

Міністерство освіти і науки України  
Глухівський національний педагогічний університет  
ім. О. Довженка

Факультет технологічної та професійної освіти  
Кафедра професійної освіти та комп'ютерних технологій

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**«Дослідження сучасного стану і тенденцій розвитку енергоефективного житла в Україні в процесі підготовки фахівців будівельної галузі»**

Спеціальність: *015 Професійна освіта (Будівництво та зварювання)*  
ОП «Професійна освіта (Будівництво)»  
Освітній ступінь: “ *Магістр* ”

***Виконавець:***

**Кабашний Сергій Сергійович**

магістрант 62М-Пр(Б) групи

***Науковий керівник:***

**канд. пед наук. доц. Бондаренко М.І.**

Дата захисту:

Оцінка: \_\_\_\_\_

Підпис членів комісії:

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

# Зміст

## **Розділ 1. Аналітично-теоретична частина**

1.1	Сутність концепції енергоефективності будівель.....	7
1.2	Аналітичний огляд сучасного стану енергоефективності будівель в Україні та країнах ЄС.....	11
1.3	Основи положення нормативно–правової бази та сучасні підходи до термообстеження та аналізу тепловтрат.....	18
	<b>Висновки до розділу 1.....</b>	<b>24</b>

## **Розділ 2. Інженерно-конструктивна частина**

2.1	Основні принципи та методи забезпечення енергоефективності будівель.....	26
2.2	Заходи підвищення енергоефективності будинків шляхом застосування сучасних інженерних систем.....	34
2.3	Конструктивні та технологічні рішення щодо підвищення енергоефективності будинків.....	51
	<b>Висновки до розділу 2.....</b>	<b>64</b>

## **Розділ 3. Методична частина**

3.1	Методична розробка лекції на тему «Енергозбереження та енергоефективне будівництво в Україні».....	67
3.2	Методична розробка плану-конспекту практичного заняття.....	74
3.3	Тестові завдання для вихідного контролю з теми: «Енергоефективні системи теплоізоляції (утеплення) будівель і споруд».....	82
	<b>Висновки до розділу 3.....</b>	<b>92</b>
	<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>95</b>

## Вступ

Проблема раціонального використання енергетичних ресурсів, підвищення рівня енергетичної ефективності та енергетичної безпеки є необхідною умовою економічного, соціального розвитку України в умовах її євроінтеграції.

Забезпечення усіх сфер економіки України різними видами енергії, палива є одним із найважливіших завдань системи управління, економічної політики країни, необхідною умовою для її успішного і гармонійного розвитку.

У зв'язку з жорсткістю вимог до енергетичної ефективності будівель та споруд з'явилася необхідність зниження споживання теплової та електричної енергії. Для відповідності таким сучасним вимогам повинні застосовуватися енергозберігаючі технології та матеріали при проектуванні, будівництві, реконструкції та капітального ремонту будівель. У будівництві повинні використовуватися поліпшена теплоізоляція огорожувальних конструкцій, енергозберігаючі світлопрозорі конструкції, обладнання що ефективно регулює роботу системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, використання електроенергії.

Однак, реалізація таких заходів не завжди може бути достатньою для зниження споживання будівлею теплової та електричної енергії, щоб задовольняти необхідним нормативним показникам. Використання вторинних енергетичних ресурсів, а також альтернативних джерел енергії є важливим, а іноді і необхідним напрямом для підвищення енергоефективності будівель.

В публікаціях Дуднікова С. М. [22] розглядаються аспекти проектування комбінованих системи енергопостачання з поновлювальними джерелами, Конончук О.П. [32] дослідив сучасні конструктивно-технологічні рішення фасадних систем, Фаренюк Г.Г. [54] розробив наукові основи нормативного забезпечення енергоефективності будівельних об'єктів, Лівінський О.М. [35] зробив значний вклад у сучасні технології будівельного виробництва.

Значний вклад у розвиток теплотехнічного захисту будівель та підвищення їх енергоефективності внесли вітчизняні науковці: Гранік Ю. Р.,

Карапузов Є.К., Свідерська О. В., Єзерський Ст. А., Монастир'єв П. В., Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко О.А., Варламов Р. В., Любчик Р. М., Маляренко Ст. А. та інші вчені.

В Україні набула подальшого розвитку класифікація енергетичних балансів, яка, на відміну від існуючих, доповнена додатковими ознаками: взаємного доповнення, за рівнем використання відновлювальних джерел енергії, за рівнем енергетичної безпеки та інноваційністю з метою ідентифікування класу енергоефективності будівель, рівня використання відновлювальних джерел енергії споживачами енергетичного ринку та подальшому стимулюванню щодо гармонійного розвитку використання відновлювальної енергетики.

Концептуальні засади стратегічного розвитку енергозабезпечення України в умовах інтеграції з Європейським союзом набувають нового підходу до енергозбереження та будівництва енергоефективних будівель, їх впливу на навколишнє середовище і систему встановлення прогнозованості показників енергетичного споживання в Україні за основними статистичними показниками. Важливим аспектом в цій комплексній системі є створення умов для ефективного енергозабезпечення в економіці України, а енергетичний ринок розглядається як найважливіший складник економіки країни.

Набули подальшого розвитку структура та зміст системи управління енергетичними ризиками в будівництві, яка, на відміну від існуючих, включає можливість поетапної її імплементації в енергетичну політику України за умов євроінтеграції. В Україні розроблено метод стимулювання енергетичної ефективності в будівельній галузі, використання відновлювальних джерел енергії з метою зниження рівня енергоспоживання в Україні. Це вимагає пошуку способів вирішення визначеної проблеми, одним із яких є розроблення економічної політики України в сфері енергетики в умовах євроінтеграції, при цьому особлива увага приділяється створенню механізмів підвищення їх ефективності, використанню альтернативних джерел енергії, нетрадиційних видів палива, розвитку малої тепло і гідроенергетики.

**Актуальність** питань енергозбереження зумовили вибір теми магістерської роботи: «Дослідження сучасного стану і тенденцій розвитку енергоефективного житла в Україні в процесі підготовки фахівців будівельної галузі».

**Об'єкт дослідження:** Сучасний стан енергозбереження та перспективи розвитку енергозберігаючих технологій у будівництві.

**Предмет дослідження:** Тенденції розвитку енергоефективного житла в Україні.

**Мета дослідження:** розкрити шляхи використання енергозберігаючих технологій в будівництві на основі аналізу нормативно-правових документів та будівельної практики. Досягнення мети супроводжується розробкою методичної частини і впровадження у навчальний процес отриманих результатів

Для досягнення мети дослідження визначено наступні завдання:

1. з'ясувати сутність концепції енергоефективності будівель;
2. проаналізувати Європейську стратегію використання енергозберігаючих технологій у будівництві;
3. дослідити національну нормативно–правову базу та сучасні підходи до термообстеження та аналізу тепловтрат;
4. дослідити основні принципи та методи забезпечення енергоефективності будівель;
5. визначити заходи підвищення енергоефективності будинків шляхом застосування сучасних інженерних систем;
6. дослідити конструктивні та технологічні рішення щодо підвищення енергоефективності будинків;
7. розробити навчально-методичне забезпечення з теми дослідження для подальшого використання в освітньому процесі підготовки інженерно-педагогічних кадрів будівельного профілю.

**Методи досліджень.** Комплексні дослідження включали традиційні методики за діючими нормативними документами для визначення теплофізичних, експлуатаційних та енергоефективних показників будівель,

наукові узагальнення та експериментально-теоретичний пошук. При розробці окремих питань були використані результати наукових досліджень провідних вчених з енергозберігаючих технологій.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- проведено теоретичний аналіз сучасного стану і тенденцій розвитку енергоефективного житла в Україні;
- визначено заходи підвищення енергоефективності будинків шляхом застосування сучасних інженерних систем;
- розроблено методичку викладання теми при вивченні дисциплін з професійно-практичної підготовки у закладах освіти будівельного профілю.

**Практичне значення отриманих результатів:**

- проаналізовано Європейську стратегію використання енергозберігаючих технологій з метою популяризації будівництва енергоефективного житла;
- розроблені методичні матеріали по темі дослідження можуть бути використані у закладах освіти під час проведення лекційних і практичних занять, написанні курсових, дипломних та магістерських робіт.

## **Розділ 1. Аналітично-теоретична частина**

### **1.1 Сутність концепції енергоефективності будівель**

Енергоефективність це концепція, що лежить в основі сучасної енергетичної системи. Енергоефективність означає заощадливе, ефективне використання енергії, що дозволяє досягти бажаної мети з використанням меншої кількості енергії, розвинути енергетичну незалежність муніципалітету, заощадити на витратах на утримання будівель та спрямувати заощаджені кошти на свій економічний розвиток [10]. У контексті будівель заходи з енергоефективності сприяють використанню меншої кількості енергії без шкоди для комфорту приміщення. Енергоефективна будівля споживає менше тепла й електроенергії, менше охолоджується, а також є теплою та освітленою будівлею для мешканців житлових будівель та відвідувачів будівель громадсько-побутового призначення.

Впровадження енергоефективних технологій і практик у будівництві має численні переваги. Будинки використовують менше енергії, що призводить до зниження витрат на комунальні послуги, а також сприяє дбайливому ставленню до довкілля. Енергоефективність підвищує загальну ефективність будівель, які утримуються громадою, що в свою чергу веде до сталого розвитку, створення робочих місць і сприяє загальному економічному розвитку України.

Енергоефективність полягає у зменшенні показника питомого енергоспоживання будівлею [кВт-год/м<sup>3</sup>] без погіршення параметрів внутрішнього середовища та комфорту будівлі. З суто економічної точки зору, сума грошових заощаджень від заходів енергоефективності повинна бути більшою, ніж вкладені інвестиції. Важливим аспектом є використання переваг необхідних ремонтних і реставраційних робіт, а також поєднання заходів із енергоефективності з цими роботами. Етапи, необхідні для втілення заходів із енергоефективності, можна реалізувати за рахунок реставраційних потреб.

Інший важливий фактор — енергетична безпека. Щоб переконатися в цьому, необхідно подивитися на постачання та виробництво енергії з точки

зору попиту. Заміна імпортного викопного палива вітчизняними альтернативами, диверсифікація зовнішніх постачальників енергії та енергоефективності — це все способи досягнення енергонезалежності та підвищення енергетичної безпеки. До прикладу, у Швеції в будівельному секторі для отримання енергії з 70-х рр. ХХ ст. все більше використовують біологічне та відновлювальне паливо замість викопного. Для теплопостачання та електропостачання районів майже не використовується викопне паливо.

Зважаючи на курс України на євроінтеграцію, подивимось на позицію Європейського Союзу щодо енергоефективності в секторі громадських будівель. ЄС розглядає енергоефективність як один з ключових способів зменшення впливу на клімат і підвищення енергетичної безпеки. Будівельний сектор — це один із найбільших споживачів енергії в ЄС. Загалом у ЄС будівлі споживають 40 % енергії та викидають 36 % вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), що є одним з найбільших забруднювачів навколишнього середовища (рис.1). Саме тому в ЄС визнано, що підвищення енергоефективності будівель — як старих так і новозбудованих — є одним з основних аспектів досягнення сталого розвитку. Багатьом будівлям у ЄС вже понад 50 років, вони модернізуються з урахуванням вимог енергоефективності. В цей час нові будівлі мають бути класу А або вище (А+), це так звані будівлі з майже нульовим споживанням енергії, що становлять найвищий стандарт будівель.

Для того, щоб визначити ступінь енергоефективності будівлі, в ЄС існує сертифікація енергоефективності, прийнята на основі Директиви ЄС про енергоефективність будівель. Цю практику також запозичують інші країни, що розвиваються, включно з Україною. Зазвичай, сертифікати поділені на класи А—G, де клас С є мінімальним класом, що задовольняє вимоги до енергетичних характеристик (рис. 2). В Україні було прийнято Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» у червні 2017 року, що є імплементацією Директиви 2010/31/ЄС Європейського Парламенту і Ради щодо енергетичної ефективності будівель.

