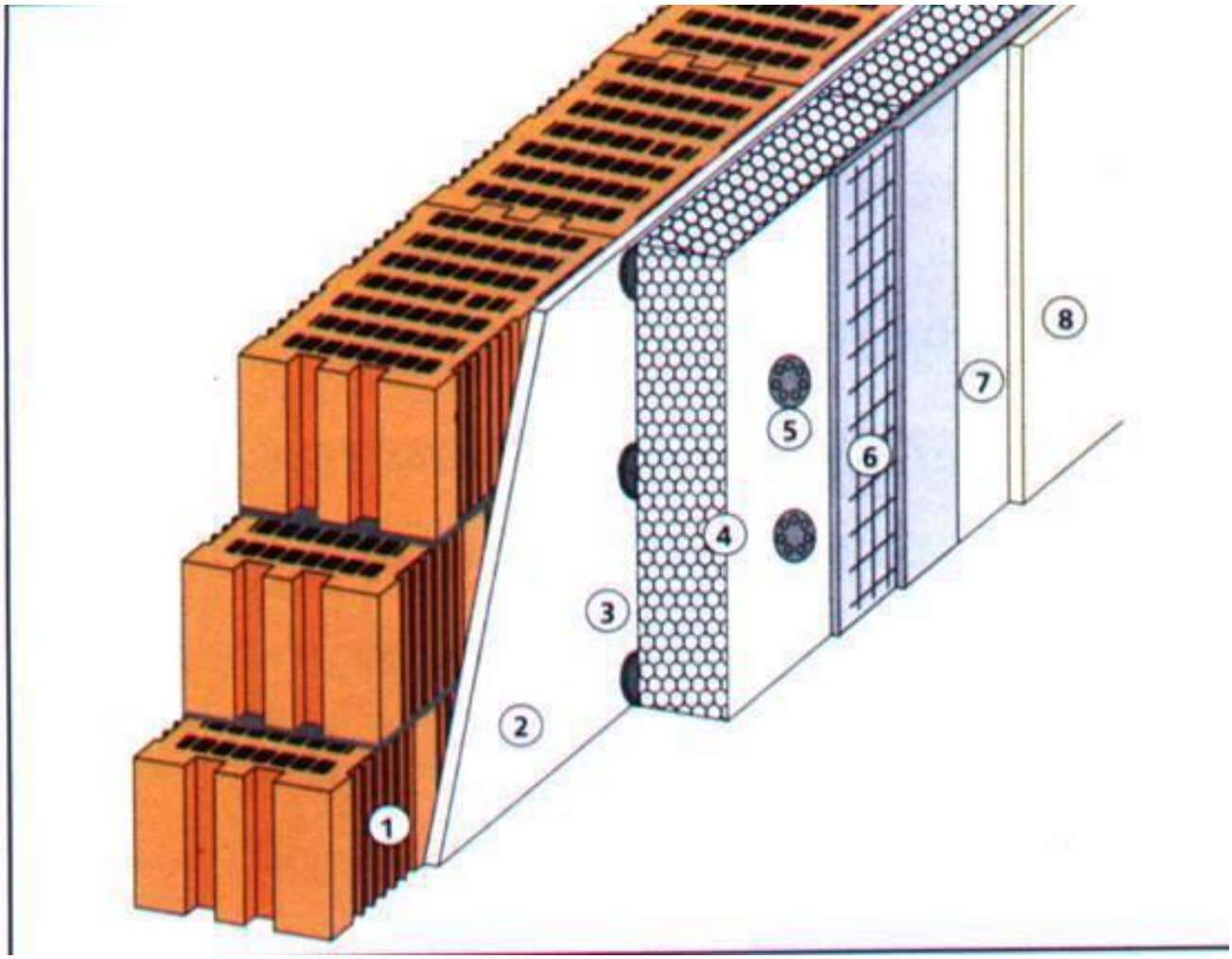


Рисунок 2.4 – Система додаткового утеплення зовнішніх стін за допомогою пінополістиролу

Умовні позначення:

1. Стіна.
2. Наявна штукатурка.
3. Клеюча маса.
4. Пінополістиролова плита.
5. Розпірний штифт із притискною прокладкою.
6. Сітка зі скловолокна, вкрита клеєм.
7. Грунтувальний шар.
8. Тонкий шар штукатурки.

3 Технологічна карта монтажу фасадної теплоізоляції ТМ *BauGut* з оздобленням штукатурними системами на основі мінеральної вати та пінополістирольних плит

3.1 Класифікація та сфери застосування теплоізоляційних систем

Технологічна карта призначена для виконання робіт з утеплення фасадів будівель із використанням матеріалів ТМ BauGut і складена відповідно до вимог пункту 5.8 ДСТУ В.2.6-36:2008 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками». Система утеплення класифікується як клас А згідно з ДСТУ Б В.2.6-34:2008.

Зовнішня скріплена теплоізоляція з подальшим декоративним оздобленням фасаду виконується для досягнення таких цілей:

- забезпечення відповідності мікроклімату внутрішніх приміщень чинним теплотехнічним нормам України;
- зниження енергоспоживання для підтримання необхідних параметрів мікроклімату;
- стабілізація температурного режиму в приміщеннях протягом року;
- прискорення нагрівання повітря в опалювальний сезон і швидке охолодження влітку;
- підвищення довговічності будівлі шляхом зменшення температурних деформацій конструкцій і захисту зовнішніх огороджувальних елементів від корозії;
- надання фасаду архітектурної виразності.

Карта розроблена для утеплення та оздоблення зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель, що експлуатуються в кліматичних умовах України. Всі роботи виконуються із застосуванням сухих будівельних сумішей і пастоподібних матеріалів при температурі навколишнього середовища від +5°С до +30°С.

- До основних етапів робіт належать:
- підготовка поверхонь зовнішніх огороджувальних конструкцій;
- монтаж цокольних профілів;
- приклеювання плит утеплювача;
- додаткове механічне кріплення плит утеплювача дюбелями;
- встановлення перфорованих кутників по периметру вікон, дверей і кутів будівлі;
- улаштування гідрозахисного армованого шару;
- нанесення ґрунтувальної фарби;
- нанесення декоративної штукатурки;
- фарбування фасаду.

Класифікація систем теплоізоляції ТМ BauGut

Система теплоізоляції є конструктивною частиною будівлі і представляє багатошарову складову, основним елементом утеплення якої є пінополістирольніплити (рисунок 3.1) або мінераловатні плити (рисунок 3.2).

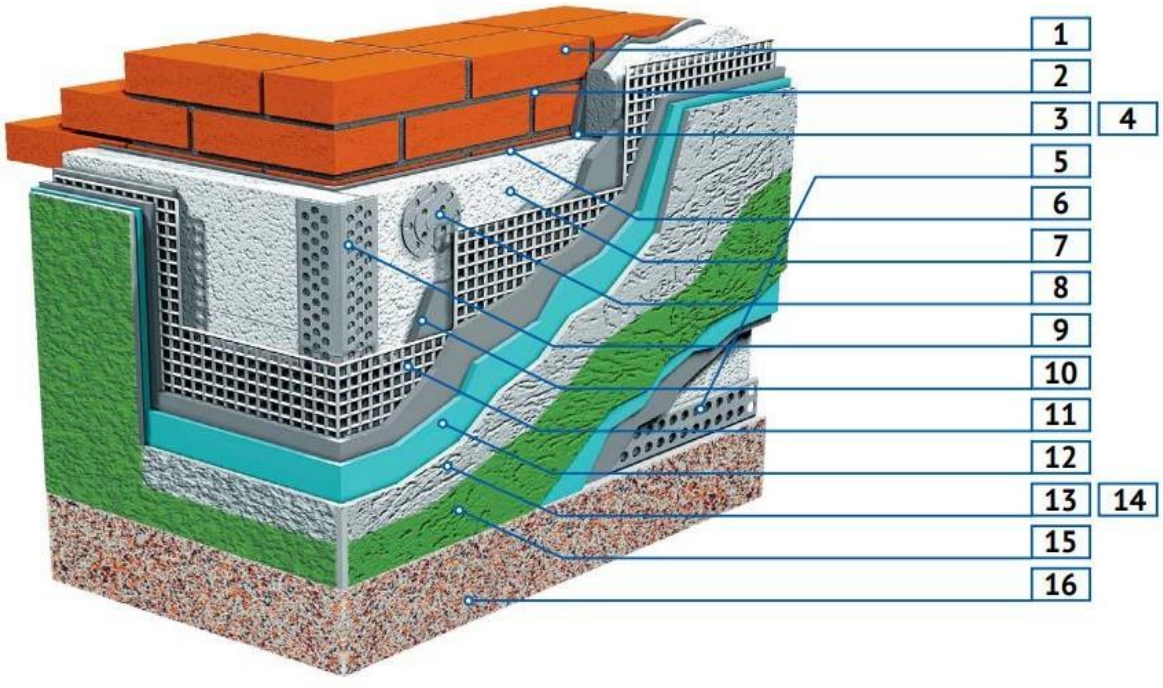


Рисунок 3.1 - Схема теплоізоляції ТМ BauGut з пінополістирольним утеплювачем

Система телоізоляції з пінополістирольними плитами:

1. Огороджувальна конструкція (блок, цегла тощо).
2. Мурувальна суміш (залежно від виду стінових матеріалів).
3. За потреби, шар для вирівнювання поверхні стіни, що підлягає утепленню (штукатурка цементна).
4. Ґрунтувальний шар (залежно від поверхні та стану огороджувальної конструкції), ґрунтовка плівкоутворювальна BauGut HTG, ґрунтовка зміцнювальна глибокопроникна BauGut TFG.
5. Цокольний профіль.
6. Клей для кріплення теплоізоляції BauGut KLT.
7. Плити теплоізоляційні пінополістирольні BauGut STIROPOR EPS-80.
8. Пластиковий дюбель BauGut Stiropor Dubel.
9. Кутовий профіль.
10. Суміш армувальна для теплоізоляції BauGut KLA.
11. Армувальна лугостійка скловолокниста сітка BauGut ARG.
12. Ґрунтувальна фарба BauGut GDF+ (за потреби).
13. Штукатурки мінеральні декоративні: «камінцева» BauGut KPT або
14. «короїд» BauGut RPT.
15. Фарби фасадні.

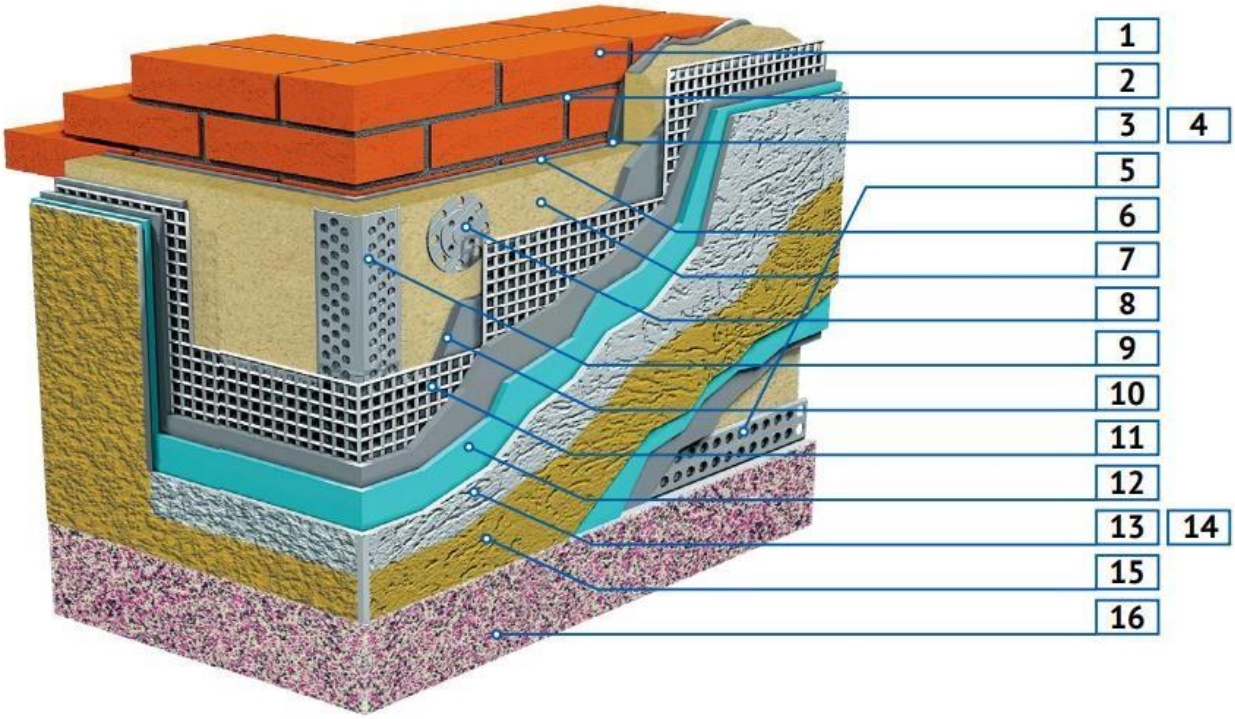


Рисунок 3.2 - Схема теплоізоляції ТМ BauGut з мінераловатним утеплювачем

Система телоізоляції з мінераловатними плитами:

1. Огороджувальна конструкція (блок, цегла тощо).
2. Мурувальна суміш (залежно від виду стінових матеріалів).
3. За потреби, шар для вирівнювання поверхні стіни, яка підлягає утепленню (штукатурка цементна).
4. Ґрунтувальний шар (залежно від поверхні та стану огороджувальної конструкції), ґрунтовка плівкоутворювальна BauGut HTG, ґрунтовка зміцнювальна глибокопроникна BauGut TFG.
5. Цокольний профіль.
6. Клей для кріплення теплоізоляції BauGut KLT.
7. Плити теплоізоляційні мінераловатні BauGut MWL 135.
8. Пластиковий дюбель BauGut Stiropor Dubel.
9. Кутовий профіль.
10. Суміш армувальна для теплоізоляції BauGut KLA.
11. Армувальна лугостійка скловолокниста сітка BauGut ARG.
12. Ґрунтувальна фарба BauGut GDF+ (за потреби).