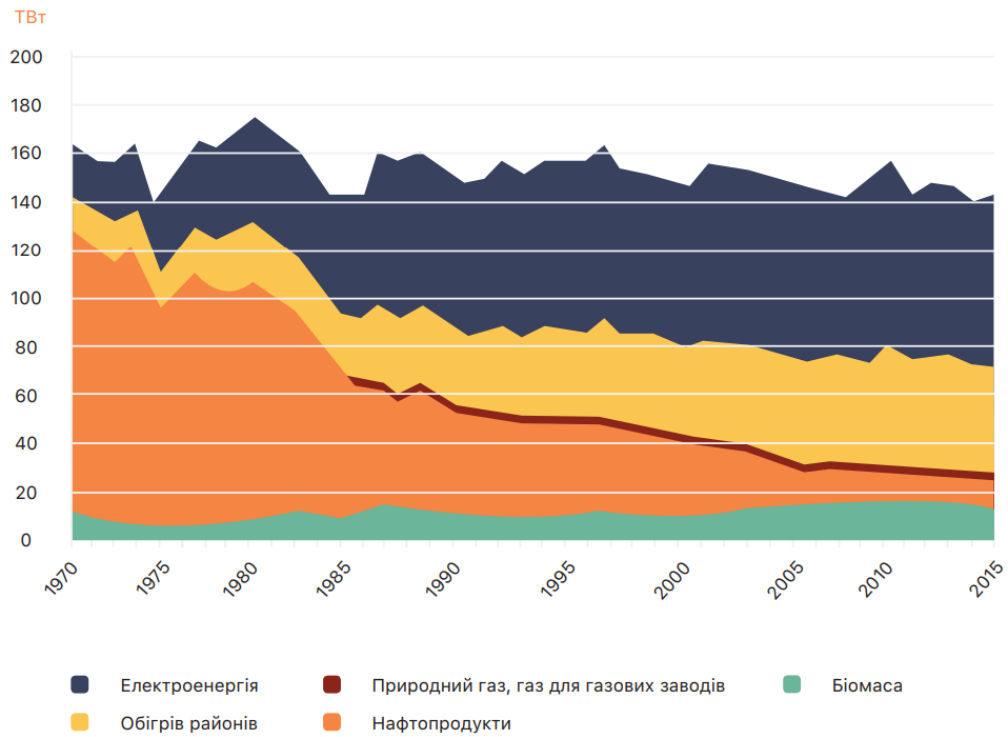


Рис. 1. Використання енергії в секторі житлово-комунального господарства 1970–2015 рр.

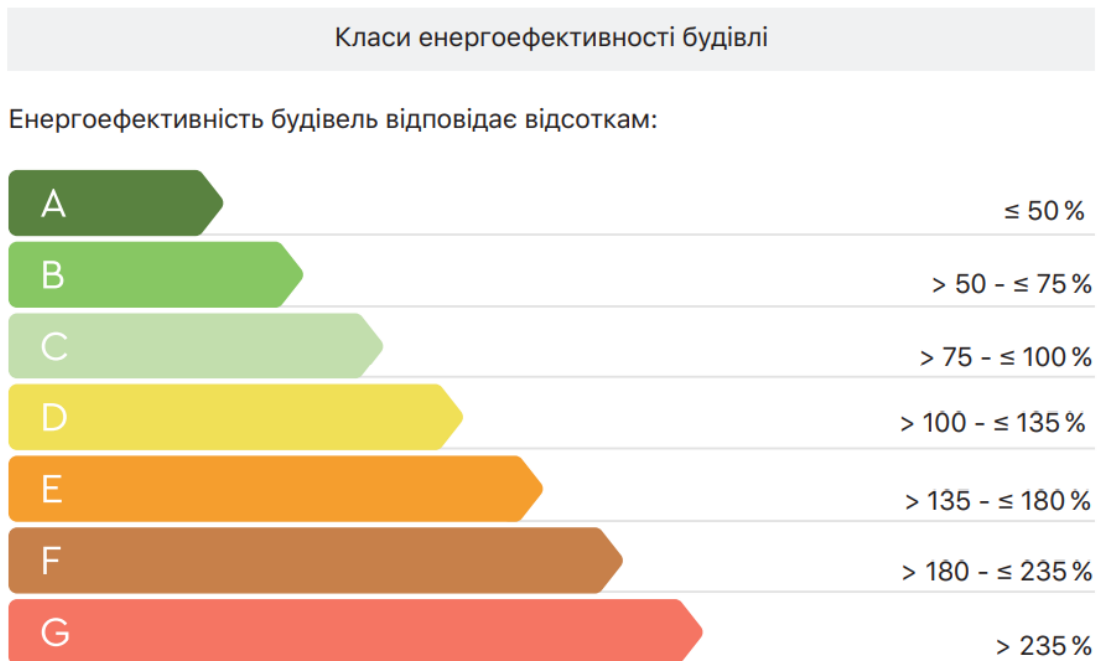


Рис. 2. Класифікації будівель відповідно до Директиви ЄС про енергоефективність будівель.

Для того, щоб визначити ступінь енергоефективності будівлі, в ЄС існує сертифікація енергоефективності, прийнята на основі Директиви ЄС про

енергоефективність будівель [26]. Цю практику також запозичують інші країни, що розвиваються, включно з Україною. Зазвичай сертифікати поділені на класи А—G, де клас С є мінімальним класом, що задовольняє вимоги до енергетичних характеристик. В Україні було прийнято ЗУ «Про енергетичну ефективність будівель» у червні 2017 року, що є імплементацією Директиви 2010/31/ЄС Європейського Парламенту і Ради щодо енергетичної ефективності будівель.

Цю практику також запозичують інші країни, що розвиваються, включно з Україною. Зазвичай сертифікати поділені на класи А—G, де клас С є мінімальним класом, що задовольняє вимоги до енергетичних характеристик. В Україні було прийнято ЗУ «Про енергетичну ефективність будівель» у червні 2017 року, що є імплементацією Директиви 2010/31/ЄС Європейського Парламенту і Ради щодо енергетичної ефективності будівель.

Клас енергоефективності будівлі визначається на підставі зіставлення отриманих значень енергоспоживання з нормативними значеннями максимальних теплових витрат житлових і цивільних будівель.

Питомі тепловитрати на опалення будинків - розрахункові або фактичні - повинні бути менші за максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період. Виконання цієї умови для будинку, що проектується або експлуатується, перевіряється на підставі результатів експериментальних випробувань згідно з ДСТУ БВ.2.2-21 або з використанням математичних моделей теплового режиму будинку, а також за результатами розрахунків згідно з додатком Н та ДСТУ-НБА.2.2-5. На основі різниці в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат, від максимально допустимого значення встановлюються класи енергетичної ефективності будинку (А, В, С, D, E, F ).

## 1.2 Аналітичний огляд сучасного стану енергоефективності будівель в Україні та країнах ЄС

### *Енергетична ефективність будівлі*

Енергетична ефективність будівлі - це здатність будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати впродовж очікуваного її життєвого циклу побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для перебування або проживання у приміщеннях при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов за ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [1 ].



В Європі прийнята наступна класифікація будівель, яка застосовується також і в Україні, для оцінки енергоефективності будівель при визначенні подальших кроків у нормуванні їх рівнів:

- старі будівлі, що побудовані до 1970-х років (в Україні до 2007 року) і вимагають для свого опалення та охолодження близько 300 кВт-год/м<sup>2</sup>;
- нові будівлі, які будувалися в Європі з 1970-х до 2002 року (в Україні до 2016 року) - 150 кВт-год/м<sup>2</sup>;
- будівлі низького споживання енергії (з 2002 року в Європі не дозволено зведення будівель з великим енергоспоживанням) - 60 кВт-год/м<sup>2</sup>;
- пасивні будівлі (прийнятий Закон, за яким з 2019 року в Європі не можна зводити будівлі за стандартами нижче ніж пасивний будинок) - 15 кВт-год/м<sup>2</sup>;

- будівлі нульової енергії (архітектурно має ті ж стандарти, що й пасивні будівлі, але інженерно оснащені так, щоб споживати виключно тільки ту енергію, яку самі й виробляють) - 0 кВт-год/м<sup>2</sup>;
- будівлі плюс енергія, які за допомогою встановленого на них інженерного обладнання - сонячних батарей, колекторів, теплових насосів, рекуператорів та інших - виробляють більше енергії, ніж самі споживають.

На нормативному рівні енергоефективність в Україні почала втілюватися в у новому будівництві та реконструкції існуючих будівель житлового й громадського призначення з виходом ДБН В.2.6- 31-2006 «Теплова ізоляція будівель» з 2007-го року і була підкріплена ДСТУ Б А.2.2-8:2010, який ввів окремий розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації. На той момент українські нормативи енергоефективності будівель відповідали прийнятій у Європі Директиві 2002/91/ ЄС. Основними методологічними чинниками цієї директиви є:

- загальні методології розрахунків;
- мінімальні вимоги у новому будівництві;
- мінімальність при реконструкції;
- енергетична сертифікація будівель;
- регулярна інспекція.

На сучасному рівні нормативного забезпечення виступають зобов'язання України в імплементації ще трьох основних директив Європейського Союзу:

1. Директива 2010/30/ЄС. Про вказування за допомогою маркування та стандартної інформації про товар обсягів споживання енергії та інших ресурсів енергоспоживчими продуктами;
2. Директива 2010/31 /ЄС. Про енергоефективність будівель (ЕРЕЮ);
3. Директива 2006/32/ЄС. Про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги (з 25.10.2012 EED 2012/27/ЄС Про енергоефективність).

Друга і третя директиви вже знайшли своє втілення у нормативних документах України, перша перебуває у стадії технічної підготовки, обговорення та необхідного погодження.

З виходом у 2013 році стандарту ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 [16] в Україні відбувається перехід на новий рівень оцінки енерговитрат будівлі, коли поряд з опаленням передбачається враховувати й охолодження. Переходом на новий рівень проектування є ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні», який, враховуючи відповідні нормативи, пропонує метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Тобто з'являється можливість оцінити річний цикл експлуатації будівлі та його сумарні енерговитрати.

У стандарті прописано три основних методи оцінки енерговитрат: сезонний або місячний, спрощений погодинний та деталізованого моделювання. В Україні прийнято перший метод, як більш простий і який спирається на існуючий досвід визначення сезонних енерговитрат на опалення.

Методологія проектування енергоефективних будівель полягає в системному аналізі або дослідженні операцій, направленому на пошук альтернативних рішень та кількісного обґрунтування оптимальних їх варіантів.

Будівля розглядається як єдина енергетична система, що складається з незалежних підсистем:

- зовнішнього клімату як джерела енергії і об'єкту, від якого треба захищати (ізолювати) будівлю;
- комплексу інженерних підсистем, енергетично пов'язаних між собою.

Основний вплив на формування теплового режиму і, відповідно, енергетичного статусу будівлі (енергетичних витрат на забезпечення необхідного теплового режиму) здійснює його теплоізоляційна оболонка, тобто огорожувальні конструкції. Від теплофізичних властивостей цієї енергетичної підсистеми залежить вибір параметрів підсистеми опалення.

Об'ємно-планувальне рішення будівлі та конструктивні рішення теплоізоляційної оболонки обумовлюють ступінь корисного використання енергії сонця при кліматизації внутрішнього простору будівлі. Крім того, саме ця підсистема має найбільший потенціал у підвищенні енергоефективності будівель житлового та громадського призначення.

Параметри підсистеми вентилявання будівлі визначаються санітарно-гігієнічними вимогами до повітря приміщень. Наприклад, для житлових будинків розрахункова температура повітря і вимоги до повітрообміну в приміщеннях приймаються не менше 20°C і 0,8 (год<sup>-1</sup>). Кількість та якість повітря обумовлена фізіологічними потребами людини, але термодинамічні його параметри можуть регулюватися конструктивними елементами підсистеми, ефективність роботи яких впливає на загальну енергоефективність будинку.

Сучасний стан будівництва демонструє зміну у підходів до енерговитрат будівель. Без урахування затрат на охолодження трансмісійні та витрати на інфільтрацію (вентиляцію) у сучасних багатоповерхових будівлях складають приблизно 53%, а значна доля (47%) припадає на гаряче водопостачання.

В будівлях висотою до трьох поверхів тепловитрати через огорожувальні конструкції значно більші. В таких будівлях особливо інтенсивно теплообмін відбувається через конструкції покриття.

У стандарті ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні» надана наступна схема послідовності розрахунку енергоефективності будівлі:

- визначення **меж кондиціонованих та некондиціонованих об'ємів** та розподіл будівлі на розрахункові зони (за необхідності);
- визначення **вхідних величин** щодо теплоізоляційної оболонки будівлі, умов внутрішнього і зовнішнього середовища, моделі зайнятості (роботи) та **інженерних систем** для кожної зони;

- розрахунок теплопередачі трансмісією та вентиляцією для кожної зони будівлі та місяця року;
- розрахунок внутрішніх та сонячних теплових надходжень для кожної зони будівлі та місяця року;
- розрахунок енергопотреби для опалення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання (ГВП) для кожної зони будівлі та місяця року;
- розрахунок додаткової енергії, теплових втрат систем виділення, розподілення та вироблення енергії для кожної зони будівлі та місяця року;
- розрахунок енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, ГВП та освітлення для кожної зони будівлі та місяця року;
- підсумовування результатів енергоспоживання для всієї будівлі за рік;
- складання звіту для будівлі.

Дуже важливо, що відтепер, при проектуванні будівель в Україні головною вимогою стає досягнення нормованого рівня енергоефективності, яке забезпечується контрольованим рівнем тепловитрат через зовнішні огорожувальні конструкції. При цьому, вимога до показників опору теплопередачі її окремих конструктивних елементів виступає не головною.

Загальний показник енергоефективності будівлі EP згідно ДБН В.2.6-31:2016 повинен визначатися за умовою:

$EP \leq EP_{max}$ , де EP - розрахункова або фактична де EP - розрахункова або фактична питома річна енергопотреба будівлі;

$EP_{max}$  - максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі, кВт-год/м<sup>2</sup> або кВт-год/м<sup>3</sup>, що встановлюють за таблицею 1 залежно від призначення будівлі, її поверховості та температурної зони експлуатації.

Розрахункове значення EP визначають за формулою:

**для житлових будинків**

$$EP = (0_{H,nd} + 0_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / A_f$$

**для громадських (нежитлових) будівель**

$$EP = 0_{H,nd} + 0_{C,nd} + Q_{DHW,nd} / V$$

де  $Q_{H,nd}$ ,  $Q_{C,nd}$ ,  $Q_{DHW,nd}$  - річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання, відповідно, кВт год;

$A_f$ ,  $V$ -кондиціонована (опалювальна) площа для житлової,  $m^2$ , та кондиціонований об'єм для громадської будівлі (або її частини),  $m^3$ .

Фактичне значення  $EP$  визначають за ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель».

Для будівель, що підлягають термомодернізації, допускається приймати збільшені значення максимальної річної питомої енергопотреби з коефіцієнтом 1,25 до  $EP_{\max}$ .

В Україні прийнято визначати сім класів енергоефективності, що наведені в таблиці 2. При новому будівництві та термомодернізації існуючої забудови клас енергоефективності повинен бути не нижчим за «С». Інженерні системи повинні мати також клас енергоефективності не нижчий за «С».

Таблиця 1. Нормативна максимальна питома енергопотреба для житлових та громадських будівель ( $EP_{\max}$ )

№ пор.	Призначення будівлі	Значення $EP_{\max}$ кВт.год/ $m^2$ [кВт-год/ $m^3$ ], для температурної зони України	
		I	II
1	2	3	4
1	Житлові будинки поверховістю:		
	від 1 до 3	120	110
	від 4 до 9	83	81
	від 10 до 16	77	75
	17 і більше	70	68
2	Громадські будівлі та споруди поверховістю:		
	від 1 до 3	$[20 \wedge bsci + 33]$	$[19,4 \wedge bsci + 33]$
	від 4 до 9	[38]	[40]
	від 10 до 24	[37]	[39]
	25 і більше	[34]	[36]
3	Підприємства торгівлі	$[28 \wedge bsci + 17]$	$[32 \wedge bsci + 18]$

4	Готелі		
	ВІД 1 до 3	110	100
	від 4 до 9	75	70*
	10 і більше	65	60
5	Будинки та споруди навчальних закладів	[28]	[30]
6	Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів	[48]	[50]
7	Заклади охорони здоров'я	[48]	[50]
Примітка. $\Lambda_{bc_i}$ - коефіцієнт компактності будівлі, м-1 визначається за формулою $\Lambda_{bc_i} = AE/V,$ де AE - загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожувальних конструкцій, включаючи покриття верхнього поверху і перекриття (підлоги) нижнього опалювального приміщення, м <sup>2</sup> .			

Таблиця 2. Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку <sup>1</sup> за питомою енергопотребою	Різниця розрахункового або фактичного значення питомої енергопотребі, EP і максимально допустимого значення, EP <sub>max</sub> % $[(EP - EP_{max}) / EP_{max}] * 100\%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	76 та більше

При виконанні умови з енергоефективності (клас не нижче C) допускається застосовувати окремі конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки зі зниженими значеннями опору теплопередачі до рівня 75 % від  $R_{qmin}$  для непрозорих частин зовнішніх стін і до рівня 80 % від  $R_{qmin}$  для інших огорожувальних конструкцій при обов'язковому виконанні санітарно - технічних умов.

Таким чином, в Україні діють досить жорсткі вимоги до енергетичної ефективності будівель. Нові будівлі необхідно обов'язково проектувати з низьким споживанням енергії - **класу С** або **В** та втілювати прогресивні заходи по конструюванню зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та інженерного обладнання для проектування пасивних будівель **класу А**.

Зводити нові будівлі з великим споживанням енергії - **класів D, E, F і G** - в Україні не дозволяється.

### **1.3 Основи положення нормативно–правової бази та сучасні підходи до термообстеження та аналізу тепловтрат**

Державні будівельні норми (ДБН) — є обов'язковими до виконання під час проектування нових та реконструкції існуючих будівель, виконання будівельних робіт, планування міських кварталів, мікрорайонів, вулиць і доріг відповідно до їх функціонального призначення.

Ключові положення регламентуючих документів щодо термомоізоляції огорожувальних конструкцій будівель передбачені нормативно–правовими актами: ISO 50001:2014 «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання», ДБН В.2.6–33: 2018 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування», ДБН В.2.6–31:2016 «Теплова ізоляція будівель», ДБН В.1.1–7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

Проектування житлових будинків з класом енергоефективності не нижче «С» дозволить заощаджувати до 40% на енергії, цю обов'язкову норму закріплено у нових ДБН В.2.2–15:2019 «Житлові будинки. Основні положення», які вступили в дію з 01.12.2019 року і стосуються нового будівництва та реконструкції. Із 23.07.2018 року набули чинності зміни до Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», у якому впроваджено європейські вимоги до енергоефективності та введено класи

енергоефективності будівель від А до G. Відповідно ці принципи було враховано під час оновлення ДБН щодо житлових будинків. Ці якісні зміни дадуть можливість гріти помешкання людей, а не оточуюче середовище.

Згідно з новими ДБН житлові будинки та вбудовані в них приміщення громадського призначення слід проектувати класом енергоефективності не нижче «С» з урахуванням вимог ДБН В.2.6–31:2016 «Теплова ізоляція будівель» та враховувати відповідні норми при здійсненні термомодернізації будівель і споруд.

Для термомодернізації будівель використовують будівельні матеріали, які також регламентуються державними документами:

- суміші будівельні сухі «Суміші будівельні сухі модифіковані виробляють на основі в'язучих, модифікуючих добавок, заповнювачів (наповнювачів) крупністю до 5 мм та, за потреби, барвників (пігментів)» [ДСТУ Б В.2.7–126:2011 Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови]. До цих сумішей відносяться «Матеріали для приклеювання та армування утеплювача» та «Полімерцементні декоративні штукатурки».

- СБС «Суміші будівельні рідкі модифіковані являють собою готові до застосування композиції із зв'язуючих на основі водних дисперсій синтетичних полімерів, в'язучих, наповнювачів (заповнювачів), барвників (пігментів) та модифікуючих добавок» [ДСТУ Б В.2.7–233:2010 Суміші будівельні рідкі модифіковані. Загальні технічні умови], до цих сумішей відносяться «Матеріали для підготовки поверхні».

- лакофарбовий матеріал (полімерні декоративні штукатурки, фасадні фарби) «Продукт (матеріал) у рідкій або пастоподібній формі, який після нанесення на поверхню утворює плівку із захисними, декоративними та /або іншими спеціальними властивостями» [ДСТУ EN 1062–1:2012 Лакофарбові матеріали та системи покриттів для зовнішніх мінеральних і бетонних поверхонь. Частина 1. Класифікація (EN 1062–1:2004, IDT)], до цих матеріалів відносяться «Полімерні декоративні штукатурки» та «Фасадні фарби».

- розчинова суміш «Розчинова суміш — це суміш в'язучих, дрібних заповнювачів, води та необхідних добавок, ретельно перемішана і готова до

використання» [ДСТУ Б В.2.7–23–95 Розчини будівельні. Загальні технічні умови].

- розчин «Розчин — це розчинова суміш, що затужавіла» [ДСТУ Б В.2.7–23–95 Розчини будівельні. Загальні технічні умови].

- ґрунтувальна суміш — це суспензія пігментів або їхніх сумішей з наповнювачами в розчині плівкотворної речовини.

- ґрунтовка — це суцільна непрозора однорідна плівка (покриття), яка утворилась після висихання ґрунтувальної суміші.

### ***Сучасні підходи до термообстеження та аналізу тепловтрат***

Один із важливих чинників досягнення енергоефективності є впровадження заходів на рівні споживачів, якими можуть бути як власники приватних будинків, так і ОСББ, ЖБК та інші форми власності та громадські об'єднання. За типами споживачів це можуть бути житлові будівлі, громадські, промислові та ін. Аналіз стану кожного окремого об'єкту можливий лише за умови застосування певних методик оцінювання та аудиту, а також за наявності засобів для інструментального визначення теплозахисних характеристик будівель.

Більшу частину житлового фонду (близько 74%) України було зведено до 90-х років, коли вимоги щодо енергоефективності будівель та рівень теплового захисту огорожувальних конструкцій був значно нижче, ніж це встановлено сучасними нормами. Необхідно враховувати наявність належного догляду як за будинком, так і за інженерними системами, людський фактор (наприклад, втручання в систему опалення, заміна радіаторів). Для модернізації житлового фонду необхідно проаналізувати ситуацію та рівень енергоефективності кожного будинку, розробити та впровадити заходи з енергозбереження.

Отже утеплення існуючих будівель, як один із заходів підвищення енергоефективності, зазвичай, починають з виконання таких операцій:

- 1) проведення теплофізичних розрахунків для кожного конкретного типу конструктиву (обчислення потрібної товщини утеплювача, яку слід

додати до існуючої огорожувальної конструкції для отримання нею унормованого опору теплопередачі);

2) оцінювання фактичного стану несучих елементів будівлі (фундаменти, стіни, перекриття) з метою визначення їх спроможності витримати додаткові навантаження від розрахованих фасадних систем утеплення (згідно з ДСТУ Б В.2.6–36 кожен квадратний метр такої системи з використанням плит ППС має масу в межах 25 кг, з використанням плит МВ — до 40 кг);

3) оцінювання фактичного стану поверхні огорожувальних конструкцій, на яку буде покладений утеплювач, з метою визначення її спроможності забезпечити необхідну міцність зчеплення утеплювача з основою.

На етапі аналізу необхідно визначити стан огорожувальної оболонки будівлі та оцінити рівень її теплового захисту. На сьогодні є наступні шляхи оцінки цього параметру: розрахунковий та інструментальний.

**Розрахунковий метод** викладено у відповідних нормативних документах. Досить розповсюдженим є випадки, коли під час енергообстеження будівель коефіцієнти теплопередачі конструкцій визначаються для однорідного огороження, тобто спрощено, без урахування теплопровідних включень, хоча навіть для будівель без складних архітектурних форм вплив таких «теплових містків» є досить суттєвим.

**При інструментальному** визначенні параметрів теплового захисту оболонки будівлі використовують прилад — термогігрометр із зондом для визначення коефіцієнту теплопередачі. Для визначення локальних термічно–неоднорідних ділянок використовується прилад — тепловізор.

Порядок, за яким виконуються натурні вимірювання, регулюються сучасними нормативними документами та стандартами. Методика для розрахунків показників теплового захисту за допомогою тепловізійного обстеження чітко не сформована, а процедура визначення показників на основі даних, що були отримані при тепловізійній діагностиці, є досить трудомісткою.

**Тепловізійне обстеження** конструкцій є ефективним інструментом для виявлення температурних аномалій та слугує основою для порівняння тепловтрат непрозорих огорожень із урахуванням різних методів оцінки теплозахисних властивостей зовнішніх стін, а саме:

- без урахування теплопровідних включень, тобто зовнішніх стін в теплотехнічному розрахунку;
- із урахуванням теплопровідних включень згідно діючих в Україні стандартів;
- або із урахуванням теплопровідних включень згідно європейського стандарту та інструментальне визначення характеристик теплового захисту.

**Енергоаудит** поділяють на простий (огляд енергоспоживання, заснованого на даних лічильників будинку) та комплексний і трудомісткий (визначення та ідентифікація всіх напрямів витрат енергії і передбачення установки нового стаціонарного вимірювального устаткування його тестування), після проведення якого видаються обґрунтовані рекомендації. Існують різні способи проведення енергоаудиту. За термінами проведення енергетичні обстеження поділяють на:

- первинні;
- чергові;
- позачергові.

За обсягами робіт, є просте (експрес — обстеження); повне (комплексне) інструментальне обстеження.