13. Штукатурки мінеральні декоративні: «камінцева» BauGut KPT або

14. «короїд» BauGut RPT.

15. Фарби фасадні.

3.2 Вимоги до матеріалів і збірних елементів, підготовчі роботи

Матеріали ТМ BauGut відповідають чинним державним нормативам ДСТУ Б В.2.7-126:2011, ДСТУ Б В.2.7-233:2010, ДСТУ Б В 2.6-35:2008, ДСТУ Б В 2.6- 36:2008, ДСТУ Б В.2.7-167:2006, ДСТУ EN 13163:2019, ДСТУ EN 13162:2019. Найменування і призначення матеріалів для влаштування системи утеплення подані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Найменування та призначення матеріалів

№	Найменування елемента системи	Матеріал шару	Призначення суміші
1	Ґрунтувальний шар	Ґрунтовка глибокого проникнення BauGut HTG, Ґрунтовка зміцнювальна BauGut TFG	Обробка штукатурок, бетону, гіпсокартону, ДСП перед їх фарбуванням, шпаклюванням чи наклеюванням шпалер для покращення адгезії, зменшення водопоглинання основи, зменшення витрат оздоблювальних матеріалів. Особливо ефективна для закріплення слабких основ. Для внутрішніх та зовнішніх робіт
2	Вирівнювальний шар	Цементна штукатурка BauGut ZPT	Вирівнювання поверхонь із цегли, бетону, старої штукатурки
3	Клейовий розчин	Клей для кріплення теплоізоляції BauGut KLT	Закріплення пінополістирольних і мінераловатних плит на цегляних, бетонних, поштукатурених поверхнях при влаштуванні системи утеплення
4	Клейовий розчин, захисний армований	Суміш армуюча для теплоізоляціїBauGut KLA	Закріплення армувальної сітки та виконання гідрозахисного армованого шару при влаштуванні систем утеплення будівель із плит з пінополістиролу та мінеральної вати

	шар		
5	Адгезійний шар	Грунтувальна фарба BauGut GDF+	Підготовка основ із бетону, цементних та цементно-вапняних штукатурок перед нанесенням акрилових та мінеральних декоративних штукатурок
6	Зовнішній декоративн ийшар	Штукатурка мінеральна декоративна «камінцева» BauGut KPT	Отримання шару штукатурки з декоративною фактурою типу «шуба» з розміром зерна 2 та 1,5 мм на бетонних, цементних та цементно-вапняних основах, захисних армованих шарах у системах утеплення
7	Зовнішній декоративн ийшар	Штукатурка мінеральна декоративна «короїд» BauGut RPT	Отримання шару штукатурки з декоративною фактурою типу «Короїд» з розміром зерна, відповідно, 2 та 3 мм на бетонних, цементних та цементно-вапняних основах, захисних армованих шарах у системах утеплення

Підготовка до виконання робіт з улаштування фасадної теплоізоляції повинна здійснюватися відповідно до проєкту організації будівництва (ПОБ) та проєкту виконання робіт (ПВР), розроблених згідно з вимогами ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництвата положеннями технологічної карти.

Перед початком монтажу фасадної теплоізоляції необхідно:

- Для нового будівництва — виконати, а для реконструкції чи капітального ремонту — перевірити:
    - Герметизацію швів між стіновими блоками (панелями) та місць примикання віконних, дверних, балконних і ворітних блоків до стінових конструкцій.
    - Влаштування вимощень і гідроізоляції терас, лоджій, балконів.
    - Огородження виступаючих конструктивних елементів фасаду.

- Закладення отворів для інженерних мереж і комунікацій.
- Засклення вітражів, вікон, балконних дверей та інших елементів, які мають бути обрамлені світлопрозорими конструкціями згідно з проєктом.

Послідовність виконання робіт з улаштування фасадної теплоізоляції ТМ BauGut з опорядженням штукатуркою:

- Вхідний контроль і випробування матеріалів.
- Встановлення риштувань та підіймально-транспортного обладнання.
- Огляд (за потреби — детальне обстеження) технічного стану огороджувальних конструкцій фасаду.
- Підготовка поверхні стін і цоколя: очищення, ґрунтування, вирівнювання (за необхідності), монтаж цокольних профілів по периметру.
- Розкладення механічних елементів кріплення.
- Приготування клейової суміші.
- Визначення та улаштування деформаційних швів згідно з проєктом.
- Нанесення клейової суміші на утеплювач, монтаж плит теплоізоляції на стіну за допомогою клею та/або механічних кріплень (дюбелів, анкерів тощо).
- Приготування та нанесення захисного шару з втопленням армуючої сітки з лугостійкого скловолокна.
- Закріплення профільних елементів на торцях балконних, дверних і ворітних прорізів, ущільнення місць примикання.
- Нанесення захисного шару та герметизація стиків утеплювача з віконними, дверними, ворітними блоками, парапетом, цоколем та іншими виступаючими елементами фасаду.
- Нанесення адгезійного ґрунтувального шару.
- Приготування та нанесення декоративно-захисної штукатурки.
- Фарбування фасаду (за потреби).
- Встановлення відливів на вікна, закріплення водостічних труб тощо.

Кожен наступний шар конструкції фасадної теплоізоляції монтується лише після перевірки якості попереднього шару та оформлення акта на

приховані роботи.

Під час огляду технічного стану фасаду необхідно виявити:

- Пошкодження поверхні стін, цоколя, парапету, місць примикання віконних, дверних, ворітних блоків.
- Пошкодження конструкцій покрівлі, що прилягають до стіни.
- Нерівності, плями хімічних речовин, інші забруднення на поверхні стін, цоколя, парапету з розмірами понад 10 мм.

Ця адаптована послідовність відповідає сучасним вимогам до організації та контролю робіт з улаштування фасадної теплоізоляції згідно з типовими технологічними картами та нормативними документами.

Після проведення огляду або детального обстеження складається відповідний акт, у якому визначаються обсяги робіт із підготовки поверхонь стін до монтажу теплоізоляції та способи фіксації теплоізоляційних плит до стіни.

Встановлення риштувань і підіймально-транспортного обладнання перевіряється на відповідність паспортним даним і технічній документації. Після монтажу риштування його обов’язково захищають сіткою або плівкою з негорючих матеріалів.

Монтаж збірних систем із використанням клею для кріплення теплоізоляції дозволяється виконувати лише за температури навколишнього середовища вище +5 °C.

Підготовка поверхні стін і цоколя здійснюється з урахуванням їх фактичного стану відповідно до вимог чинних стандартів (ДСТУ-Н Б А.3.1-23, ДСТУ-Н Б В.2.6-212:2016). Поверхня повинна бути очищена від забруднень (мастила, бруд, висоли, кіптява тощо) вручну або механічними засобами на глибину проникнення забруднення.

Види робіт із підготовки поверхні:

- Неміцні ділянки видаляють: великі площі — дробоструминним методом або промиванням водою під тиском; невеликі — ручним інструментом (зубило, щітка, кирка).

- Напливи бетону та розчинів усувають ударним інструментом (перфоратор, відбійний молоток).
- Поверхні з цементним «молочком» зачищають ручним або механічним інструментом.
- Гладкі бетонні поверхні для покращення адгезії обробляють ґрунтовкою BauGut Betonkontakt (експозиція не менше 12 годин) або зачищають металевою щіткою та очищають від пилу.
- Існуючу штукатурку перевіряють простукуванням дерев'яним молотком; у разі виявлення порожнин штукатурку видаляють.
- Поверхні з лакофарбовими покриттями перевіряють на міцність зчеплення; при низькій адгезії та паропроникності покриття видаляють піскоструминним, дробоструминним методом або ручним інструментом.
- Ділянки основи, які не підлягають видаленню, для зміцнення старих або слабких мінеральних основ і просочення сильно поглинаючих поверхонь обробляють ґрунтовкою BauGut TFG з витримкою не менше 24 годин[2].

Якісна підготовка поверхні забезпечує необхідну міцність, шорсткість та чистоту основи, що є запорукою довговічності та ефективності теплоізоляційної системи.

Таблиця 3.2 – Методи та засоби очищення поверхні

Вид підготовки	Спосіб підготовки та використовувані матеріали
1. Очищення від пухких продуктів корозії	Обробка поверхні піскоструминним або дробоструминним методом. Як абразивний матеріал рекомендується застосовувати пісок або дріб розміром 0,75 мм-1,2 мм. При невеликих обсягах робіт поверхню слід очищати від пухких, неміцних шарів ручним будівельним інструментом

2. Знежирення	Обробка водяними лужними розчинами, що містять поверхнево-активні речовини (далі — ПАР). Як солі слід використовувати карбонат натрію — Na_2C0_3, тринатрій-фосфат — Na_3P0_4, пірофосфат натрію — $Na_4P_20_7$, триполіфосфат натрію — Na_3P0_4-2NaP03. Як ПАР рекомендується використовувати неіоногенні ПАР (ОП-7, ОП-10), щоявляють собою продукти оксиетилювання моно- і діалкілфенолів. Розчини солей мають бути від 4% до 5% концентрації. При приготуванні рекомендується додавати до них не більше як 1% ПАР. Обробка органічними розчинниками. Для знежирення рекомендується застосовувати такі розчинники, як трихлоретилен CHCI = CCI_2, перхлоретилен - CHCI = CCI_2, уайт-спірит. У разі обробки мокрих і вологих поверхонь до хлорованих вуглеводнів рекомендується додавати аміак, триетаноламін або уротропін. Обробка емульсійними сумішами, до складу яких входять органічнірозчинники, вода і ПАР.
3. Очищення від висолів	Обробка розчином соляної кислоти концентрацією до 6% з наступною обробкою 4% розчином гідрооксиду натрію NaOH
4. Очищення від плям бітуму	Обробка скребками (при невеликих обсягах робіт). Промивання розчинником (уайт-спіритом, нефрасами)
5. Очищення від кіптяви	Промивання 3% розчином соляної кислоти з наступним промиванням 4% розчином гідрооксиду натрію NaOH
6. Очищення від водних і неводнихплям	Обробка скребками (при невеликих обсягах робіт). Обробка піскоструминним апаратом (при великих обсягах робіт). Обробка органічними та неорганічними рідинами для змивання з наступним очищенням механічним способом. З лужних сумішей рекомендується використовувати розчинені у воді гідрооксиди лужних металів. Для видалення епоксидних і поліуретанових покриттів рекомендується використовувати суміші на основі неорганічних кислот із наступним промиванням 4% розчином гідрооксиду натрію — NaOH. Для виведення алкідних фарб рекомендується використовувати змивки на основі органічних розчинників

7. Очищення від бруду	Обдування стисненим повітрям. Піскоструминна обробка. Промивання розчином карбонату натрію (кальцинована сода) – Na2CO3. Промивання водою з додаванням ПАР
8. Виведення з поверхні слідів очищувальних сумішей	Механічне очищення. Промивання водою. Обдування стисненимповітрям
9. Сушіння поверхні (виконується за потреби: при значному зволоженні, а також після очищення з наступним промиванням великим об'ємом води)	Природне сушіння за температури 20 °С ±5 °С.Обдування теплим повітрям із калориферів

Підготовка та ремонт поверхні

- Малі дефекти (нерівності, дрібні тріщини до 4 мм, раковини глибиною менше 5 мм): очистити поверхню від пилу та забруднень за допомогою стисненого повітря.
- Глибокі раковини (понад 5 мм) та великі тріщини: розшити вручну відповідним інструментом для забезпечення якісного ремонту.
- Тріщини та пошкодження глибиною до 10 мм: обробити ґрунтовкою BauGut HTG, витримати не менше 12 годин, після чого відремонтувати розчином із сухої суміші BauGut ZPT. Витримати не менше 24 годин до подальших робіт.
- Тріщини, міжпанельні шви або пошкодження глибиною понад 10 мм: попередньо заповнити розчином BauGut ZPT, приготованим із додаванням армувальної композиції замість води. Для глибоких (до 100 мм) дефектів ремонт виконувати пошарово із застосуванням склотканинної сітки, витримуючи кожен шар не менше 24 годин.

- Сильно вбираючі поверхні: для створення контактного шару нанести ґрунтовку BauGut HTG пензлем або валиком, витримати не менше 12 годин.
- Вологість основи понад 4%: поверхню необхідно висушити (можна використовувати сушильне обладнання).

Вимоги до підготовленої поверхні:

- Поверхня повинна бути міцною, чистою, однорідною за водопоглинанням.
- Видалити неміцні ділянки, залишки фарби, олії, пилу та інші забруднення.

Терміни завершення ремонтних робіт:

- До нанесення цементної шпаклівки — не менше ніж за 2 доби до початку робіт.
- До приклеювання теплоізоляції, плитки чи нанесення декоративних матеріалів — не менше ніж за 7 діб після завершення ремонту.