Простий енергетичний аудит передбачає поверховий збір інформації з енерговикористання та розроблення типових для даного об'єкту енергоспоживання рекомендацій із енергозбереження. Він забезпечує базове енергетичне обстеження, робить загальні висновки про споживання енергії та має використовуватися перед початком облаштування систем термомодернізації будівель і споруд. Основні джерел інформації з

енергоспоживання включають: витрати за період (рік, декаду, місяць), за паливо, воду, електричну енергію, показники лічильників, характеристика огорожувальних конструкцій, проектна документація по об'єкту. При цьому враховуються як обсяг споживання, так і тарифи та вартість різних видів спожитої енергії та енергоносіїв.

## Висновки до розділу 1

Впровадження енергоефективних технологій і практик у будівництві має численні переваги. Будинки використовують менше енергії, що призводить до зниження витрат на комунальні послуги, а також сприяє дбайливому ставленню до довкілля. Енергоефективність підвищує загальну ефективність будівель, які утримуються громадою, що в свою чергу веде до сталого розвитку, створення робочих місць і сприяє загальному економічному розвитку України. Зважаючи на курс України на євроінтеграцію, ми розглядаємо енергоефективність як один з ключових способів зменшення впливу на клімат і підвищення енергетичної безпеки.

Енергетична ефективність будівлі - це здатність будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати впродовж очікуваного її життєвого циклу побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для перебування або проживання у приміщеннях при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов за ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».

Існує сертифікація енергоефективності, прийнята на основі Директиви ЄС про енергоефективність будівель. Цю практику також запозичують інші країни, що розвиваються, включно з Україною. Сертифікати поділені на класи А—G, де клас С є мінімальним класом, що задовольняє вимоги до енергетичних характеристик громадських будівель.

Методологія проектування енергоефективних будівель полягає в системному аналізі або дослідженні операцій, направленому на пошук альтернативних рішень та кількісного обґрунтування оптимальних їх варіантів. При цьому будівля розглядається як єдина енергетична система, що складається з незалежних підсистем:

- зовнішнього клімату як джерела енергії і об'єкту, від якого треба захищати (ізолювати) будівлю;

- комплексу інженерних підсистем, енергетично пов'язаних між собою.

Основний вплив на формування теплового режиму і, відповідно, енергетичного статусу будівлі (енергетичних витрат на забезпечення необхідного теплового режиму) здійснює його теплоізоляційна оболонка, тобто огорожувальні конструкції. Від теплофізичних властивостей цієї енергетичної підсистеми залежить вибір параметрів підсистеми опалення.

Дуже важливо, що відтепер, при проектуванні будівель в Україні головною вимогою стає досягнення нормованого рівня енергоефективності, яке забезпечується контрольованим рівнем тепловитрат через зовнішні огорожувальні конструкції. При цьому, вимога до показників опору теплопередачі її окремих конструктивних елементів виступає не головною.

Проектування житлових будинків з класом енергоефективності не нижче «С» дозволить заощаджувати до 40% на енергії, цю обов'язкову норму закріплено у нових ДБН В.2.2–15:2019 «Житлові будинки. Основні положення», які вступили в дію з 01.12.2019 року і стосуються нового будівництва та реконструкції.

Вимога сьогодення – це розрахунок видатків на повний цикл експлуатації будівель та проведення енергетичного аудиту. Енергетичний аудит передбачає збір інформації з енерговикористання та розроблення типових для даного об'єкту енергоспоживання рекомендацій із енергозбереження. Він забезпечує базове енергетичне обстеження, робить загальні висновки про споживання енергії та має використовуватися перед початком облаштуванням систем термомодернізації будівель і споруд [14].

Аналіз стану кожного окремого об'єкту можливий лише за умови застосування певних методик оцінювання та аудиту, а також за наявності засобів для інструментального визначення теплозахисних характеристик будівель.

## Розділ 2. Інженерно-конструктивна частина

### 2.1 Основні принципи та методи забезпечення енергоефективності будівель

Для підвищення енергоефективності будівель вживаються різні заходи, серед них можна виділити, так звані, жорсткі та м'які заходи. Зробимо детальне пояснення жорстких (hard) і м'яких (soft) заходів для досягнення повного потенціалу енергоефективності. Ось проста та зрозуміла формула забезпечення комплексної енергоефективності будівлі:



Рис. 4: Елементи енергоефективності.

Жорсткі заходи енергоефективності це такі заходи, які передбачають фізичну зміну елементів будівлі, через що вдається споживати менше енергії без порушення рівня комфорту будівлі. Будівля споживає як теплову, так і електричну енергію. Тому розроблено деякі заходи з енергоефективності, що призводять до зменшення споживання теплової енергії, а також інші види заходів, що знижують споживання електроенергії. На рис. 4 наведено огляд заходів з енергоефективності. Заходи щодо зменшення споживання тепла, в цілому, спрямовані на зовнішню оболонку будівлі: утеплення фасадів, даху, підвалу, заміну вікон та входних дверей. Крім того, заходи з енергозбереження охоплюють вдосконалення систем опалення та вентиляції в приміщеннях, а також джерел тепла.

Такі заходи виділені жирним шрифтом на рис. 5. Заходи щодо економії електроенергії передбачають обладнання, вентиляцію, насоси, освітлення та інше обладнання, що споживає електроенергію всередині будівлі. Наприклад,

електроенергія для комп'ютерів, кухонної або пральної техніки, додаткового обладнання для опалення або охолодження.

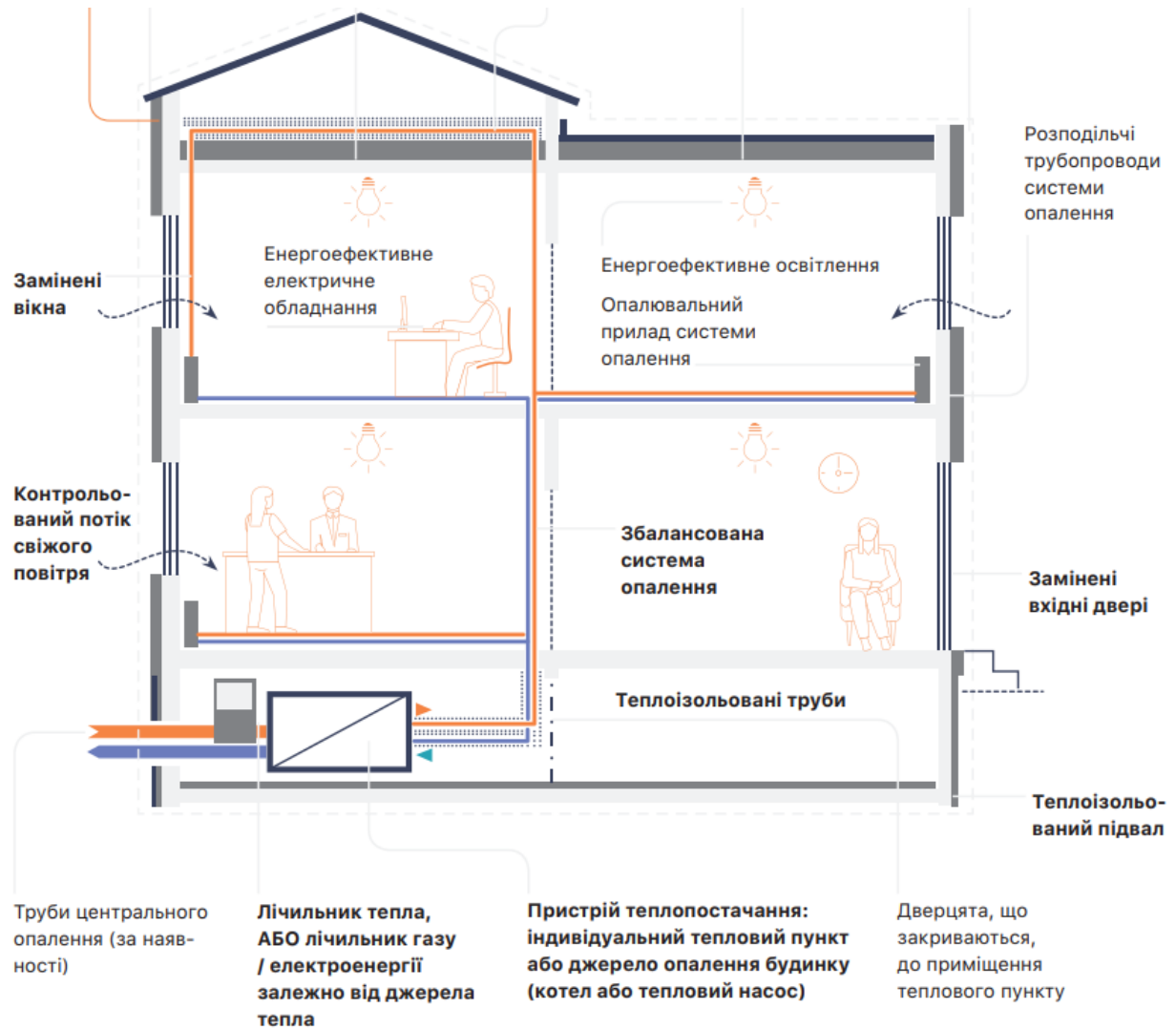


Рис. 5: Огляд жорстких заходів з енергоефективності, або те, що можна фізично вдосконалити в будівлі для збільшення її енергоефективності.

М'які заходи з енергоефективності це дії, які можуть бути вжиті усіма особами, що користуються будівлею: власниками, мешканцями, орендарями та відвідувачами будівель з метою економії енергії. Споживання енергоносіїв може суттєво змінюватися від багатьох складників в залежності від різної поведінки, звичок людей та ін.. Часто такі дії є дешевими або безкоштовними. М'які заходи посилюють ефект жорстких заходів і дозволяють повністю розкрити потенціал енергоефективності.

Існують різні підходи до прийняття рішень щодо інвестицій в енергоефективність. З метою оцінювання економічних результатів інвестицій у заходи з енергоефективності наполегливо рекомендується використовувати так звану модель витрат **повного періоду експлуатації (ППЕ)**.

Коли в існуючих будівлях виконуються заходи з енергоефективності, важливо, щоб вони виконувалися зважаючи на такі два принципи:

1. Якість будівлі та її корисність зберігаються або поліпшуються.
2. Максимально можлива економія досягається завдяки виділеним ресурсам.

**Модель витрат повного циклу експлуатації** була розроблена для оцінювання заходів з енергоефективності в будівлях шведською асоціацією, Шведським Енергетичним Агентством та Шведським форумом будівельників — Belok (“Beställargruppen Lokaler”). Ця модель часто називається «Загальна концепція». Згідно з нею, результати пілотних проєктів показують, що в існуючих будівлях можна досягти економії енергії до 50-70 %.

**Метод «Загальна концепція»** зосереджується на досягненні максимальної економії енергії в будівлях у рамках прибутковості.

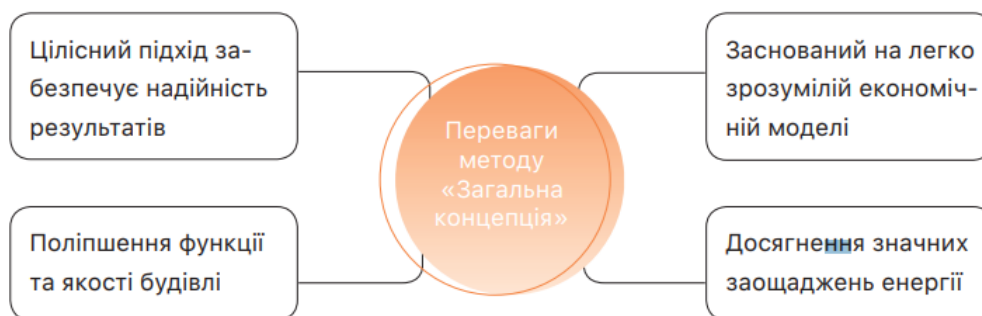


Рис. 6: Переваги методу «Загальна концепція».

Метод «Загальна концепція» заснований на простій економічній моделі для оцінювання прибутковості інвестицій в енергоефективність будівлі та передбачає такі три кроки:

1. У будівлі здійснюють ретельну інвентаризацію з метою визначення всіх можливих заходів з енергозбереження, і на основі цієї інформації створюється пакет заходів, який в цілому відповідає вимогам до прибутковості.

2. Втілення всього пакета заходів для будівлі.

3. Порівняння показників використання енергії до та після впровадження пакета заходів.

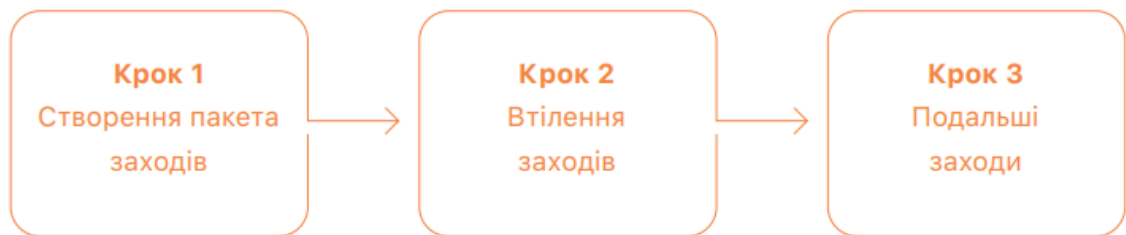


Рис. 7: Метод «Загальна концепція».

Критерієм кількості необхідних заходів є перевищення внутрішньою нормою прибутку затвердженої вартості капіталу для всього пакета. Економічні методи, що застосовані в методі «Загальна концепція», враховують також зміни цін на енергоносії та економічну тривалість інвестицій.

Таблиця 3: Огляд жорстких заходів з енергоефективності.

Захід	Призначення	Особлива увага	Заощадження енергії
<b>КРОК 1: ДЕШЕВІ ЗАХОДИ</b>			
Вимірювання	Уможливити вимірювання енергоспоживання шляхом установлення лічильників електроенергії, тепла або газу	У новобудовах можуть бути установлені окремі лічильники на кожному поверсі або в кожному відділі з метою стимулювання моделі поведінки, спрямованої на енергозбереження	Немає

		(м'які заходи). У будівлі, що обладнана як системою опалення, так і системою охолодження, обидві системи часто працюють одночасно. Про це свідчить не кімнатна температура, а лише рахунки за високе енергоспоживання. Це потрібно контролювати з регулярними інтервалами	
Регулювальне обладнання	Уможливити регулювання споживання тепла залежно від погоди та попиту завдяки встановленню спеціального обладнання. Без такого обладнання утеплені будівлі продовжуватимуть споживати такий самий обсяг енергії, як і до утеплення	Громадські будівлі здебільшого стоять порожні 75 % часу. Протягом цього часу температуру приміщень необхідно знижувати. Регулювальне обладнання дозволяє робити це. Зниження температури в приміщеннях в неробочі дні та години щорічно допоможе заощадити значний обсяг енергії	5-15 % тепла залежно від початкових умов опалювальної системи
Освітлення	Економія енергії та покращення якості освітлення завдяки встановленню	Таймери та автоматичні системи освітлення замість	80-90 % електроенергії, яка використовується

	світлодіодних ламп	світлових перемикачів сприяють зменшенню споживання енергії	я лише для освітлення
<b>КРОК 2: ЗАХОДИ З ВАРТІСТЮ ВІД СЕРЕДНЬОЇ ДО ВИСОКОЇ</b>			
Прозорі частини будівель	Зменшення втрат тепла завдяки заміні вікон, дверей і скляних блоків на фасадах	Частину прозорих зон у деяких будівлях можна перетворити на стіни. Це дозволяє підвищити енергозбереження, хоча слід приділити особливу увагу тому, щоб не порушувати архітектурний вигляд і не перешкоджати потраплянню сонячного світла до приміщень	10-20 % тепла
<b>КРОК 2: ДЕШЕВІ ЗАХОДИ</b>			
Труби та системи опалення	Дозволяє зменшити втрати тепла завдяки належній теплоізоляції та очищенню труб	У мансардах та інших приміщеннях, що не обігріваються, зазвичай прокладені неізольовані труби, а це призводить до втрат тепла. Рекомендується забезпечити всі труби теплоізоляцією: як труби системи опалення, так і труби системи охолодження	Приблизно 5 % тепла
Електричне обладнання	Заощадження електроенергії	Сучасне офісне обладнання є	Залежить від конкретного

	завдяки заміні енергоємного старого обладнання	значно менш енергоємним і сприяє такій поведінці користувачів, яка спрямована на енергозбереження	випадку
<b>КРОК 3: ЗАХОДИ ВИСОКОЇ ВАРТОСТІ</b>			
Непрозорі частини будівель	Зменшення втрат тепла завдяки теплоізоляції фасадів, дахів та горищ	Технічні мансарди мають висоту 0,5 м, і жодні їх функції не потребують додаткової уваги, оскільки вони часто невідомі	15-50 % тепла залежно від архітектури та стану будівель
Роботи з джерелом тепла	Розширення можливостей ефективного використання ресурсів та енергетичної безпеки завдяки переходу від газових котлів до альтернативних рішень, таких як теплові насоси та котли, що працюють на біопаливі	Не існує справжнього емпіричного правила щодо визначення оптимального рішення для джерела тепла. Кожен випадок вимагає ретельних міркувань, однак опалення на природному газі — це погана ідея з точки зору екологічної безпеки, економічних та енергетичних питань безпеки	Залежить від конкретного випадку
Системи вентиляції	За рідкісним винятком, громадські будівлі в Україні не мають централізованих систем механічної вентиляції. Натомість вони мають системи природної	Після завершення утеплення будівлі якість повітря в приміщеннях, ймовірно, погіршиться внаслідок герметизації будівельних конструкцій та	Якщо будівля не має системи механічної вентиляції, то відсутня регенерація енергії. Новобудівлі повинні мати системи з

	<p>вентиляції. Такі системи технічно не допускають рекуперації енергії або втілення енергоефективності. Створення систем механічної вентиляції дозволяє здійснювати рекуперацію тепла. Це заходи, що здебільшого підходять для нових будівель, однак у деяких випадках це можливо для реконструйованих будівель. Існують припливно-відтічні пристрої невеликого розміру з рекуперацією, які можуть бути придатними для деяких приміщень</p>	<p>перекритої системи вентиляції. Це може призвести до появи цвілі та тим самим негативно вплинути на здоров'я орендарів. Тому важливо забезпечити нормальне функціонування наявних систем вентиляції.</p>	<p>рекуперацією, тому їхній вплив необхідно оцінювати залежно від конкретного випадку</p>
<p><b>Можливе загальне збереження тепла порівняно з початковим рівнем</b></p>			<p><b>40-50 %</b></p>

## 2.2 Заходи підвищення енергоефективності будинків шляхом застосування сучасних інженерних систем

Проект заходів з енергоефективності та вибір матеріалів та обладнання повинен відповідати українським будівельним стандартам і розроблятися кваліфікованими інженерами. Комплекси заходів по енергозбереженню та

енергоефективності завжди взаємопов'язані поміж собою [25]. В цьому комплексі всі заходи важливі, тому ми розглянемо їх, дамо оцінку їх ефективності.

Значний вплив на підвищення енергоефективності будівель, в першу чергу житла, мають інженерні комунікації. В процесі підготовки фахівців будівельної галузі одним із освітніх компонентів є «**Інженерні мережі та обладнання**». Дуже важливо доносити до здобувачів освіти сучасні тенденції розвитку інженерних систем, їх ефективність і значення в загальній оцінці енергоефективності будівель.

### **Облік енергії**

Без обліку фактичного споживання енергії жоден захід з енергоефективності не принесе заощадження коштів, а жоден стимул не призведе до заходів з енергоефективності [27]. Тому першим кроком до енергоефективності є встановлення лічильника енергії.

Облік енергоспоживання здійснюється лічильниками енергії. Лічильники енергії можуть бути:

- лічильниками опалення, якщо будинок підключений до мережі центрального опалення;
- лічильниками газу, якщо будинок використовує газ у своїй власній котельні для виробництва тепла;
- лічильниками електричної енергії, якщо вона є джерелом тепла для будівлі.

Кожна будівля повинна також мати додатковий лічильник електроенергії для обліку освітлення та універсального використання електроенергії. Окрім того, облік енергії та моніторинг енергоспоживання допоможе вчасно виявляти та усунути проблеми в роботі обладнання.

### **Системи теплопостачання та опалення**

#### ***Вимоги до системи опалення будівлі:***

- облаштування індивідуального теплового пункту (ІТП) для будівель, підключених до централізованого опалення або погодного регулювання на індивідуальному котлі;
- перевірка гідравлічного режиму опалювальної системи будівлі та, за необхідності, встановлення додаткових балансувальних клапанів;
- встановлення терморегуляторів на опалювальні прилади;
- встановлення загально будинкового вузла обліку, а також окремого обліку теплової енергії на особисті потреби;
- проведення промивки системи опалення та теплоізоляція трубопроводів в неопалювальних приміщеннях.

### ***Обладнання для регулювання інтенсивності опалення***

Другим основним компонентом енергоефективності є обладнання для регулювання. Таке обладнання дозволяє будівлі споживати саме стільки енергії, скільки потрібно, щоб забезпечити задану різницю між фактичною зовнішньою температурою і бажаною температурою в приміщенні. Крім того, воно дозволяє орендарям впливати на споживання тепла завдяки регулюванню до бажаної температури. Ця можливість є основою забезпечення енергоефективності.

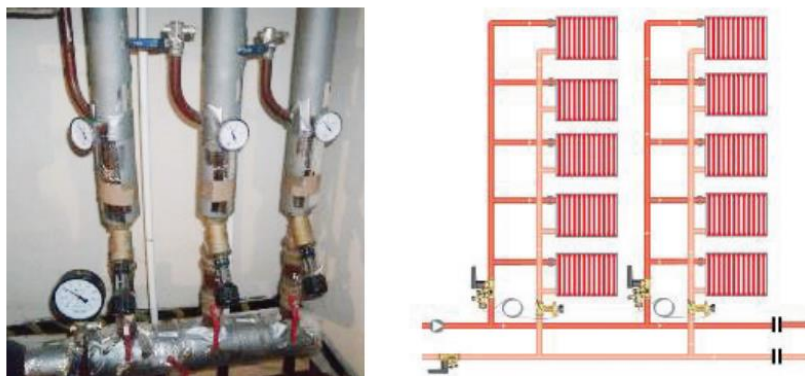


Рис. 8 Встановлення балансувальних клапанів системи опалення



Рис. 9 Облаштування терморегулятора на існуючому радіаторі

**Індивідуальний тепловий пункт (ІТП)** — це установка, що з'єднує систему опалення приміщень будівлі з зовнішньою мережею центрального опалення. Мета ІТП — забезпечення регулювання споживання тепла відповідно до погоди та потреби. Завдяки ІТП можна встановлювати бажані температури приміщень для всієї будівлі.

Без обладнання для регулювання навіть ізольована будівля буде продовжувати споживати багато енергії та натомість перегріватиметься. Це означає, що на практиці не буде досягнуто жодного ефекту заощадження коштів або скорочення викидів шкідливих речовин у атмосферу. Також це обладнання дозволяє знизити температуру в приміщенні в неробочі дні.

На відміну від теплової модернізації зовнішніх елементів будівель економія енергії від ремонту агрегатів ІТП відбувається не внаслідок зміни термостійкості зовнішніх елементів будівель, а завдяки ретельному регулюванню температур у приміщеннях. Таким чином, більша частина енергії заощаджується в осінньо-весняні або сонячні зимові дні. У таких випадках нерегульована система споживає стільки ж енергії, скільки їй постачається, і не менше. Досить часто це занадто багато енергії, тому будівля перегрівается.

ІТП здатний реагувати на потребу та постачати опалення в обсязі, що є достатнім для підтримання бажаної температури в приміщенні. Таке управління дає щорічну економію енергії. Крім того, ІТП дозволяє

автоматично знижувати температуру приміщення в дні відсутності мешканців в будинках, це особливо актуально для громадських будівель, в яких є персонал і відвідувачі приблизно 8 годин на добу, а інші 16 годин вони стоять практично порожні. Також такі будинки закриті на вихідні дні. Зниження температури в приміщенні в неробочий час дає значну економію енергії.

### ***Труби та система опалення***

Труби опалення, що розташовані в приміщеннях, які не опалюються, необхідно утеплити для запобігання втратам тепла. Як правило, приміщення, що не обігріваються, — це підвали, а труби, на які слід встановити теплоізоляцію, — це труби, що йдуть від джерела тепла до опалюваних приміщень. Горище — це ще одне типове приміщення без опалення. Іноді горище відоме як зона під дахом. Труби, що розташовані в таких зонах, зазнають значних втрат тепла.

Іншим важливим заходом з енергозбереження є ***промивання та балансування системи опалення***. Це відносно економічно вигідно з приблизно 10% економії. Цей захід дозволяє видаляти накопичені забруднення всередині системи опалення та відновлює її гідрологічний баланс. Чиста і добре збалансована система дозволяє правильно розподіляти енергію між приміщеннями. Таким чином, будівля споживає менше енергії порівняно з незбалансованою системою, в якій існує перегрівання деяких приміщень для досягнення прийняттого рівня температури в інших приміщеннях.