Для ремонту міжпанельних швів і глибоких пошкоджень рекомендується використовувати BauGut ZPT із композицією BauGut ARM замість води для підвищення міцності ремонту.

Ця адаптація відповідає сучасним вимогам до підготовки та ремонту поверхонь перед подальшими оздоблювальними роботами з використанням матеріалів BauGut.

3.3 Технологія виконання монтажу системи теплоізоляції

Після підготовки поверхні стін і цоколя, а також облаштування деформаційних швів згідно з проєктом, монтаж плит утеплювача здійснюється відповідно до способу та строків, визначених проєктом організації будівництва та проєктом виконання робіт.

Монтаж фасадної теплоізоляції починають із встановлення цокольних профілів, які слугують основою для першого ряду теплоізоляційних плит на проєктній позначці. Ширина полиці профілю має відповідати товщині утеплювача, що визначається на основі теплотехнічного розрахунку та зазначається у проєкті виконання робіт.

Цокольний профіль монтується горизонтально по периметру будівлі за допомогою дюбелів, що забезпечує рівність теплоізоляційного шару. Між сусідніми профілями залишають зазор 2–3 мм для з'єднання спеціальними пластмасовими елементами. На кутах будівлі профіль формують шляхом двох надрізів під кутом 45° та подальшого згину. Профіль із крапельником на нижній полиці сприяє відведенню води та захищає фасад від атмосферних впливів.

Після встановлення цокольних профілів утеплювач монтують рядами знизу вгору, дотримуючись технологічних вимог щодо щільності прилягання плит та часу виконання робіт.

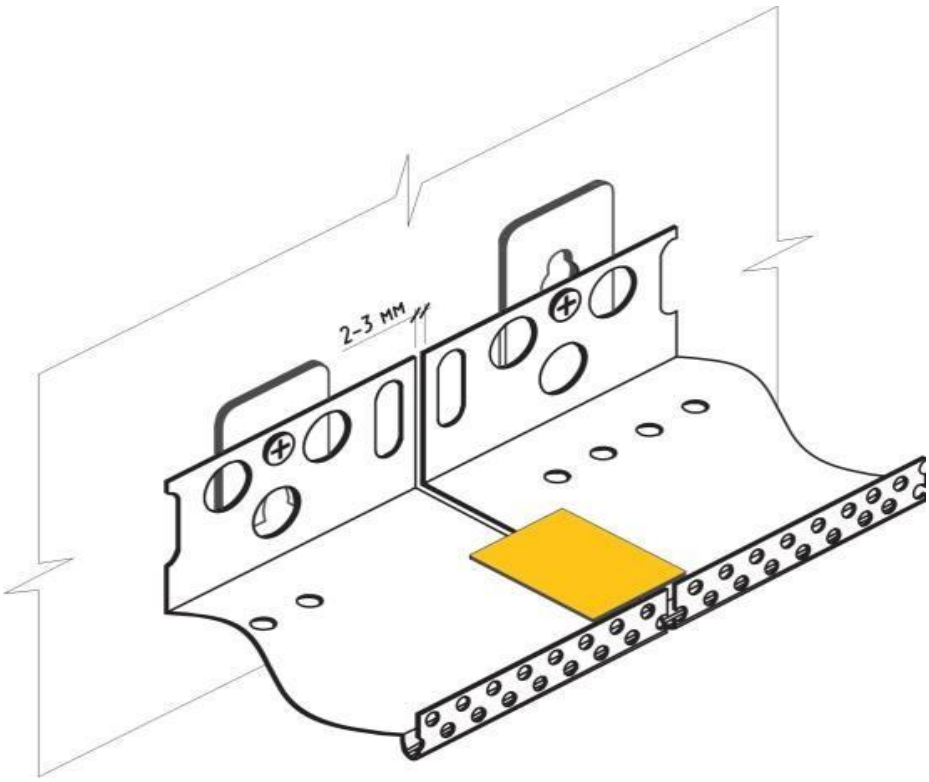


Рисунок 3.2 - Схема улаштування профілю

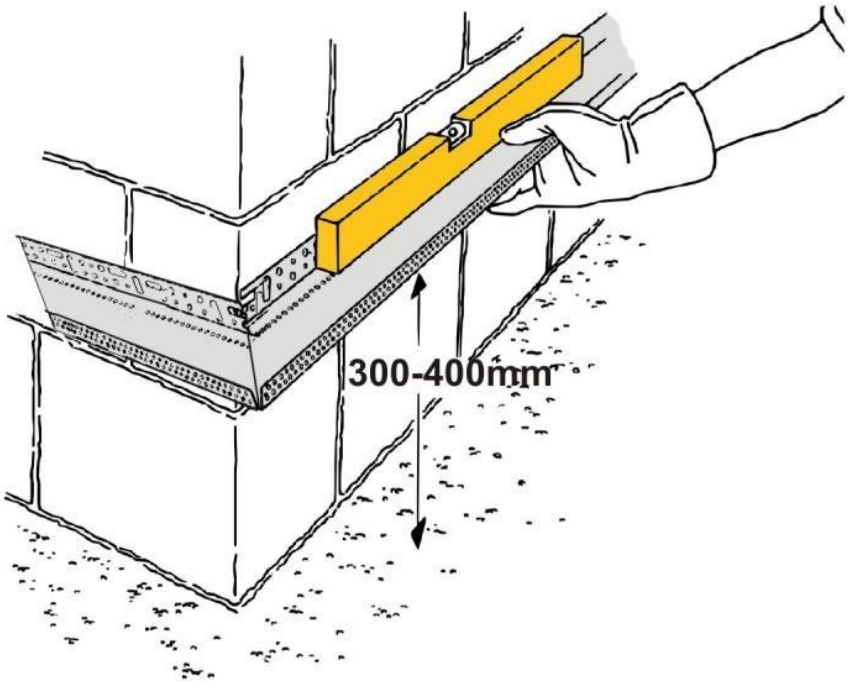


Рисунок 3.3 - Перевірка улаштованного профілю

Профілі закріплюють до цоколю будинку по периметру за допомогою дюбелів діаметром 6мм, які розміщуються на відстані 0,35 м один від одного з використанням шайб.

При теплоізоляції будівель із неопалювальними підвальними приміщеннямитеплоізоляція повинна заходити на цокольну частину стіни не менше ніж на 0,5 мвід нижньої частини плити перекриття.

Утеплення опалювальних підвальних приміщень виконується на глибину не менше ніж на 2 м від рівня відмостки з наступним улаштуванням гідроізоляційного шару по системі теплоізоляції та із з'єднанням з відсікаючою горизонтальною гідроізоляцією.

1.1 Приготування клейової розчинової суміші BauGut KLT.

- у чисту робочу ємкість налити воду з розрахунку 0,17-0,19 л на 1 кг сухоїсуміші (4,25-4,75 л на 1 мішок);

- поступово додати суху суміш і перемішати низькообертовим міксером доотримання пастоподібної маси без грудок;

- витримати розчинову суміш 5 хвилин і знову перемішати протягом 1 хвилини.

Термін придатності розчинової суміші становить 2,5-3 години (за нормальних умов – температура +20°С, відносна вологість повітря 60%). У випадку загуснення розчинову суміш слід перемішати низькообертовим міксером без додавання надлишкової води. Виконання робіт із нанесення клейової розчинової суміші на теплоізоляційні плити.

Перед наклеюванням на підготовлену поверхню стіни клей наносять безпосередньо на плиту утеплювача в спосіб, визначений конкретним проєктнимрішенням (Рисунок 3.4 а, б, в).

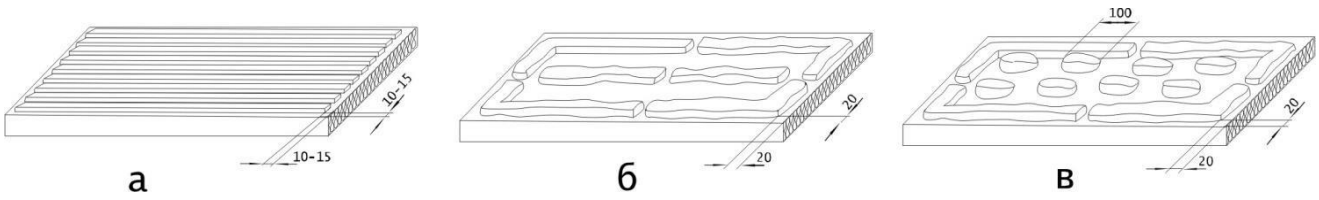


Рисунок 3.4 - Способи кріплення теплоізоляційних матеріалів

- У разі використання теплоізоляційних плит з екструдованого пінополістиролу перед кріпленням поверхню плити необхідно зачистити металевою щіткою для поліпшення адгезії.
- У випадку, коли нерівність оброблюваної поверхні сягає 3 мм, клейовий розчин наноситься на поверхню теплоізоляційних плит суцільним шаром зубчатим шпателем із розміром зубців 10х10 мм (а). На мінераловатні плити клей наносять тільки суцільним шаром; у випадку, коли нерівність оброблюваної поверхні сягає 20 мм, клейовий розчин наноситься на поверхню теплоізоляційних плит у вигляді маяків діаметром приблизно 10-15 мм, з розрахунку 6-8 маячків на плиту розміром 0,5×1 м^2 (в).
- Після нанесення клейової розчинної суміші теплоізоляційну плиту встановлюють у проєктне положення і притискають із таким зусиллям, щоб, як мінімум, на 40% від площі нанесення розчинова суміш розподілилася між основою стіни і теплоізоляційною плитою.
- Необхідна кількість клейової суміші розраховується так, щоб після притиснення плити до основи не менше як 60% її поверхні було покрито розчином.
- Приклеювати плити до стіни потрібно знизу вгору в шаховому порядку, не допускаючи збігу вертикальних швів, дотримуючись правил перев'язки.
- Після нанесення клею на плиту протягом не більше 20 хвилин потрібно установити її в проєктне положення і притиснути. Для забезпечення щільного прилягання плити до основи її спочатку потрібно прикласти до поверхні стіни на відстані 2-3 см від проєктного положення, а потім притиснути за допомогою дерев'яного напівтерка або рівня зі зміщенням у

проєктне положення, ударяючи ним доти, доки площина плити не зрівняється з рівнем сусідніх плит.

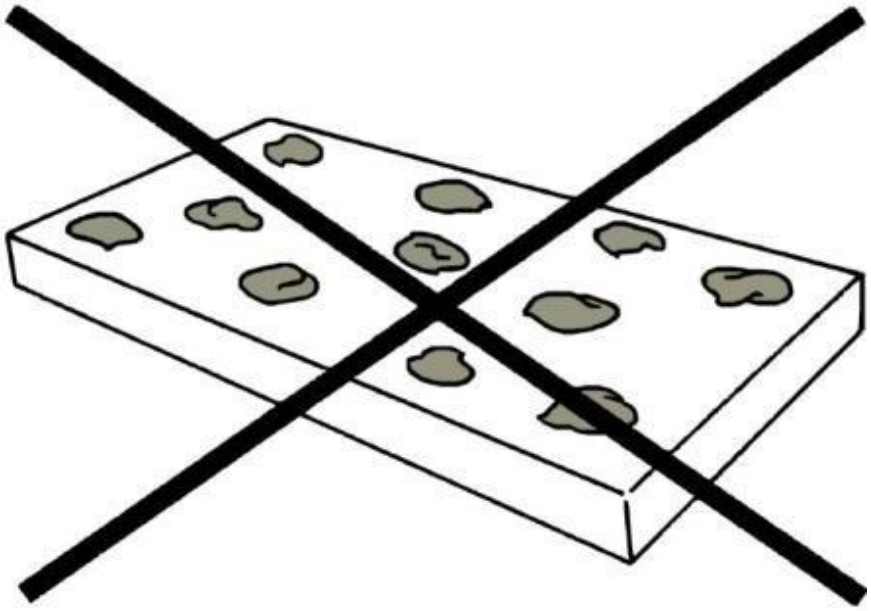


Рисунок 3.5 – Не рекомендованне кріплення теплоізоляційних матеріалів

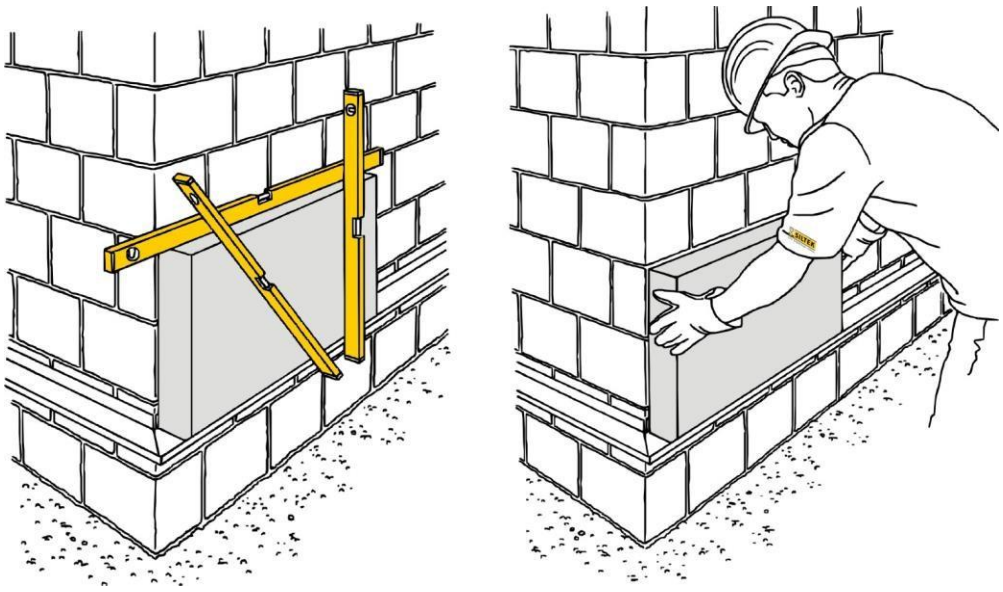


Рисунок 3.6 –Прилягання теплоізоляційних матеріалів

- Плити мають щільно прилягати одна до одної та створювати рівну поверхню. Ширина швів між плитами не повинна перевищувати 2 мм; шви розкриттям більше ніж 4 мм необхідно заповнити клиновими смужками, вирізаними з теплоізоляційної плити.
- При встановленні теплоізоляційного шару необхідно забезпечити щільне прилягання плит одна до одної та до опорної частини стіни. Загальна площа повітропроникних щілин не має перевищувати 5% площі поверхні фасаду.

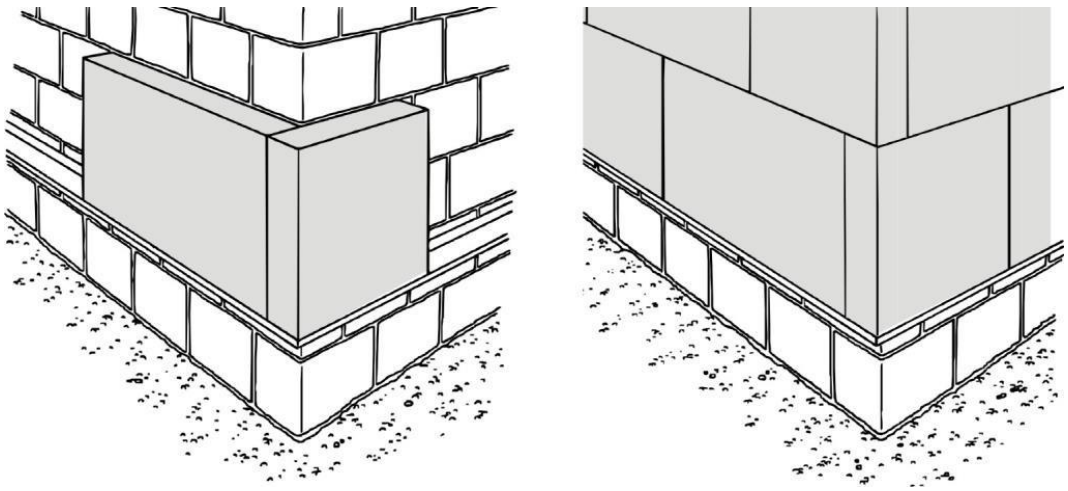


Рисунок 3.7 – Кути прилягання теплоізоляційних матеріалів

- Після приклеювання плиту не можна рухати, щоб не послабити її зчеплення з основою. Якщо плита добре не приклеїлася, її треба відірвати, видалити з неї та зі стіни клей, вкрити тильний бік плити свіжим клеєм і знову приклеїти до стіни.
- Залишки клейової суміші повинні бути видалені до їх затвердіння (шви між торцями та поверхнями плит повинні бути без клею); якщо залишати клейовий розчин між плитами утеплювача, він утворює «місток холоду», цим самим знижує ефективність всієї збірної системи.
- Після закінчення або зупинки робіт інструмент ретельно вимити.

У випадку наявності нерівностей між сусідніми плитами утеплювача після затвердіння клейової суміші (для мінеральної вати – 24 години, для пінополістиролу – 48 годин), їх потрібно видалити за допомогою терки з наждаковим папером. Поверхня плит із мінеральної вати не шліфується, тому їх потрібно встановлювати якомога точніше.

Для забезпечення більш надійного функціонування системи теплоізоляції рекомендується провести ще й механічне кріплення теплоізоляційних плит до основи фасадними дюбелями BauGut Stiropor Dubel, але не раніше ніж через 48 годин після приклеювання.

Номенклатура кріпильних елементів, схема їх встановлення приймаються на основі проєктної документації на збірну систему, при розрахунках якої враховано матеріал і структуру основи огороджувальної конструкції, вид теплоізоляційного матеріалу, вимоги пожежної безпеки, вплив розрахунковихнавантажень.

Послідовність виконання робіт щодо закріплення теплоізоляційних плит дозовнішньої поверхні стін така:

- розмітка отворів за визначеною схемою з наступним бурінням;
- отвори свердлять електродрилем або перфоратором;
- очищення отворів від пилу в процесі свердління;
- встановлення дюбелів за допомогою спеціальної насадки, притискаючи

кільце диска дюбеля до поверхні утеплювача;

- укручування кріпильного стрижня або забивання розпірного елемента до упору. При цьому дюбель не має виступати над поверхнею плити утеплювача більше ніж на 1 мм.

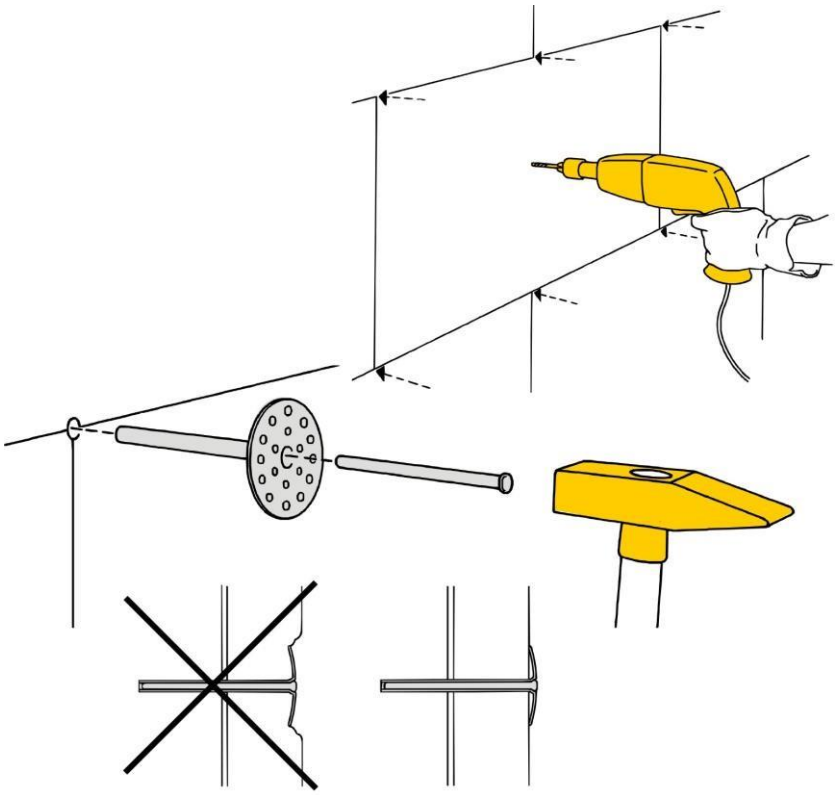


Рисунок 3.8 – Кріплення до поверхні теплоізоляційних матеріалів

Для бетонних і цегляних конструкцій застосовують ударно-обертовий, для конструкцій з порожнистих блоків – обертовий спосіб свердління. Мінімальна глибина отворів у опорних огороджувальних конструкціях повинна бути не менш ніж: у стінах із бетону і повнотілої цегли – 50 мм;

- у стінах із порожнистих блоків і газобетону – 90-110 мм, відповідно. Відхилення діаметру отвору від проєктного значення становить ±5%. Відхилення вертикальності отворів відносно поверхні зовнішньоїогороджувальної конструкції має бути +2%.

Після закріплення теплоізоляційного шару одним із передбачених проєктом способів для захисту його поверхні від механічних та атмосферних впливів наносять захисний шар із втопленою армованою сіткою з лугостійкого

скловолокна у два етапи.

Приготування розчинової суміші BauGut KLA:

- у чисту робочу ємкість налити воду з розрахунку 0,19-0,21 л на 1 кг сухоїсуміші (4,75-5,25 л на 1 мішок);

- поступово додати суху суміш і перемішати низькообертовим міксером доотримання пастоподібної маси без грудок;

- витримати розчинову суміш 5 хвилин і знову перемішати протягом 1 хвилини.

У місцях підвищеного напруження, а також на ділянках можливого механічного пошкодження потрібно виконати додаткове зміцнення армування. Для зміцнення кутів віконних і дверних прорізів застосовують додаткові смуги зармувальної сітки розміром 250х350 мм. Армувальні елементи слід вкладати на попередньо нанесену клейову розчинову суміш BauGut KLA діагонально відносно віконного чи дверного блока (під кутом 45°) так, щоб середина довшогобоку (350 мм) прилягала до зовнішнього кута прорізу і втоплювати за допомогою шпателя.

Ці операції потрібно виконувати, щоб запобігти виникненню тріщин, які поширюються від кута прорізу по поверхні фасаду.

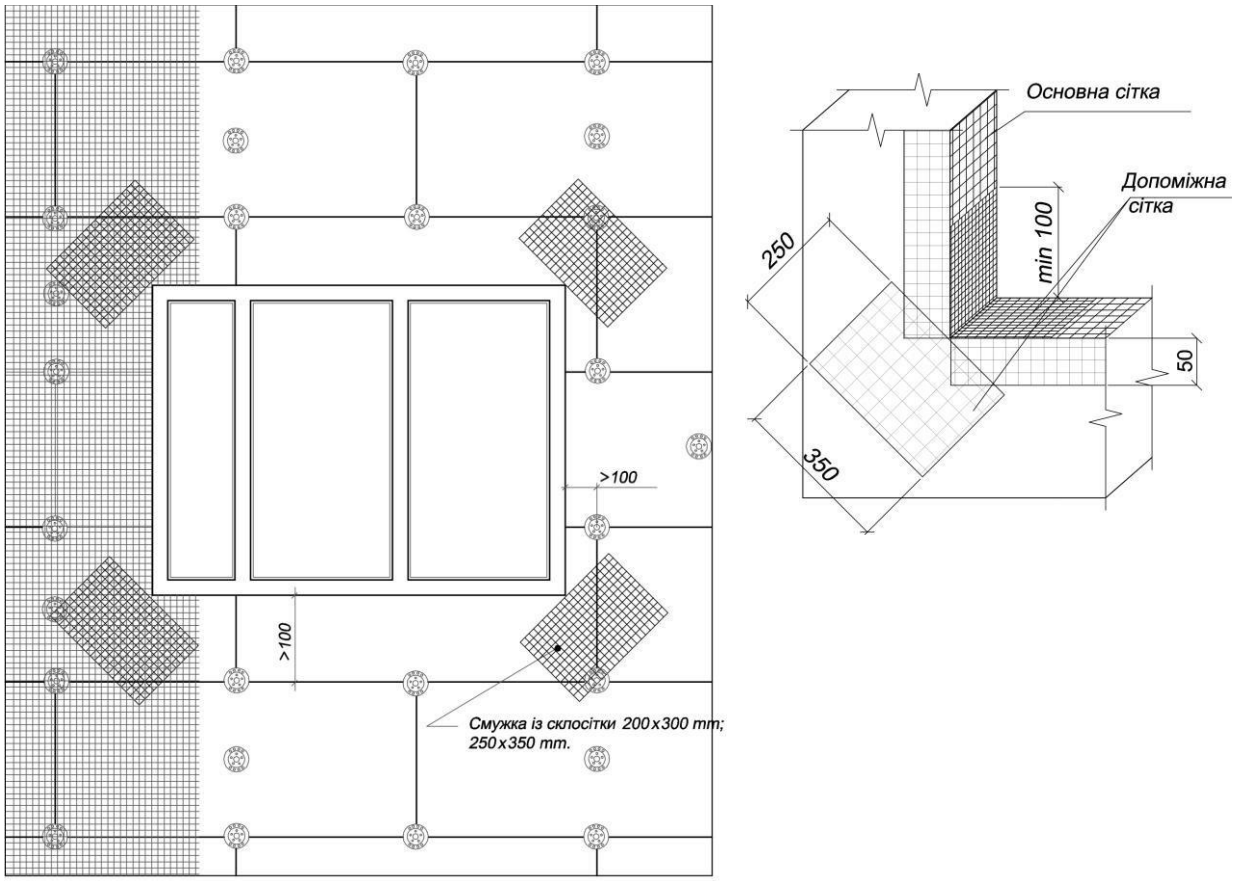


Рисунок 3.9 – Укріплення теплоізоляційних матеріалів

У місцях примикання різнорідних теплоізоляційних плит необхідно виконати місцевепосилення армування з перекриттям цього стику не менше ніж на 100 мм вобидва боки.

При використанні тонкошарових штукатурок загальна товщина захисного покриття має становити не менше ніж 3-4 мм, а при використанні фасадних фарб не менше ніж 5 мм.

Герметизацію місць примикання плитного теплоізоляційного матеріалу на основі мінеральної сировини до віконних, дверних та ворітних блоків виконуютьматеріалами на основі силіконового або акрилового в’яжучого.