Слід зазначити, що промивання системи передбачає хімічне промивання за умов досить високого тиску. Системи опалення в приміщенні в поганому стані можуть не дозволити здійснити цю процедуру, оскільки труби, що перебувають у найгіршому стані, можуть лопнути. Тому рекомендується здійснювати ретельне оцінювання стану труб до ухвалення рішення про проведення такого заходу.

Труби опалення можуть бути джерелом значних втрат тепла, особливо якщо вони знаходяться в неопалюваних приміщеннях або на технічних

горищах з прямим виходом на вулицю. Хоча, в цілому це хороший захід, не всі труби можуть витримати промивання внаслідок їх значної зношеності.



Рис. 10 Ефективна теплоізоляція трубопроводів

Двотрубні системи опалення забезпечують дві труби до кожного радіатора; одна з них подає до радіатора теплу воду з котла, а інша повертає холодну воду назад до котла. Ці системи є найкращими для розподілу тепла між приміщеннями в будівлі, оскільки вони дозволяють незалежно регулювати температуру в кожній кімнаті за допомогою регулювання параметрів теплових клапанів радіаторів. На жаль, у старих громадських будівлях нечасто є такі системи. Натомість частіше зустрічаються однотрубні системи.

Технологія однотрубних систем є складною для адекватного розподілу тепла та незалежного регулювання приміщень. Перетворення однотрубної системи на двотрубну означає повне виведення з експлуатації старої труби та встановлення абсолютно нової. Жодні частини або матеріали зі старої системи не можна використовувати повторно. Саме тому вартість такої заміни висока та непропорційна економії енергії.

Рекомендується перехід на двотрубну систему:

- під час проектування нового будинку;
- якщо стан старої однотрубної системи опалення не підлягає ремонту.

## *Технології опалення*

Кожна будівля має власне джерело опалення. У таблиці 3 нижче наведено огляд можливих існуючих рішень, пов'язаних з ними питань та запропоновано загальні шляхи їх досягнення. Конкретні рекомендації щодо вдосконалення надані лише для конкретного випадку. При цьому найбільш прийнятний спосіб забезпечення теплопостачання повинен розглядатися не тільки для окремої будівлі, а й для населеного пункту в цілому.

*Джерела тепла* — це складні технічні прилади, які вимагають відповідної кваліфікації для роботи з ними.

Табл. 3 Можливі існуючі технології опалення

ДЖЕРЕЛО ТЕПЛА	ОПИС	МОЖЛИВІ ПРОБЛЕМИ	ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
Котел старого зразку, що працює на викопному паливі	Старий агрегат, який використовує викопне паливо для виробництва тепла для будівлі. Більшість таких агрегатів в Україні працює на газі, проте може також використовувати вугілля. Часто вони розташовані безпосередньо всередині будівлі.	Швидше за все, через дуже обмежені можливості автоматизації та регулювання будівля споживає більше тепла, ніж потрібно. Імовірно, неефективний спосіб згоряння призводить до надмірного споживання палива та пов'язаних з цим високих експлуатаційних витрат і високих викидів. Місцеві викиди в безпосередній близькості від будівлі. Імовірно, що викиди будуть високими внаслідок неефективного способу згоряння. Це має безпосередній негативний вплив на здоров'я громадян і на навколишнє середовище.	Визначте пріоритети оцінювання варіантів повної заміни цього джерела тепла в найближчому майбутньому. Оцініть можливості заміни приладів, які працюють на викопних видів палива, іншими приладами, що не використовують викопне паливо

		Споживання природного газу сприяє енергетичній залежності України, тому цього слід уникати.	
Сучасні котли на викопному паливі	Сучасний котел, який може працювати на природному газі. Часто він розташований безпосередньо всередині будівлі	Незважаючи на те, що спосіб згорання є значно кращим, ніж у старих агрегатах, він все ще дає викиди, які шкідливі для здоров'я та навколишнього середовища. Споживання природного газу сприяє енергетичній залежності України, тому цього слід уникати.	Розгляньте можливість доповнення наявного пристрою джерелами тепла з нульовим рівнем використання палива. Це скоротить споживання газу без шкоди для рівня комфорту. Якщо котел застаріває, слід подумати про його заміну котлом, який працює не на викопному паливі.
Електричний котел	Безпосереднє перетворення електричної енергії на теплову	Хоча він зручний у використанні та має значні можливості автоматизації, його експлуатаційні витрати можуть бути відчутними через високу ціну електроенергії. Технологія теплового насоса є набагато більш економічним використанням електричної енергії для виробництва тепла. Завдяки теплому насосу ви отримуєте в 2-4 рази більше тепла, ніж від електричного котла. Ви заощаджуєте від $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ електроенергії, яка використовується до перетворення.	Розгляньте модернізацію наявного агрегату джерелами тепла з нульовим рівнем використання палива. Це зменшить споживання електроенергії без шкоди для рівня комфорту.
Система центрального опалення	Опалення постачається до будівлі від системи	Користувачі старих систем можуть відчувати занадто	Залишити підключення до центрального

	<p>централізованого опалення (переважно від великих котелень та ТЕЦ). Це типово для великих населених пунктів і міст України.</p>	<p>низьку температуру в приміщенні, особливо навесні та восени. Може зростати невдоволення приладами опалення. Можливі причини такої ситуації: — Погіршення теплових властивостей будівлі, недостатня теплоізоляція — Занадто високі втрати в системах центрального опалення призводять до недостатньої температури в мережах — Недостатній температурний режим забезпечується компанією, яка постачає централізоване опалення.</p>	<p>опалення (не замінювати його окремим агрегатом) Теплоізолюйте будівлю — це дозволить вирішити невдоволення користувача занадто низькою температурою в приміщенні. Інвестуйте в ІТП – цей пристрій забезпечить, щоб будівля споживала лише стільки енергії, скільки вона потребує. Можна вирішити проблему шляхом регулювання або зміни положення радіаторів на більшій площі. Модернізація теплових мереж та джерела теплової енергії (в тому числі з переходом на альтернативне паливо) може значно підвищити комфорт та знизити затрати на теплопостачання.</p>
--	---	---	--

### ***Централізоване опалення***

В Україні за радянських часів була впроваджена технологія централізованого опалення. Після десятиліть неадекватного технічного обслуговування інфраструктура централізованого опалення погіршилася. Здебільшого вона неефективна та забезпечує низьку якість опалення. За багато років такого досвіду це створило упередження, що централізоване опалення є застарілою технологією для обігрівання будинків. Фактично, централізоване опалення є найсучаснішою технологією для опалення міських територій. Це

дозволяє застосовувати технології без використання викопного палива для виробництва тепла.

Однією з таких технологій є виробництво енергії з відходів: тверді побутові відходи спалюються з метою виробництва тепла. Великі сучасні об'єкти дозволяють підтримувати високі стандарти очищення димових газів. Це значно кращий спосіб утилізації комунальних відходів, ніж сміттєвий полігон. Крім того, централізоване опалення дозволяє використовувати відходи біомаси від лісової промисловості, а також теплові втрати, наприклад, від залізних заводів. У 2016 році Швеція виробила 77 % свого централізованого теплопостачання з джерел, які вважалися б марними відходами у багатьох інших країнах: біомаса та відходи біомаси від лісової промисловості, відпрацьоване тепло та тверді побутові відходи. Нафтопродукти і природний газ становили лише 5 % — ці технології досі використовуються у Швеції для пікових навантажень.

Що стосується досвіду користувачів, то централізоване опалення є зручною в експлуатації технологією. Це надійне джерело тепла, яке завжди доступне.

Багато країн світу, наприклад, Великобританія, зацікавлені у розширенні використання центрального опалення для обігрівання будинків. Але інфраструктура централізованого теплопостачання вимагає значних інвестицій, особливо при створенні мереж з нуля. Крім того, багато міст у світі мають щільну міську забудову, що значно обмежує розгортання централізованого опалення.




Україна має фантастичні передумови для використання переваг сучасної технології централізованого опалення, оскільки головна інфраструктура вже є в більшості міст України. Проте інфраструктура вимагає значних інвестицій у підвищення її ефективності та модернізацію. Сьогодні багато міжнародних фінансових установ впроваджують інвестиційні проєкти, що спрямовані на покращення ситуації. Деякі українські міста вже користуються першими результатами модернізації централізованого опалення, шляхом вдосконалення мереж та заміною промислових котлів на біомасі. Через десять-двадцять

років ще більша кількість міст буде модернізована та надаватиме сучасні послуги централізованого опалення.

Існують також ініціативи щодо початку використання сучасних технологій виробництва енергії з відходів замість спалювання імпортованого газу для забезпечення централізованого опалення, що позитивно впливає на навколишнє середовище та енергетичну незалежність України. Таким чином, рекомендується підтримувати ініціативи щодо модернізації українського централізованого опалення, а не відмовлятися від цієї технології.

У таблиці 4 надано огляд можливих сучасних технологій опалення. Для визначення, які саме з цих технологій оптимально підходять для конкретного випадку, необхідно ретельно проаналізувати будівлі, ціни на енергоносії та доступність палива й ціни в конкретному регіоні.

Таблиця 4. Сучасні технології постачання опалення для невеликих будівель

технологія	опис	витрати	рекомендація
<b>Теплові насоси</b>	Теплові насоси використовують таку саму технологію, що й домашні холодильники, але замість того, щоб використовувати сторону охолодження, вони використовують теплу сторону. У холодильнику його тепла сторона стоїть біля стіни. Крім того, теплові насоси набагато більше розміром і споживають більше кВт, ніж домашні холодильники. Тепловий насос використовує електроенергію як паливо. З 1 кВт-год електроенергії теплові насоси виробляють ~ 3 кВт-год теплоти. На відміну від електричного котла з	Інвестиції:  дуже великі Паливо:  середні Технічне обслуговування:  низькі Дуже високі інвестиційні витрати можна пояснити значною вартістю робіт з буріння великих свердловин для теплообмінника, а також дорогим обладнанням. Повітряні теплові насоси набагато дешевші, але вони мають обмеження на теплопостачання порівняно з нафтовими або газовими котлами.	До розрахунку потрібно подати оцінку як інвестиційних, так і експлуатаційних витрат. Не ухвалюйте рішення на основі неповної інформації. Теплові насоси можна поєднувати з іншими технологіями опалення, такими як сонячна.

	<p>1 кВт-год електроенергії виробляється лише 1 кВт-год теплоти. Ось чому тепловий насос — це дуже економна технологія. Для виробництва тепла тепловий насос повинен мати свій теплообмінник, що розташований у зовнішньому середовищі, наприклад, у свердловині, у резервуарі для води поблизу (наприклад, озері) або у навколишньому повітрі.</p>								
<p><b>Сонячні колектори</b></p>	<p>Використовують сонячну енергію для виробництва тепла. Тепло не виробляється протягом часу, коли сонця нема.</p>	<table border="1"> <tr> <td>Інвестиції:</td> <td>високо</td> </tr> <tr> <td>Паливо:</td> <td>нульово</td> </tr> <tr> <td>Технічне обслуговування:</td> <td>низько</td> </tr> </table>	Інвестиції:	високо	Паливо:	нульово	Технічне обслуговування:	низько	<p>Сонячних теплових панелей, ймовірно, буде недостатньо для покриття потреби в опаленні. Але їх можна використовувати: — як посилення інших джерел тепла з метою зменшення споживання викопного палива — для виробництва гарячої води в домогосподарствах — під час вибору потужності сонячних колекторів необхідно орієнтуватися на мінімальне літнє споживання гарячої води задля уникнення переходу колекторів у режим стагнації.</p>
Інвестиції:	високо								
Паливо:	нульово								
Технічне обслуговування:	низько								

<p>Котел, що працює на біомасі</p>	<p>Котел, що використовує біомасу для виробництва тепла. З великою можливістю також виробляти електричну енергію. Особливо, якщо він має великі габарити. Хоча він є екологічно чистим, але досі дає локальні викиди в результаті згоряння. Таким чином, потрібно відповідне очищення вихлопних газів Котел на біомасі має обмеження на здатність автоматичного заправлення паливом. У більшості випадків необхідно вручну регулярно подавати паливо до котла. Цю умову можна пом'якшити завдяки використанню гранул як палива, але гранули є дорогим видом біомаси.</p>	<table border="1"> <tr> <td>Інвестиції:</td> <td>■ помірні</td> </tr> <tr> <td>Паливо:</td> <td>■ помірні</td> </tr> <tr> <td>Технічне обслуговування:</td> <td>■ високі</td> </tr> </table> <p>Високі витрати на технічне обслуговування пояснюються дуже частою необхідністю в присутності персоналу, який подає паливо до котла та здійснює його технічне обслуговування. Витрати на паливо для різних регіонів можуть значно відрізнятися.</p>	Інвестиції:	■ помірні	Паливо:	■ помірні	Технічне обслуговування:	■ високі	<p>Необхідне відповідне очищення викидних газів. Потрібне надійне джерело постачання біомаси. Слід зробити певний запас біомаси в безпосередній близькості від котла. Необхідно забезпечити кваліфіковане та регулярне технічне обслуговування котла.</p>
Інвестиції:	■ помірні								
Паливо:	■ помірні								
Технічне обслуговування:	■ високі								

**Теплові насоси** є перспективним джерелом енергії для системи опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування. Але слід пам'ятати, що найбільша ефективність теплового насосу досягається за умови застосування низькотемпературних опалювальних приладів (як для теплої підлоги) та в разі, коли теплові насоси використовуватимуться для потреб кондиціонування в літній період.