Після висихання додатково зміцнених шарів можна приступати до виконання робіт з улаштування основного захисного шару:

- на поверхню утеплювача нанести розчинову суміш товщиною до 2 мм і шириною, що відповідає ширині склотканної сітки;

- армувальну склосітку втопити у захисне покриття зверху донизу

розрівнюючи її так, щоб не було складок із з'єднанням окремих полотен у напусток завширшки близько 100 мм по всій поверхні стіни до фундаменту; за допомогою шпателя нанести другий шар армувальної суміші товщиною приблизно 2 мм та вирівняти поверхню сталевою теркою так, щоб сітка стала непомітною;

- сліди від терки можна усунути за допомогою шліфувального паперу вже наступного дня, коли захисний шар ще не зовсім зміцнів;
- після закінчення робіт інструмент ретельно вимити;
- запобігати швидкому висиханню (уникати протягів, прямих сонячних променів, нагрівальних приладів), за необхідності – зволожувати.

Усі вертикальні ребра примикань на першому поверсі будівлі, а на решті поверхів лише біля прорізів вхідних і балконних дверей перед втоплюванням армувальної склосітки зміцнюють перфорованими кутиками розмірами 25мм×25мм×0,5мм. Профіль кутика вдавлюють у свіжонанесене клейове (захисне) покриття з наступним нанесенням шару цієї ж суміші. На верхній горизонтальний відкіс рекомендовано встановлювати спеціальний профіль із крапельником.

Після приклеювання кутових профілів кінцівки армувальної склосітки, що втоплені до кожної зі стін, які утворюють кут фасаду, накладають на профіль з утворенням складки завширшки не менше ніж 100 мм.

Кути віконних та дверних прорізів, а також кути будинку слід формувати спеціальною кутовою теркою.

Частини будівлі, які можуть зазнати механічних пошкоджень при експлуатації, а саме — стіни першого поверху до висоти 2-2,5 м, цоколі, а також в місцях примикання сходових маршів, терас і балконів, за необхідності можуть бути укріплені додатковим шаром сітки – подвійним армуванням, або армування виконують за допомогою панцирної сітки в один шар. На кутах будівлі сітка повинна бути вивернута на 15 см із кожного боку (якщо не застосовуються кутові профілі). При застосуванні панцирної сітки армування

проводиться в стик.

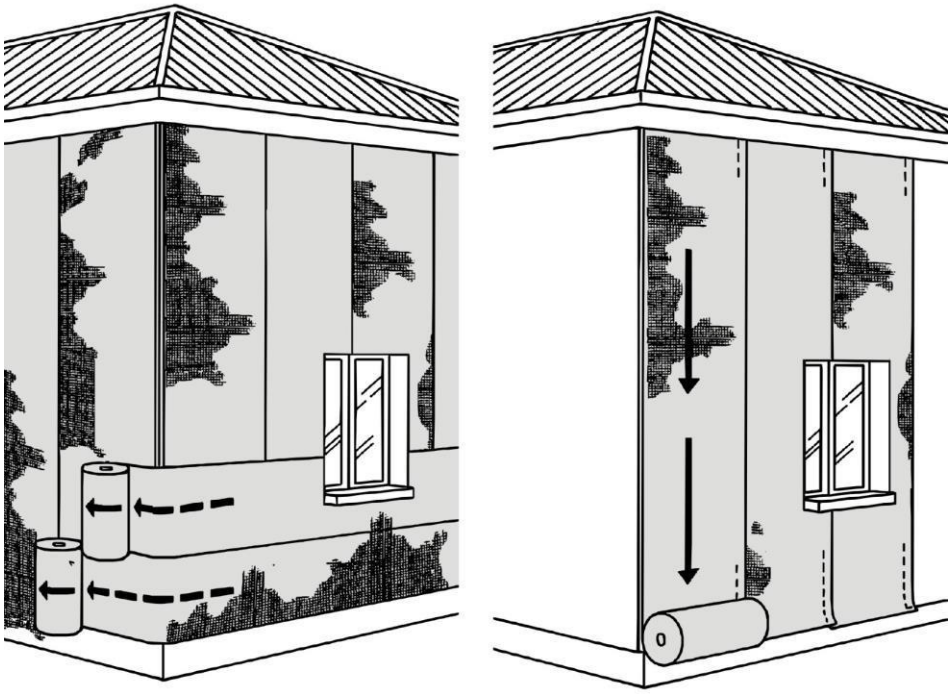


Рисунок 3.10 – Армування панцирною сіткою

До нижнього краю плит теплоізоляційного шару, закріплених на цоколі будівлі (без використання цокольного профілю), необхідно прикріпити кутовий перфорований профіль, втопити його у клейове (гідроізоляційне) покриття з наступним нанесенням шару цієї ж суміші.

Після закріплення плит теплоізоляційного шару та армувальної склосітки на поверхню фундаменту наносять гідроізоляційний шар завтовшки від 2,5 мм до 3,5 мм із застосуванням сухих будівельних сумішей групи ГІ 1 та від 1,5 мм до 2 мм — суміші групи ГІ 2 за класифікацією ДСТУ-Н Б В.2.6-212:2016 «Суміші будівельні сухі модифіковані».

За необхідності влаштування теплоізоляції огороджувальної конструкції нижче рівня ґрунту, включаючи стіни підвалів, необхідно виконати наступні роботи.

Для запобігання капілярного підйому вологи в цоколі будівлі повинна бути влаштована горизонтальна гідроізоляція.

Утеплення цоколю виконують приклеюванням теплоізоляційних плит

зверху вниз, починаючи від цокольного профілю. У якості утеплювача необхідно застосовувати екструдований пінополістирол, здатний зберігати теплозахисні властивості у вологому середовищі з водопоглинанням, близьким до нуля.

Бажано застосовувати плити утеплювача з рифленою поверхнею та профільованим краєм із ступінчастою кромкою для приклеювання утеплювача суцільним способом.

При утепленні стін підвалів плити утеплювача кріпляться до зовнішньої поверхні стіни поверх гідроізоляційного шару (також рекомендується використовувати бітумні гідроізоляційні матеріали).

Монтаж утеплювача починають не раніше ніж через 5-7 днів після закінчення гідроізоляційних робіт (час повного випаровування розчинників, що містяться в бітумній гідроізоляції). Для приклеювання теплоізоляційних плит також рекомендується використовувати клейові матеріали на бітумній основі безрозчинників.

Плити утеплювача повинні бути захищені від руйнівної дії навколишнього середовища захисним штукатурним шаром.

Засипну частину фундаменту, а також цоколь і стіну будівлі на висоту близько 2 м над рівнем ґрунту покривають додатковим захисним шаром розчинової суміші (BauGut KLA) завтовшки від 1 мм до 1,5 мм з армувальною склосіткою BauGut ARG.

Після п’яти діб із моменту нанесення додаткового захисного шару засипну частину фундаменту покривають гідроізоляційною сумішшю, після остаточного затвердіння якої котлован засипають та ущільнюють свіжим шаром ґрунту. Для збільшення терміну експлуатації нанесений шар гідроізоляції перед засипанням котловану необхідно захистити від механічного впливу більш міцними покриттями (полімерцементна штукатурка, плитка, фарби по бетону та ін.).

Цокольну частину будівлі рекомендовано покривати полімерцементною декоративною штукатуркою.

Запобігання контакту зовнішнього штукатурного шару з вологим ґрунтом прилеглий до цоколя ґрунт видаляють, а виїмку, що утворилася, засипають гравієм.

При водонасичених ґрунтах рекомендується влаштувати дренаж для відведення води з підвалу. Дренажні труби укладають нижче за рівень підлоги підвалу на подушку з гравію з ухилом 3-5% і засипають шаром гравію. З боку ґрунту утеплювач можна захистити дренажними плитами, після чого виїмку знову заповнюють ґрунтом, заздалегідь видаливши з нього великі камені.

Для запобігання засміченню або засипанню частинками ґрунту гравій захищають спеціальним фільтруючим геотекстильним матеріалом.

Улаштування деформаційних швів (за необхідності) виконують у такій технологічній послідовності:

- порожнину шва очищають від пилу, штукатурки, фарби тощо;
- на торці плит утеплювача, розташованих у бік деформаційного шва, наносять захисний армувальний шар (BauGut KLA), армований сіткою зі скловолокна BauGut ARG. Шар склосітки заводять на зовнішню поверхню плити не менше ніж на 50 мм;
- встановлюють поліетиленові пружні прокладки, обтиснення яких має бутине меншим 30 %;
- наносять шар силіконового герметика, товщина якого по осі шва становитьвід 2 мм до 4 мм, а в місці контакту з торцем плит утеплювача — від 6 мм до 8 мм. Також деформаційний шов можна закрити деформаційними пластинами.

Для влаштування деформаційних швів можна застосовувати поліетиленові, полівінілхлоридні або оцинковані профілі.

Заповнення швів герметизуючим матеріалом виконується через 7 діб після закінчення улаштування армувального захисного шару, при температурі навколишнього середовища від + 5°С до + 30°С.

Горизонтальні поверхні конструкції фасадної теплоізоляції на виступаючих частинах фасаду перед нанесенням декоративного покриття повинні бути гідроізольовані еластичною гідроізоляцією. Шар гідроізоляції повинен заходитина вертикальну поверхню стіни не менше ніж на 150 мм.

Улаштування декоративно-захисного шару.

Для запобігання просвічуванню штукатурки і захисного шару в тонких місцях, які утворюються при формуванні фактури, перед нанесенням декоративної штукатурки рекомендується обробити поверхню ґрунтувальною фарбою BauGut GDF+ не раніше ніж за 4-6 годин до нанесення декоративного шару.

Ґрунтувальна фарба BauGut GDF+ поліпшує адгезію покриття до основи, зміцнює верхній шар основи та знижує водопоглинання.

Перед використанням ґрунт-фарбу необхідно ретельно перемішати. Нанесення на поверхню виконувати за допомогою щітки або валика рівномірно за один прохід.

До ґрунтування слід приступати після трьох діб із моменту нанесення другого шару захисної армувальної суміші.

Приготування розчинової суміші декоративної фасадної штукатурки BauGutRPT – «короїд» (зерно 2 мм); BauGut KPT «камінцева» (зерно 1,5 або 2,5 мм):

- у чисту робочу ємність налити воду з розрахунку 0,20-0,22 л на 1 кг сухоїсуміші (5,0-5,5 л на 1 мішок);
- поступово додати суху суміш і перемішати низькообертовим міксером доотримання пастоподібної маси без грудок;
- витримати розчинову суміш 5 хвилин і знову перемішати протягом 1 хвилини.

Виконання робіт із нанесення декоративної фасадної штукатурки:

- розчинову суміш нанести металевим шпателем на поверхню шаром 3-6 мм;
- сформувати шар штукатурки до необхідної товщини (залежно від максимального розміру зерна), тримаючи металевий шпатель під кутом 40- 50° до поверхні;
- залежно від температури навколишнього середовища та водопоглинання поверхні протягом 5-15 хвилин після нанесення розчинової суміші надати декоративному шару відповідної фактури за допомогою пластикової або металевої тертки;
- залежно від інтенсивності та напрямку руху терки можна отримати різноманітні фактури: горизонтальні, вертикальні, колові, перехресні та багато інших;
- під час формування фактур інструмент потрібно тримати паралельно оброблюваній поверхні;
- після закінчення або зупинки робіт інструмент ретельно вимити;
- запобігати швидкому висиханню сформованої поверхні декоративного захисного шару (уникати протягів, прямих сонячних променів, нагрівальних приладів), за необхідності — зволожувати.

У разі технологічної або вимушеної перерви потрібно приклеїти до основи паперову самоклейку стрічку, яку наклеюють уздовж накресленої на поверхні опорядження лінії з легким находженням декоративної штукатурки на стрічку. Після затирання штукатурки з отриманням бажаної фактури потрібно відразу зняти приклеєну раніше стрічку. На край штукатурки, що вже затужавіла, знову наклеюється захисна паперова стрічка до поновлення подальшої роботи з опорядження.

По закінченні технологічної перерви штукатурка наноситься на наступну ділянку. Після формування фактури штукатурки захисна стрічка відразу ж знімається. Так, ділянки нанесеної штукатурки щільно з’єднуються, утворюючи

однорідну рівну поверхню.

За необхідності, полімерцементним штукатурно-декоративним покриттям можна надати потрібного кольору за допомогою фарбування спеціальними фасадними фарбами. Для цього необхідно використовувати фарби (силіконові, силікатні, акрилові групи) стійкі до стирання, з високою паропроникністю, атмосферостійкістю, лугостійкістю, вологостійкістю. Колір фарби повинен відповідати паспорту фасаду затвердженому у відповідному органі містобудування та архітектури**.**

Фарбування можна виконувати:

- фарбою на водній основі – не раніше ніж через 3 доби після нанесення декоративного-захисного шару;
- фарбою на органічній основі – не раніше ніж через 7 діб.

Фарбу перед використанням слід ретельно перемішати.

Роботи на одній поверхні варто виконувати безупинно, дотримуючись правила нанесення «мокре на мокре».

У разі необхідності змінити консистенцію фарби можна, додавши невелику кількість чистої води (не більше 10% для першого шару), і знову перемішати. При нанесені другого шару фарбу розбавляти не рекомендується.

Фарбу необхідно наносити щіткою, малярським пензлем, валиком або фарборозпилювачем у два шари. У випадку перерви в роботі приклеїти липку стрічку уздовж лінії, де планується завершення роботи. Нанести фарбу з находженням на стрічку. Після чого стрічку видалити разом із залишками свіжої фарби.