В даний час використовуються два основних типи теплових насосів: ґрунтові та повітряні. При цьому ґрунтовий тепловий насос має вищий коефіцієнт перетворення та може працювати і при значних від'ємних температурах зовнішнього повітря. Повітряний тепловий насос, як правило, ефективний до 0°C, а за нижчих температур повітря потребуватиме дублюючого джерела енергії.

### ***Особливості застосування:***

- віддавати перевагу ґрунтовим тепловим насосам за умови можливості влаштування свердловини на ділянці;
- враховувати необхідність влаштування низькотемпературної системи опалення;
- передбачити можливість використання теплового насосу для кондиціонування з утилізацією тепла на потреби гарячого водопостачання;
- в разі використання повітряного теплового насосу передбачити дублююче джерело теплопостачання.

### **Освітлення**

Загалом, лампи розжарювання мають високий рівень споживання енергії, низьку світлову ефективність і короткий період експлуатації. Лампа розжарювання потужністю 60 Вт, 800 люмен, має період експлуатації 1000 годин і коштує приблизно 15 грн. Протягом стандартного року використання (1000 год.) споживає приблизно 60 кВт-год електроенергії. Найбільш ефективним є використання світлодіодних джерел світла. Світлодіодна лампа має період експлуатації приблизно 8000 – 20 000 год і коштує приблизно 60 грн. Світлодіод потужністю 800 люмен має близько 8 Вт і споживає 8 кВт-год на рік. З метою заощадження енергії та забезпечення модернізованого освітлення будівель рекомендується замінити наявні лампи розжарювання на сучасні світлодіодні лампи. Світлодіодні лампи також мають значно довший період експлуатації. Вони вимагатимуть менш часту заміну порівняно з лампами розжарювання.

При цьому необхідно враховувати розміщення світильників для забезпечення рівномірного освітлення та мінімізації витрат. Наприклад: встановити таймери та автоматичні системи для вимкнення світла за такими параметрами:

- присутність — для місць тимчасового перебування людей;

- рівень природного освітлення всередині — для місць постійного перебування людей;
- рівень природного освітлення зовні — для зовнішнього освітлення.

### ***Приклади ефективних рішень освітлення***

- використання світлодіодних світильників;
- давачі руху в санвузлах та коридорах;
- зовнішнє освітлення з сутінковими давачами;
- розміщення світильників над робочими місцями;
- можливість керування окремими групами світильників.

### **Електричне обладнання**

- використання обладнання лише класу С та вище;
- нагадування про необхідність вимикання приладів у неробочий час (для офісних, складських, громадсько-побутових та ін. приміщень);
- знеструмлення блоків живлення в неробочий час;
- розміщення світильників над робочими місцями (робочі кабінети, кухні, ремонтні майстерні та ін.).

### **Вентиляція будівель**

Переважає більшість житлових та громадських будівель в Україні не мають механічної системи вентиляції типу «постачання-видалення». Вентиляція встановлюється як комплект вертикальних вентиляційних каналів для природної витяжної вентиляції, що передбачає постачання свіжого повітря через вікна. Внаслідок вимушеного просочення холодного свіжого повітря тепле відпрацьоване повітря надходить у канал крізь спеціальний вхідний отвір. Потік відпрацьованого повітря декількох приміщень потім об'єднується у вертикальному каналі та виходить з будівлі на даху.

Для того, щоб ця система функціонувала, необхідно забезпечити:

- відпрацьоване повітря не зустрічає жодних перепон на своєму шляху до виходу;
- забезпечити приплив свіжого повітря у приміщення.

Якщо теплоізоляція будівель та заміна вікон забезпечують значну економію енергії за рахунок зниження теплопровідності зовнішніх елементів будівлі та зменшення проникнення холодного повітря, то недостатній обмін повітря через погано працюючі вентиляційні системи негативно впливає на мікроклімат приміщень. А це може викликати певні негативні наслідки:

- більш висока концентрація вологи, що призводить до негативного впливу на тримальні властивості будівельних конструкцій;
- призводить до появи цвілі. Деякі види цвілі мають значний негативний вплив на систему дихання людини;
- більш висока концентрація інших газів у повітропроводах негативно впливає на здоров'я.

Тому життєво важливо розглянути питання вентиляції в термічно модернізованих будівлях. Приклади ефективних рішень вентиляції:

- контроль за рівнем концентрації вуглекислого газу і провітрювання / вмикання вентиляції за потребою;
- використання рекуператорів теплової енергії з високим ККД;
- застосування технології «free cooling», котра забезпечує охолодження зовнішнім повітрям в нічний період без використання кондиціонерів.

### **Системи кондиціонування**

Система кондиціонування повинна забезпечувати оптимальні параметри мікроклімату в літньому режимі. При цьому під час проєктування необхідно мінімізувати потужність системи кондиціонування за рахунок використання систем затінення, а також, за можливості, суміщення функції охолодження та нагрівання за рахунок використання теплового насосу.

В якості приладів для охолодження можуть використовуватись:

- каналні (суміщені з вентиляцією) чи касетні фанкойли.

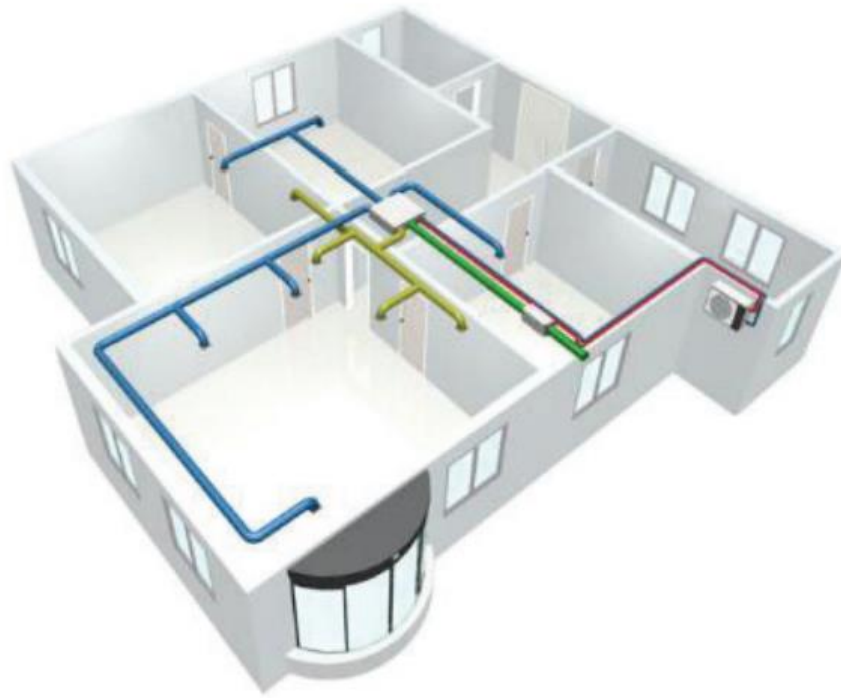


Рис. 11 Схема розміщення повітропроводів системи вентиляції суміщенні з системою кондиціонування.

Приклади ефективних рішень кондиціонування:

- використання кондиціонерів з високим холодильним коефіцієнтом (класом енергоефективності);
- застосування технології «free cooling» (охолодження зовнішнім повітрям в нічний період без використання кондиціонерів);
- вмикання кондиціонерів за графіком;
- застосування систем затінення.

### **Системи водопостачання**

Для систем водопостачання найбільше споживання енергоресурсів йде на гаряче водопостачання, що суттєво впливає на клас енергетичної ефективності будівлі в цілому. Централізоване гаряче водопостачання є не всім доступне, та й ціна на таку послугу досить висока. Серед доступних альтернативних джерел може бути використано:

- тепловий насос;

- електричний ємнісний бойлер;
- сонячний колектор.

Рекомендовано використовувати для потреб енергоспоживання або сонячні колектори, або комбінацію теплового насосу (в режимі охолодження) та сонячні батареї. Можлива інтеграція системи гарячого водопостачання, яка дозволить максимально використовувати потенціал відновлювальних джерел.

Найбільш ефективним є використання сонячної енергії для потреб гарячого водопостачання. При цьому під час вибору потужності сонячних колекторів необхідно орієнтуватися на мінімальне літнє споживання гарячої води, задля уникнення переходу колекторів у режим стагнації.

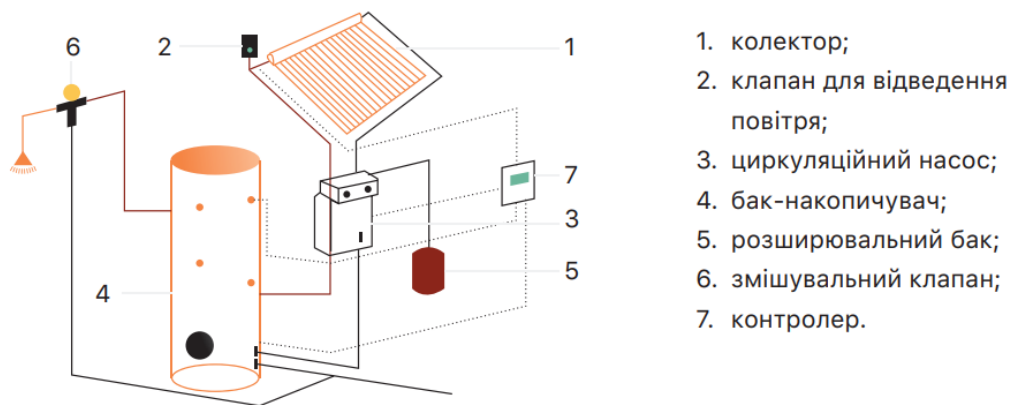


Рис. 12 Основні елементи системи підготовки гарячої води з використанням сонячних колекторів

### Сонячні батареї

Приватні будинки, офісні приміщення, загородні котеджі є значними споживачами електричної енергії, що витрачається на потреби освітлення, комп'ютерної техніки, кондиціонування та вентиляції, а в ряді випадків і системи опалення. При цьому слід мати на увазі, що виробництво електроенергії сонячними батареями в літні та зимові місяці відрізняється орієнтовно в 10 разів. Тому під час проектування необхідно врахувати можливість генерації електроенергії в мережу та встановлення відповідного обладнання.

### **Особливості застосування:**

- необхідна площа покрівлі для 1 кВт потужності — близько 7 кв. м;
- застосування мережевих або гібридних інверторів, що дозволяють використовувати одночасно електроенергію з мережі та від сонячних батарей;
- лічильник обліку електроенергії повинен мати можливість враховувати генерацію в мережу;
- за умови застосування акумуляторних систем — врахувати необхідність періодичної заміни акумуляторів;
- необхідне резервне джерело електроживлення.

## **2.3 Конструктивні та технологічні рішення щодо підвищення енергоефективності будинків**

Здобувачам освіти необхідно знати де є найбільші втрати тепла і яких заходів треба вжити для їх зменшення. Будь-які втрати теплової енергії понижують клас енергоефективності будівлі. Грунтовні знання щодо підвищення енергоефективності будинків здобувачі освіти можуть отримати при вивченні освітніх компонентів «Архітектура будівель і споруд», «Інженерні мережі та обладнання», «Будівельні матеріали та виробни», «Технологія будівельного виробництва», «Енергозберігаючі технології в будівництві» та ін.

Найбільша втрата тепла відбувається через огорожувальні конструкції будинків: стіни, дахи, перекриття, вікна, двері.

### **Непрозорі частини зовнішніх елементів будівель - це:**

- фасади;
- дахи та горища;

- підвали.

Заходи з енергоефективності для цих конструктивних елементів передбачають встановлення додаткового утеплювального шару. Завдяки додатковому утепленню термічний опір зовнішніх елементів будівлі відповідно збільшується, що призводить до зменшення теплових втрат. Це економить тепло та збільшує період експлуатації будівельних конструкцій. Крім того, зовнішня теплоізоляція фасадів покращує зовнішній вигляд будівлі та шумоізоляцію, а також зменшує проникність повітря.



Рис. 13 Будинок до та після утеплення.