Отверділа фарба видаляється тільки механічним шляхом або за допомогою органічних розчинників.

Під час висихання фарбу не можна зволожувати. Тривалість її висихання залежить від температури та вологості навколишнього середовища й становить приблизно 3 години.

Під час роботи не можна застосовувати інструменти і ємності, що іржавіють. Для збереження рівномірності кольору під час роботи на однорідних та великихповерхнях бажано використовувати матеріали з однієї партії, вказаної наупаковці, а також воду з одного джерела.

Свіжонанесену фарбу необхідно оберігати від дощу, перегріву, потрапляння прямих сонячних променів та від'ємних температур. Роботи необхідно виконувати при температурі повітря від +5° до +30°С. Найбільш ефективний результат досягається при температурі +20°С та відносній вологості 60%. Вінших умовах робочі параметри фарб можуть змінитися.

В якості опоряджувального шару в конструкціях фасадної теплоізоляції також передбачене облицювання дрібноштучними виробами.

Виконувати облицювання за даною схемою рекомендується не вище трьох поверхів із використанням додаткових дюбелів (4-8 шт/м^2) та заходів (кріплення металевої сітки).

Додаткові рекомендації

- Не слід укладати штукатурку на поверхні, що обігріваються, на які потрапляє пряме сонячне проміння, а також виконувати опорядження під час дощу;

- на одній поверхні бажано застосовувати матеріали декоративно-оздоблювального шару однієї партії, вказаної на кожній упаковці;

- протягом 2-3 діб декоративні штукатурні покриття оберігають від дощу, надмірного висихання і впливу від'ємних температур;

- інструмент і посуд очищують відразу після закінчення робіт;

- рештки розчинової суміші змивають водою, затверділий розчин видаляютьмеханічним способом;

- паперові мішки та залишки розчину утилізувати згідно з вимогами ЗУ

«Про відходи», ДСТУ 4462.3.01:2006 «Охорона природи. Поводження з відходами. Порядок здійснення операцій».

4. Енергоефективні будівельні системи та конструкції

4.1 Навісні вентильовані фасади

Навісний вентильований фасад — це конструкція, яку монтують на зовнішню стіну будівлі та яка складається з теплоізоляційного шару, несучої підконструкції для кріплення облицювання та самого облицювального матеріалу. Між утеплювачем і облицюванням обов'язково залишають повітряний зазор, що забезпечує вентиляцію.

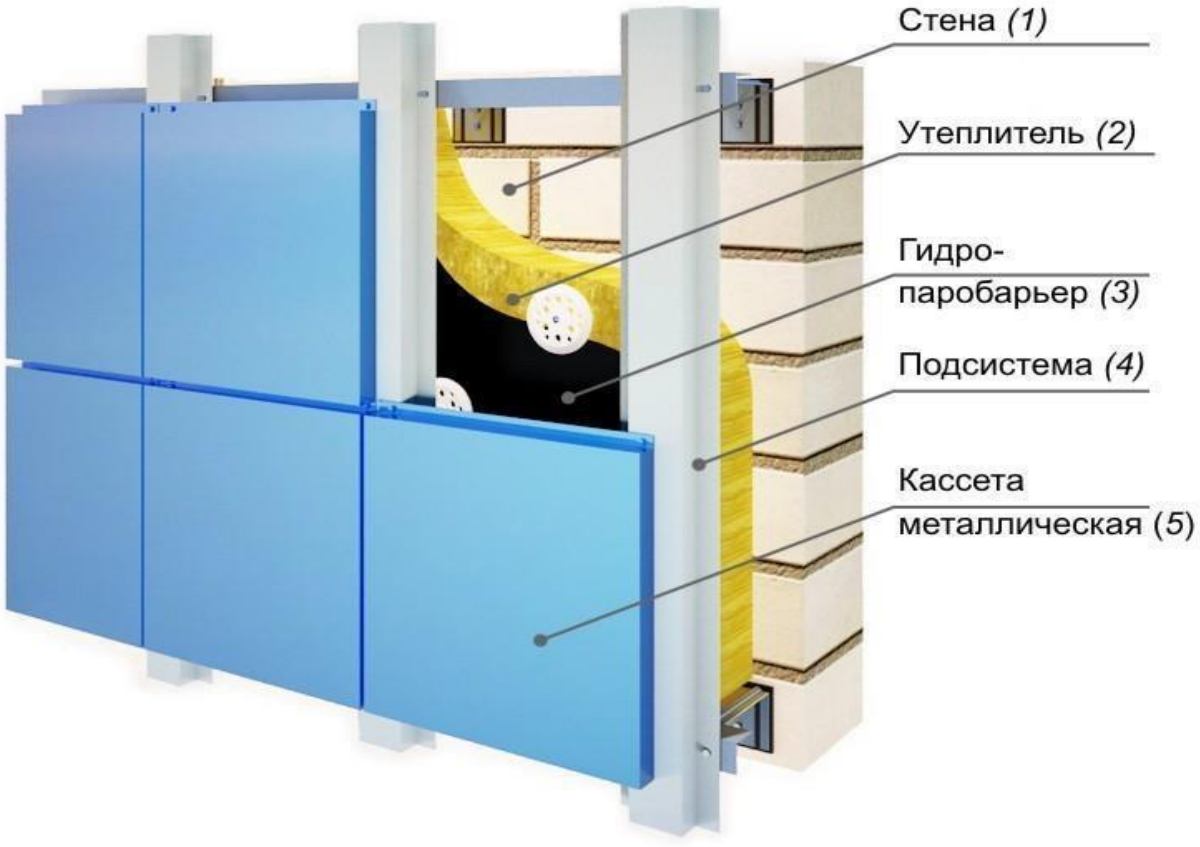


Рисунок 4.1 – Навісний вентильований фасад

\

Ключові переваги вентильованих фасадів:

- Захист стін від атмосферних впливів. Фасад ефективно захищає стіни від дощу, снігу та вітру, запобігаючи проникненню вологи в конструкцію.
- Використання сучасних облицювальних матеріалів. Для облицювання застосовують довговічні та естетичні матеріали: керамограніт, натуральний камінь, композитні панелі, цементно-волокнисті плити, тоноване скло. Керамограніт і камінь забезпечують термін служби фасаду до 50 років без ремонту.
- Ефективне утеплення. Завдяки зовнішньому розміщенню теплоізоляції втрати тепла через стіни зменшуються у 2–3 рази, що дозволяє суттєво скоротити витрати на опалення та створює комфортний мікроклімат у приміщенні.
- Збереження корисної площі. Оскільки утеплювач розташований зовні, внутрішній простір будівлі не зменшується.
- Відсутність необхідності у пароізоляції. Точка роси зміщується в шар утеплювача, а повітряний зазор сприяє виведенню вологи, що запобігає утворенню конденсату, цвілі та грибка.
- Можливість вирівнювання стін. Навісна система дозволяє приховати нерівності стін, що складно реалізувати при традиційному оштукатурюванні.
- Монтаж у будь-яку пору року. Відсутність «мокрих» процесів дає змогу монтувати фасад навіть при мінусових температурах.
- Легкість ремонту та експлуатації. Облицювальні панелі можна знімати та встановлювати повторно, а сам фасад не потребує регулярного оновлення, як штукатурний.
- Комбінування з іншими фасадними системами. Можливе поєднання вентильованого та оштукатуреного фасаду на одній будівлі для підвищення архітектурної виразності.

Конструктивні особливості:

- Основу фасаду складають кронштейни, напрямні (вертикальні чи горизонтальні) та комплектуючі для кріплення облицювання. Кронштейни проходять крізь утеплювач, їх довжина визначає ширину повітряного зазору. Виготовляють їх з алюмінію, оцинкованої або нержавіючої сталі, причому нержавіюча сталь має кращі теплоізоляційні та експлуатаційні властивості.
- Єдиним «містком холоду» у системі є металевий кронштейн, але його теплопровідність зменшують за рахунок утеплювача та морозостійких прокладок. Додатково використовують перфоровані кронштейни для зниження теплопередачі.
- Товщина теплоізоляції визначається теплотехнічним розрахунком з урахуванням матеріалу стіни, призначення будівлі та клімату. Зазвичай утеплення виконують одним шаром плит, які кріплять спеціальними дюбелями, вибір яких залежить від типу стіни.
- До теплоізоляції висувають вимоги: висока паропроникність, низьке водопоглинання, достатня міцність на відрив шарів. Для захисту волокнистих утеплювачів від вітру застосовують паропроникні мембрани.

Суть технології Вентильований фасад — це сучасне рішення для енергозбереження, захисту та естетичного оформлення будівель. Його багатошарова конструкція забезпечує ефективне утеплення, надійний захист від вологи та довговічність експлуатації, а також дозволяє реалізувати різноманітні архітектурні ідеї.

4.2 Штукатурні фасадні системи

Штукатурний фасад — це багатошарова система, основними елементами якої є теплоізоляційний матеріал (зазвичай мінераловатні плити), клейова суміш, пластикові тарілчасті дюбелі, армуюча склосітка та тонкошарова декоративна штукатурка. Головну функцію в цій системі виконує саме теплоізоляція.

Монтаж штукатурного фасаду здійснюється так:

- На підготовлену, вирівняну поверхню несучої стіни наноситься шар спеціального клею.
- До стіни кріпиться теплоізоляційний матеріал (найчастіше мінераловатні плити) за допомогою пластикових дюбелів.
- Поверх утеплювача наноситься армуючий шар із склосіткою, яку утаплюють у клейовий розчин.
- Після висихання армуючого шару поверхню ґрунтують.
- Завершальним етапом є нанесення тонкошарової декоративної штукатурки, а за потреби — фасадної фарби.

Основні переваги такої системи:

- Невелика вага конструкції, що полегшує транспортування та монтаж.
- Ефективне утеплення, що знижує тепловтрати будівлі.
- Сумісність із різними типами стінових матеріалів (цегла, бетон, газоблок тощо).

Додатково, у місцях віконних і дверних прорізів встановлюють підсилюючі елементи з армуючої сітки для підвищення міцності системи.

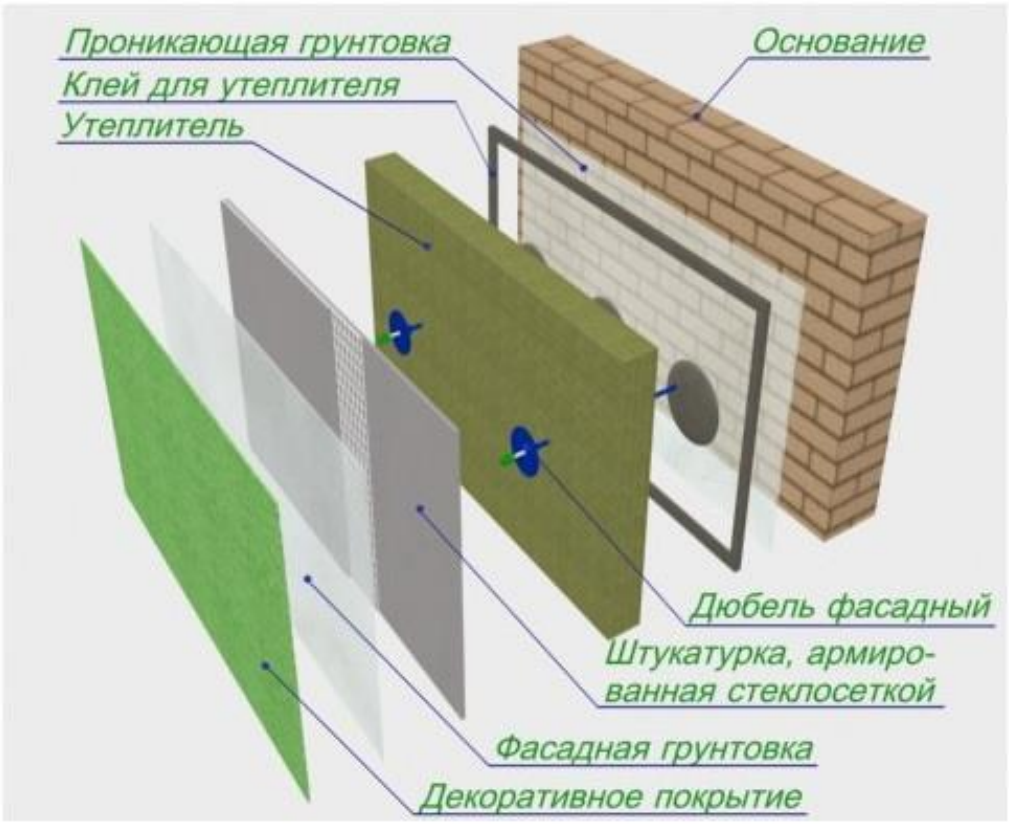


Рисунок 4.2 – Склад шарів штукатурного фасаду

Якщо фасадна система монтується на клей і пластикові дюбелі до несучої чи самонесучої стіни, а основним шаром є теплоізоляція, конструкція повинна бути легкою, щоб не перевищувати допустиме навантаження на стіну та фундамент. Невелика вага системи дозволяє уникнути додаткового навантаження на фундамент, що особливо важливо при реконструкції будівель або реставрації історичних об’єктів, де навіть незначне збільшення маси може призвести до пошкоджень.

Використання мінеральної вати як теплоізоляції забезпечує високий рівень енергоефективності завдяки її низькій теплопровідності (менше 0,038 Вт/м·К). Щільне прилягання плит до стіни та між собою мінімізує утворення містків холоду, що зменшує тепловтрати через огороджувальні конструкції. Клей, армуюча сітка, шпаклівка та пластикові дюбелі також мають низьку теплопровідність, тому не погіршують теплоізоляційні властивості системи.

Мінеральна вата є негорючим матеріалом із температурою початку спікання волокон понад 1000 °C, що забезпечує високий рівень пожежної безпеки. Вона хімічно інертна, не вступає у реакцію з іншими будівельними матеріалами, що запобігає появі плям і руйнуванню армуючої сітки. Матеріал також характеризується стійкістю до деформації, високою міцністю на відрив і стиск, що підтверджується лабораторними випробуваннями.

При правильному монтажі фасадної системи «точка роси» зміщується в шар теплоізоляції, що запобігає промерзанню стін і появі конденсату всередині приміщення. Висока паропроникність матеріалу дозволяє стінам «дихати», а фасадна система залишається сухою, якщо дотримані вимоги щодо водопоглинання та захисту від вологи під час монтажу.

Системи на основі мінеральної вати легко ремонтуються: теплоізоляційний шар розташований зовні, тому його можна швидко демонтувати та замінити. Вартість матеріалів і робіт при використанні штукатурних фасадів значно нижча, ніж у випадку шаруватої кладки чи вентильованих фасадів. Додатково, такі системи підвищують звукоізоляцію стін у 1,5–2 рази.

Штукатурні фасади підходять як для новобудов, так і для реконструкції, дозволяють реалізувати різноманітні архітектурні рішення завдяки широкому вибору декоративних штукатурок. Окрім декоративної, штукатурка виконує захисну функцію — захищає теплоізоляцію від вологи та ультрафіолету.

Вибираючи фасадну систему, необхідно враховувати відповідність матеріалів нормативним вимогам щодо енергоефективності, пожежної безпеки, довговічності та можливості створення оригінальної архітектури при оптимальних витратах.

4.3 Енергозберігаючі підлоги та вікна

Однією з ключових інженерних систем у сучасних енергоефективних будівлях є системи підігріву підлоги, відомі як «тепла підлога». Їх поділяють на водяні та електричні залежно від типу теплоносія: у водяних системах використовується нагріта рідина (зазвичай вода або антифриз), а в електричних — нагрівальні кабелі або мати.

Електричні системи набули особливої популярності завдяки простоті монтажу, універсальності та можливості встановлення під будь-яке підлогове покриття, включаючи плитку, ламінат чи лінолеум. Сучасні технології виробників дозволяють інтегрувати електричну теплу підлогу практично в будь-який інтер'єр, не обмежуючи вибір матеріалів для фінішного покриття.

Водяні системи зазвичай використовують у приватних будинках або великих площах, де джерелом тепла виступає котел або центральна система опалення. Вони складаються з мережі труб, по яких циркулює теплоносій, що передає тепло підлоговому покриттю.

Таким чином, сучасні системи теплої підлоги забезпечують комфортне та рівномірне опалення приміщень, підвищують енергоефективність будівель і дозволяють використовувати різноманітні підлогові матеріали.

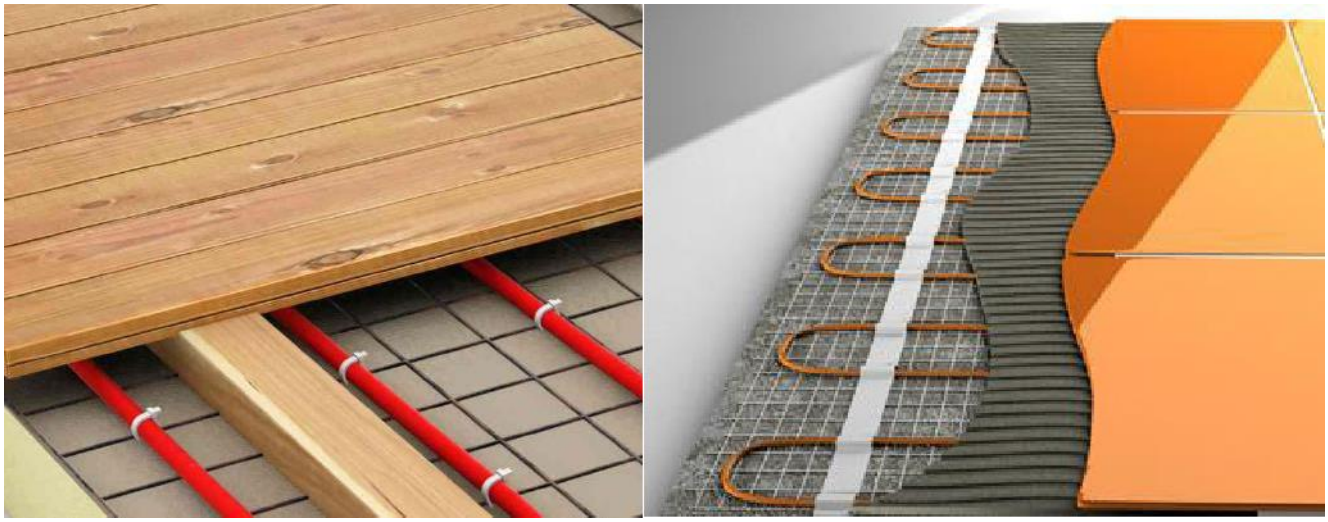


Рисунок 4.3 – Тепла підлога

Сучасна інфрачервона плівка для теплої підлоги — це багатошаровий нагрівальний матеріал, який працює за принципом променевого обігріву, випромінюючи далекі інфрачервоні хвилі. Провідникові смуги розташовані з оптимальним кроком, що мінімізує ризик локального перегріву та забезпечує безпечну експлуатацію для здоров'я.

Основні переваги інфрачервоної плівки:

- Універсальність монтажу: Плівку можна встановлювати під ламінат, паркет, лінолеум, ковролін, плитку, а також під цементну стяжку або плитковий клей. Вона підходить як для горизонтальних, так і для вертикальних поверхонь.
- Висока ефективність: Завдяки щільному розташуванню нагрівальних елементів, тепло розподіляється рівномірно по всій площі підлоги. Понад 90% інфрачервоного випромінювання проходить крізь покриття, нагріваючи не лише повітря, а й предмети та тіло людини, що створює комфортний мікроклімат.
- Економічність: Системи оснащуються терморегуляторами, що дозволяє знизити споживання електроенергії до 40% у порівнянні з традиційними обігрівачами.
- Безпека та екологічність: Відсутність шуму, пилу, запаху, мінімальний рівень електромагнітного випромінювання. Плівка не створює вібрацій і не пересушує повітря.
- Довговічність: Середній термін служби складає близько 15 років, гарантійний термін — до 5 років залежно від виробника.

Особливості експлуатації:

- Температура нагріву плівки зазвичай не перевищує 45–55°C, що безпечно для підлогових покриттів і здоров'я людини.
- Комфортна температура в приміщенні досягається при нижчих показниках, ніж у випадку з традиційними системами опалення, оскільки інфрачервоне тепло поглинається тілом людини ефективніше.

- Плівка не рекомендується для монтажу під стаціонарними меблями, які можуть перешкоджати відведенню тепла.

Таким чином, інфрачервона плівка — це сучасне, енергоефективне та універсальне рішення для організації теплої підлоги в житлових і комерційних приміщеннях, особливо під дерев'яними покриттями та ламінатом.

Електричну інфрачервону плівкову теплу підлогу можна монтувати без використання клею чи стяжки — так званий «сухий монтаж». Це оптимальне рішення для приміщень із завершеним косметичним ремонтом, оскільки система швидко встановлюється під плитку, ламінат, ковролін або лінолеум і одразу готова до експлуатації.

Переваги інфрачервоної теплої підлоги:

- Енергозбереження: Система дозволяє знизити споживання електроенергії приблизно на 20% у порівнянні з кабельними або резистивними аналогами, завдяки рівномірному розподілу тепла та відсутності надлишкового нагріву повітря під стелею.
- Сумісність: Плівка підходить для більшості підлогових покриттів — ламінату, ковроліну, лінолеуму, керамічної плитки, керамограніту, паркетної дошки.
- Простота монтажу: Не потребує спеціальних навичок чи інструментів, монтаж можливий навіть без досвіду.
- Додаткові можливості економії: Використання програмованих терморегуляторів дозволяє скоротити витрати ще на 25%.
- Безпека: Інфрачервоне випромінювання не шкодить здоров'ю, а також може знищувати хвороботворні бактерії.

Тепловтрати через вікна: Близько 20% площі фасадів житлових будинків займають вікна, через які втрачається 30–50% тепла від загальних витрат на опалення. Сучасні віконні конструкції з ПВХ, алюмінію, дерева чи склопластику забезпечують високу герметичність і теплоізоляцію завдяки

підвищеному опору теплопередачі профілю та коробки. Однак основна частина вікна — це склопакет.

Таблиця 4.1 - Теплоізоляційні властивості визначаються коефіцієнтом опору теплопередачі (R):

Тип склопакета	Коефіцієнт R, м²·°C/Вт
Стандартний однокамерний	0,32
Двокамерний	0,44
Однокамерний із К-склом (низькоемісійним)	0,55
Сучасні теплозахисні склопакети	до 2 і більше

Використання низькоемісійного скла значно підвищує енергоефективність: наприклад, у типовому 5-поверховому будинку 1960-х років при аварії тепломережі і температурі -20°C будівля з такими склопакетами не промерзає до 72 годин, тоді як зі звичайним склінням — лише 8 годин.

Типи покриттів низькоемісійного скла:

- Тверде покриття: Стійке до кліматичних впливів, наноситься піролітичним способом під час виробництва скла.
- М’яке покриття: Менш стійке до атмосферних впливів, наноситься методом напилення у вакуумі.

Висновок: Інфрачервона плівкова тепла підлога — це універсальна, енергоефективна та проста у монтажі система, сумісна з більшістю підлогових покриттів і особливо вигідна для швидкої модернізації вже відремонтованих приміщень. Сучасні енергоефективні склопакети з низькоемісійним покриттям значно знижують тепловтрати через вікна, підвищуючи загальну енергоефективність будівлі.

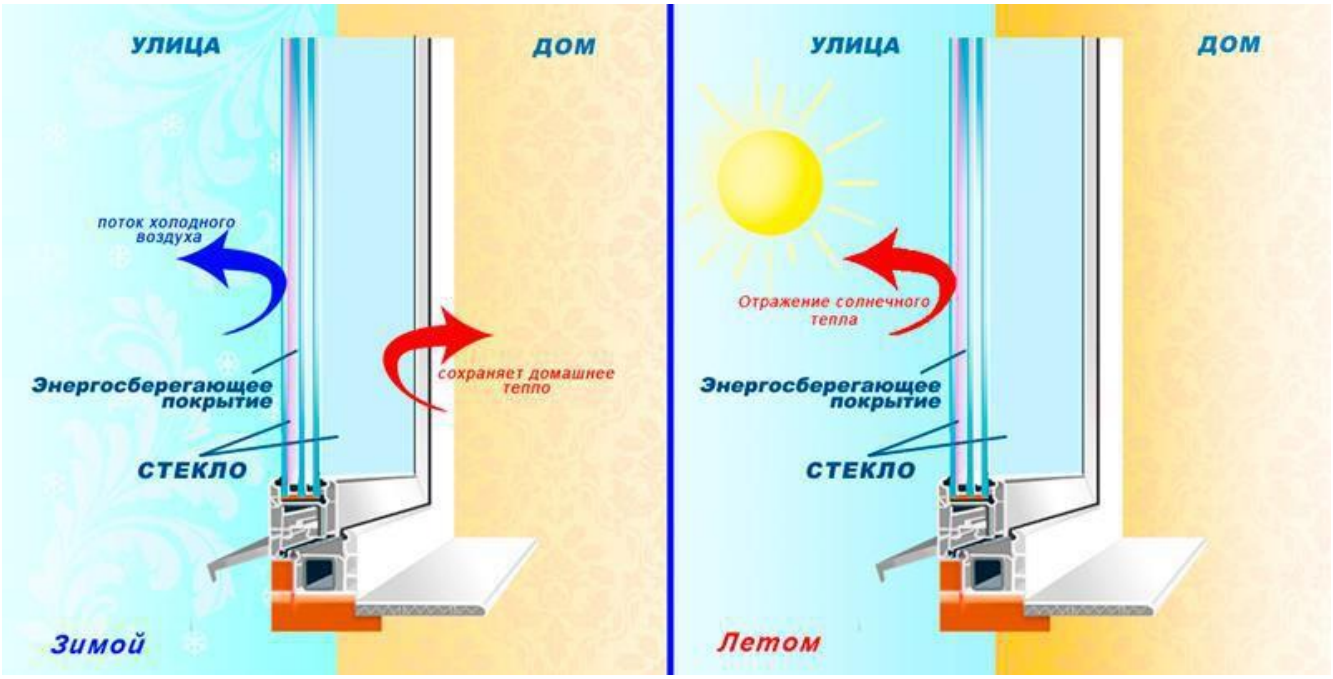


Рисунок 4.4 – Принцип дії енергозберігаючого вікна

Скло з м'яким напиленням встановлюється тільки всередині склопакета, з твердим - як усередині, так і зовні. Скло з покриттям значно менше випромінює тепла, ніж звичайне, цим і пояснюються його теплозберігаючі властивості. Втрати тепла можуть відбуватися за рахунок конвекційного перенесення (до 15%), що тим більше, що більша ширина внутрішньої повітряної камери. Це відбувається і у двокамерних склопакетах, якщо відстань між склом перевищує 16 мм. Оптимальне співвідношення: 4x16x4x16x4 (4мм товщина скла, 16 мм – повітряна камера). Заповнення інертними газами (криптоном або аргоном) у поєднанні із застосуванням низькоемісійного скла дозволяє досягти високої ефективності теплозбереження. За оцінкою науково-дослідного інституту типового та експериментального проектування, існуючий коефіцієнт опору теплопередачі таких вікон вже в найближчий період має бути підвищений до 0,8-1,0 м2·С/Вт, а в перспективі - до 1,5-2,0 м2 · ° С / Вт. Цього можна досягти за рахунок застосування у двокамерному склопакеті двох низькоемісійних

стекол, теплоізолюючих дистанційних рамок та заповнення його інертними газами, наприклад, аргоном

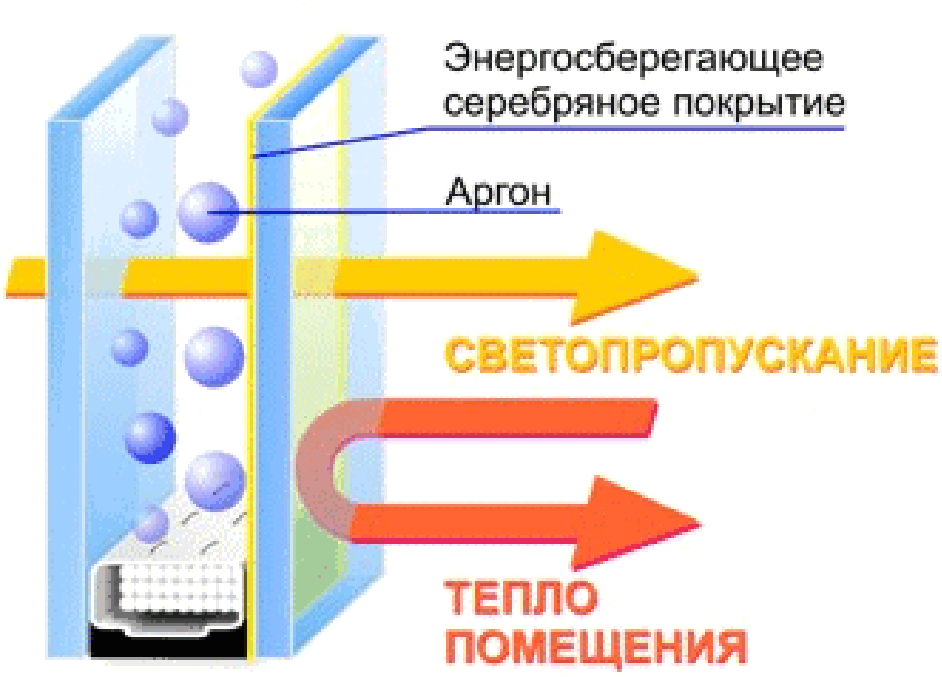


Рисунок 4.5 – Енергозберігаючий склопакет, заповнений аргоном

Отже, застосування енергозберігаючих вікон дозволяє як підвищити тепловий захист будівлі, а й поліпшити мікроклімат, т.к. спеціально покриття сприяє кращому світлопропусканню як влітку, так і взимку, т.к. ці вікна не замерзають. При цьому необхідно вибирати вікна з можливістю вентиляції за допомогою спеціальних пристроїв.

Автори вважають, що комплексне застосування зазначених факторів енергозбереження (енергозберігаючі будівельні матеріали, вироби та конструкції, системи енергозберігаючих фасадів, підлог, вікон) забезпечить високу енергетичну ефективність будівель на всіх етапах життєвого циклу.

Використання сучасних будівельних матеріалів дозволяє значно знизити енергоспоживання будівель за рахунок зменшення втрат тепла через огороджувальні конструкції. Дослідження показали, що будівлі, побудовані з використанням новітніх матеріалів, можуть зменшити витрати на опалення та

кондиціонування до 40-60%. Це, в свою чергу, сприяє підвищенню енергоефективності та зниженню експлуатаційних витрат.

Висновки

Близько 90% часу люди проводять у приміщеннях, на утримання яких витрачається приблизно 40% світового енергоспоживання. Водночас, навіть у Європі до 30% будівель не забезпечують належного мікроклімату для здоров'я мешканців. В Україні щорічне споживання енергії на опалення житлового фонду становить орієнтовно 200 кВт·год/м², що пов'язано з великими тепловтратами через конструктивні елементи будівель (вікна, стіни, дахи, підвали)[1]. У старих будинках до 50% енергії первинного палива втрачається під час генерації, транспортування та споживання тепла, що призводить до надмірного використання природного газу для опалення.

Відповідно до українських нормативів, енергоефективні будівлі мають споживати не більше 65–75 кВт·год/м² на рік, у Німеччині цей показник становить 40 кВт·год/м², а для так званих пасивних будинків — не більше 15 кВт·год/м².

Для клімату України норматив для пасивних будинків поки що не встановлений. Тому питання підвищення енергоефективності через впровадження сучасних конструкцій, інженерних систем та використання відновлюваних джерел енергії є надзвичайно актуальним[2].

Одним із ключових напрямків вирішення проблеми є термомодернізація існуючих будівель та впровадження пілотних проектів пасивних, «зелених» і «активних» будинків із обов'язковим довгостроковим моніторингом їх реального енергоспоживання.

У результаті проведеного дослідження впливу сучасних будівельних матеріалів на енергоефективність будівель отримано такі основні результати та сформульовано відповідні висновки:

- Проведено комплексний аналіз сучасних матеріалів, що застосовуються для зведення та утеплення будівель. Встановлено, що

інноваційні матеріали — зокрема аерогелі, вакуумні ізоляційні панелі, нанотехнологічні ізолятори, пінополіуретан, а також екологічно чисті утеплювачі — мають значно кращі теплоізоляційні властивості порівняно з традиційними матеріалами, такими як бетон, цегла чи скло.

- Використання сучасних будівельних матеріалів дозволяє суттєво зменшити енергоспоживання будівель завдяки зниженню тепловтрат через огороджувальні конструкції. Дослідження показують, що застосування новітніх матеріалів може скоротити витрати на опалення та кондиціонування приміщень на 40–60%, що підвищує енергоефективність і знижує експлуатаційні витрати.
- Незважаючи на вищу початкову вартість сучасних матеріалів, їх використання економічно виправдане у довгостроковій перспективі. Зменшення витрат на енергоресурси та підвищення комфорту проживання забезпечують швидку окупність інвестицій — у середньому від 5 до 10 років, залежно від умов експлуатації будівлі.
- На основі отриманих результатів розроблено рекомендації щодо впровадження сучасних матеріалів у будівельну практику. Зокрема, для утеплення стін і дахів доцільно використовувати аерогелі та вакуумні ізоляційні панелі, для підлог і перекриттів — пінополіуретан, а для створення високоефективних теплоізоляційних систем — наноматеріали. Також рекомендовано активно впроваджувати екологічно чисті матеріали, наприклад целюлозні утеплювачі та натуральні волокна, з метою зниження негативного впливу будівництва на довкілля.

Таким чином, застосування сучасних будівельних матеріалів є ключовим чинником підвищення енергоефективності, економічної доцільності та екологічної безпеки сучасних будівель.

Подальші дослідження можуть бути зосереджені на оптимізації сучасних теплоізоляційних матеріалів і створенні нових рішень, що забезпечують ще вищу енергоефективність будівель. Важливим напрямом є аналіз можливостей інтеграції відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, у

конструкції будівель для підвищення їхньої екологічної стійкості та зниження залежності від традиційних енергоресурсів.

Результати проведеного дослідження свідчать, що застосування інноваційних будівельних матеріалів суттєво підвищує енергоефективність споруд, сприяє скороченню експлуатаційних витрат і покращує якість життя мешканців. Впровадження новітніх матеріалів та технологій у будівництві є економічно вигідним і екологічно обґрунтованим рішенням, що дозволяє адаптувати будівлі до сучасних викликів сталого розвитку та забезпечити їхню довгострокову стійкість.

Перелік використанних джерел

1. Бахтин Д. С. Впровадження енергоефективних технологій при будівництві нової комерційної нерухомості в Україні. *SA Науковий журнал*. 2020. Т. 2, № 2. С. 8–18. DOI: https://doi.org/10.23939/sa2020.02.008
2. Балан О. Енергоефективне будівництво в Україні та Франції. *Український журнал будівництва та архітектури*. DOI: https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.270421.7.745
3. Волошин М. М. Застосування енергозберігаючих технологій в будівництві – пасивні будинки. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2024, № 2, с. 225–231. DOI: 10.32782/tnv-tech.2024.2.27
4. Хмельнюк, М. Г. Енергетичний менеджмент і аудит : підручник /під заг. ред. М. Г. Хмельнюка. Херсон : Вид. Грінь Д.С., 2016. 224 с.
5. Санницький М.А., Позняк О. Р., Марущак У. Д. Енергозберігаючі технології в будівництві: навчальний посібник. Друге видання, виправлене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 236 с.
6. Каржинерова Т. І. Енергозберігаючі технології в Україні. *Науковий вісник будівництва. Серія Будівництво*. 2019. Т. 2, № 2(96)
7. Мандрика А. С. та ін. Енергоефективні технології : навчальний посібник / за заг. ред. А. С. Мандрики. Суми : Сумський державний університет, 2021. 330 с.
8. Моніторинг упровадження Україною зобов’язань у рамках Енергетичного Співтовариства. Вип. 5 (квітень – червень 2014 року) [Електронний ресурс]. URL : http:// ua-energy.org/upload/files/EnC_newsletter5
9. Енергозберігаючі технології в Україні. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Випуск 7. Відповідальний редактор П. М. Куліков. Київ: КНУБА, 2015 р. 404с.

10. Суходоля О. М. Енергоефективність економіки в контексті національної безпеки: монографія. Київ : НАДУ, 2006. 424 с.
11. Лівінський О. М., Євтушенко В. А.Технічне обстеження та енергоаудит будинків і споруд. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві : науковотехнічний збірник ВНТУ. 2010*. № 2. С. 159 – 170.
12. Абєлєшов В. І. Дослідження деяких аспектів підвищення ефективності енергозберігаючих заходів у житлових будинках. *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит : общегосударственный научно-производствен-ный и информационный журнал.* 2011. № 3. С. 23 – 29.
13. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [чинний від 2022-09-01]. Київ Київ: Мінрегіонбуд України, 2022. 73 с.
14. Закон України «Про енергозбереження» від 01.07.1994 №74/94-ВР URL: http:// zakon2.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80.
15. ДСТУ-Н Б А.3.1-35:2016 Настанова з проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів. [Чинний від 2017-04-01]. Мінрегіонбуд України. Київ 2017 р. 47 с.
16. ДСТУ Б А.2.2-8:2010. Проектування. Розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації об’єктів. [Чинний від 2010-07-01]. Мінрегіонбуд України. Київ 2010 р. 47 с.
17. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. [Чинний від 2023-03-01]. Мінрегіонбуд України. Київ 2023 р. 47 с.
18. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Гарніцький Ю.В. Проектування складів бетону із заданими властивостями. Рівне: вид-во Рівненського державного технічного університету, 2000. 215с.
19. Жусь О., Гуйван К. Ресурсозбереження в будівництві: енергоефективні підходи та економічна доцільність. *Економіка і суспільство*. 2025. Вип. 72. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-

0072/2025-72-25

20. Пащенко О.О., Сербін В.П., Старчевська О.О. В'яжучі матеріали. Київ: Вища школа.1995.
21. Пастухова С. В., Анин В. І., Метеленко Н. Г. Енергозберігаючі технології при будівництві будівель та споруд на території України. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2023, № 24, с. 56–65. DOI: 10.15802/bttrp2023/291861
22. Саницький М.А., Позняк О.Р., Марущак У.Д. Енергоефективні технології в будівництві: посібник Львів: Львівська політехніка, 2024. 156с.
23. Шпатакова О. Л. Еволюційні аспекти використання концепту енергоефективності в будівельному секторі. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2022. DOI: https://doi.org/10.20535/2307-5651.24.2022.274818
24. Lewandowski K. Modern Energy Sources for Sustainable Buildings: Innovations and Energy Efficiency in Green Construction. *Energies*. 2025. Vol. 18, No. 5. P. 1121. DOI: https://doi.org/10.3390/en18051121
25. Energy Performance of Buildings Directive (EPBD). *European Commission*. 2024. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en
26. Energy Efficiency in Buildings. *Strategic Energy Technologies Information System (SETIS), European Commission*. 2024. URL: https://setis.ec.europa.eu/working-groups/energy-efficiency-buildings_en
27. Commission sets the EU's building sector on a pathway towards greater energy efficiency and decarbonisation. *European Commission News*. 2025. URL: https://energy.ec.europa.eu/news/commission-sets-eus-building-sector-pathway-towards-greater-energy-efficiency-and-decarbonisation-2025-06-30_en
28. Ferrando M., Causone F., Hong T., Chen Y. Urban Building Energy Modeling

(UBEM) Tools: A State-of-the-Art Review of Bottom-up Physics-based Approaches. *arXiv preprint*. 2021. URL: https://arxiv.org/abs/2103.01761