### **Стінові конструкції**

Під час вибору матеріалів та конструкції зовнішніх стін для енергоефективної будівлі з класом не нижче «С» необхідно керуватися наступними критеріями:

- Опір теплопередачі не нижче ніж  $3,3 \text{ (m}^2\text{K)/Вт}$  з врахуванням містків холоду, чому відповідають наступні комбінації:

Таблиця 5. Орієнтовні варіанти влаштування теплоізоляції стін

Шари стіни зсередини назовні	
Мінімальний варіант	Примітки
1. Цегла – 0,25 м 2. Мінеральна вата/ пінополістирол/піноскло – 0,2 м	
1. Піно/газобетон – 0,4 м. 2. Мінеральна вата	
1. Мінеральна вата або пінополістирол – 0,3 м	В складі каркасної будівлі або SIP-панелі* * SIP панель це - вид стінової конструкції, що складається з декількох шарів: зовнішні захисні та внутрішній – теплоізоляційний.
1. Цегла – 0,25 м 2. Пінополіуретан - 0,15 м	З зовнішнім опорядженням каркасу

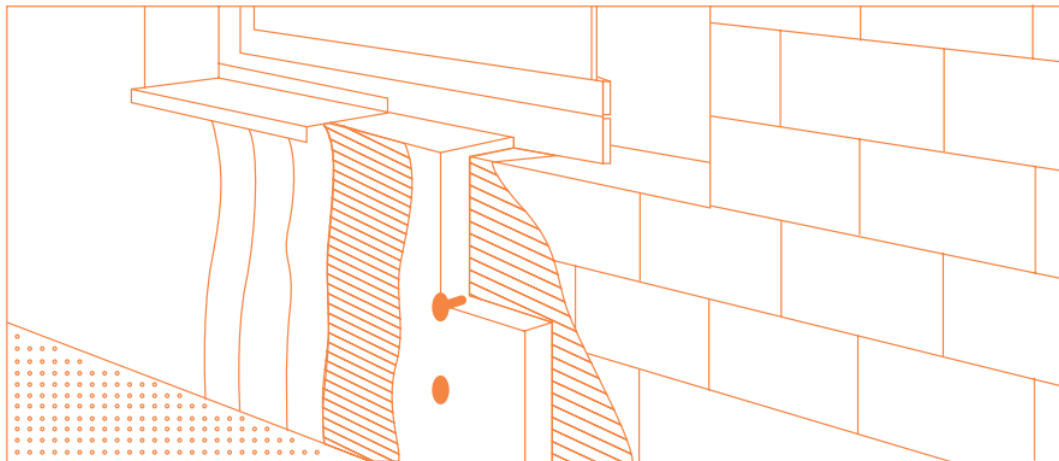


Рис. 14 Основні елементи системи утеплення за допомогою скріпленої теплоізоляції

### *Приклади ефективних рішень*

- опір теплопередачі вище за нормативний;
- мінімальна кількість містків холоду;
- мінімізація містків холоду, що досягається забезпеченням суцільного безшовного утеплення та уникнення конструкцій типу балконів та декоративних елементів з матеріалів з високою теплопровідністю;
- герметизація всіх стиків та забезпечення герметичності конструкції для уникнення інфільтрації та зволоження утеплювача.

Під час виконання перевірки якості проектних та монтажних робіт, що стосуються теплоізоляції зовнішніх стін необхідно особливу увагу звернути на наступні моменти:

- товщина утеплення та загальний опір теплопередачі в умовах експлуатації;
- використання матеріалів, що дозволені для застосування для визначених типів будівлі;
- використання матеріалів, що відповідають діючим нормативам в т. ч. густини, коефіцієнту теплопровідності, паропроникності;
- підготовка стінових конструкцій (чищення, вирівнювання, ґрунтування тощо);
- необхідна кількість кріпильних елементів та належна їх довжина відповідно до технологічної карти;
- спосіб нанесення клеючої суміші залежно від матеріалу утеплювача (зокрема на мінераловатний утеплювач клей наноситься лише суцільним шаром);
- плити утеплювача повинні розміщуватися в «шаховому» порядку при цьому на кутах будівлі необхідно передбачити перев'язку плит;
- армуюча сітка повинна бути утоплена в шар клею, при цьому повинна вкладатися внахлест;
- всі елементи системи утеплення (клей, штукатурка, фарба, армуюча сітка, ґрунтовка) повинні бути від одного виробника, так як матеріали різних виробників (наприклад, штукатурка та фарба) можуть бути не сумісні між собою і призвести до швидкого псування системи.

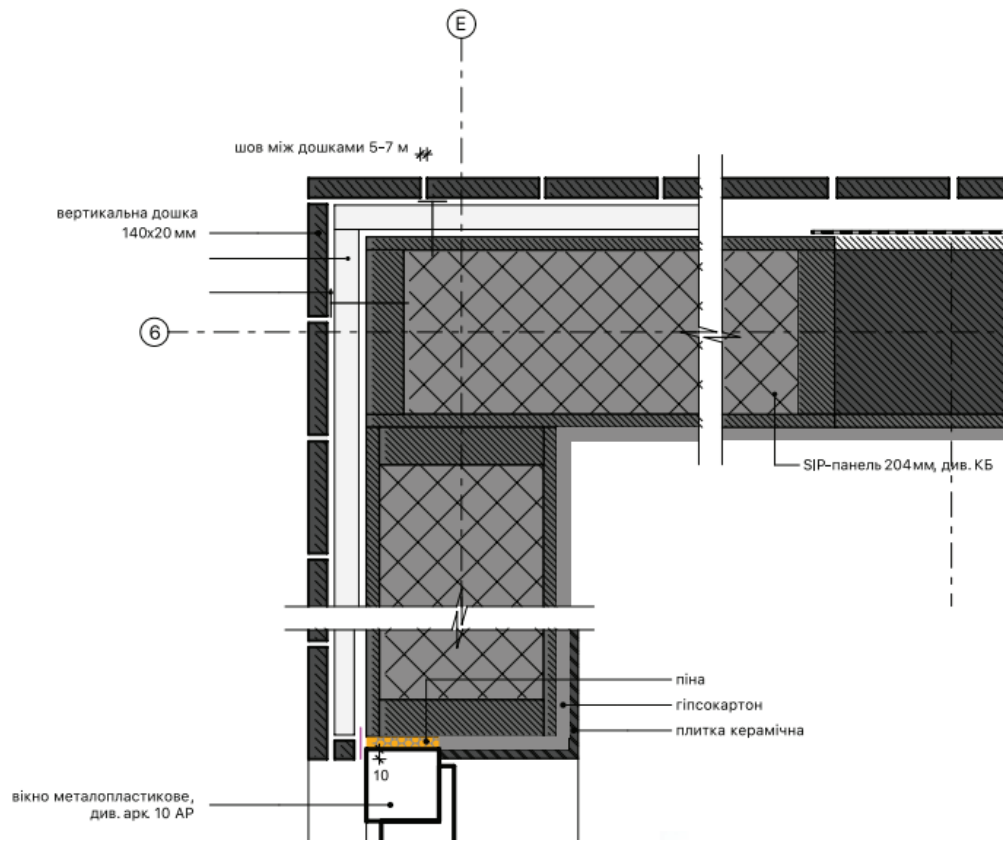
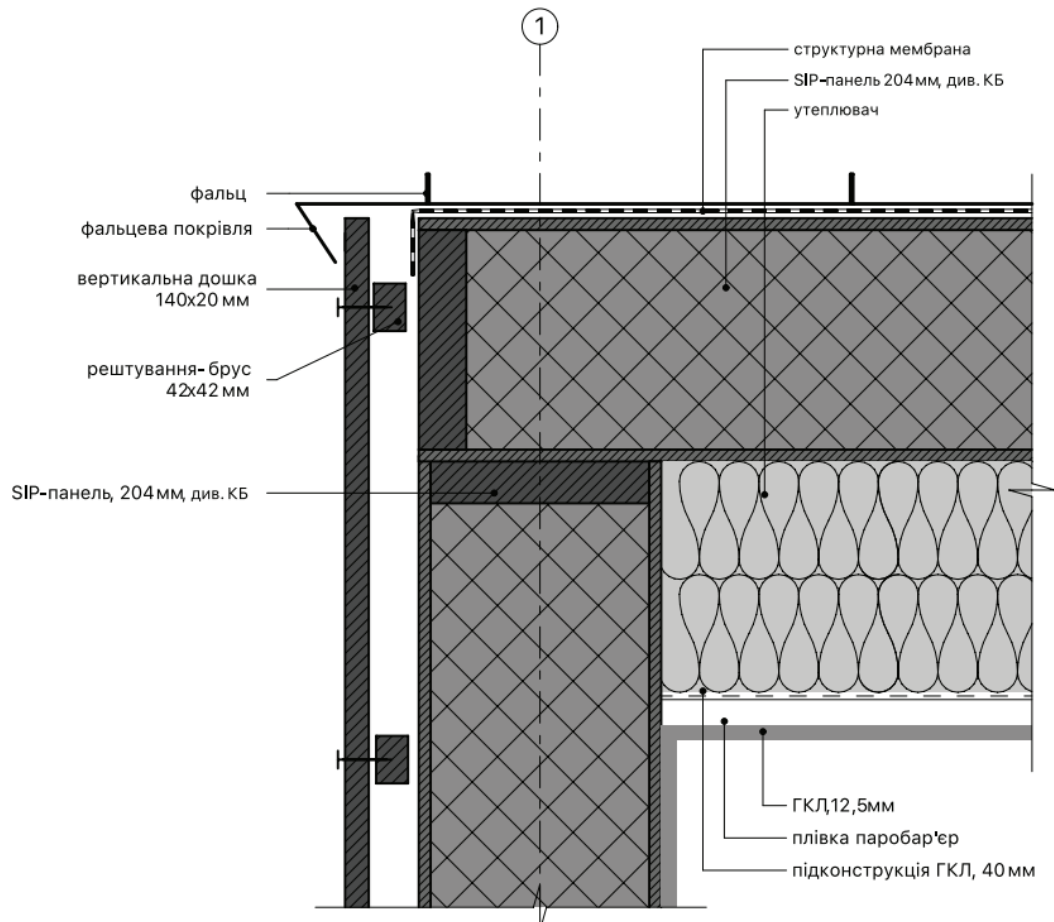


Рис. 15 Виконання зовнішніх стін з SIP-панелей



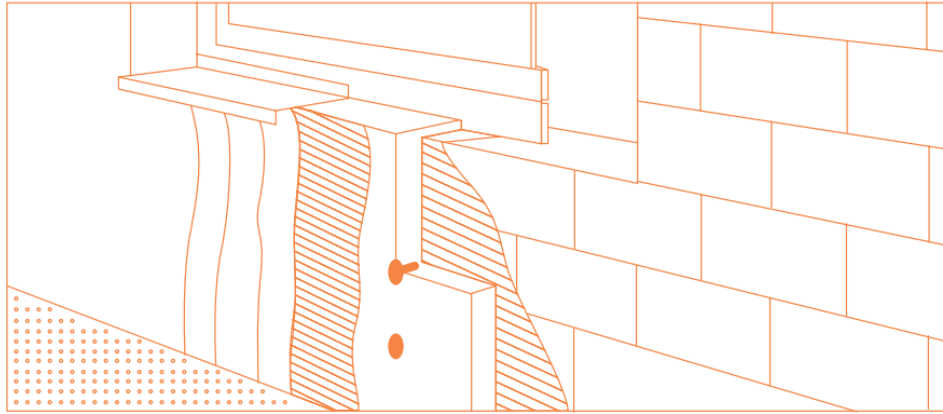


Рис. 16 Основні елементи системи утеплення за допомогою скріпленої теплоізоляції

Ізоляцію фасадів необхідно робити, якщо конструкція фасадів в гарному стані. Фасади з видимими тріщинами всередині або на зовнішній стороні будівлі слід перевірити до монтажу шарів ізоляції, особливо для того, щоб визначити, чи підтримує фасад будівлю. Кваліфікована перевірка визначає, чи є тріщини стабільними, та чи можна встановлювати ізоляцію, та чи потрібні роботи для зміцнення. Такі роботи передбачають серйозні конструктивні заходи, а не тільки косметичні ремонти, такі як точкові роботи/фарбування. Якщо фасад, що перебуває в поганому стані, покрити теплоізоляцією, то зовні він буде виглядати чудово. Але існує ризик того, що ставить під загрозу структурну цілісність будівлі. Не можна ізолювати фасади або інші зовнішні елементи будівель, які мають видимі тріщини. В іншому разі існує ризик пропустити розвиток структурних проблем, що призведе до потенційного руйнування будівлі.



Рис. 17 Приклади структурних проблем

## Дахи

Існують три можливі їх типи, як це показано на рис. 18

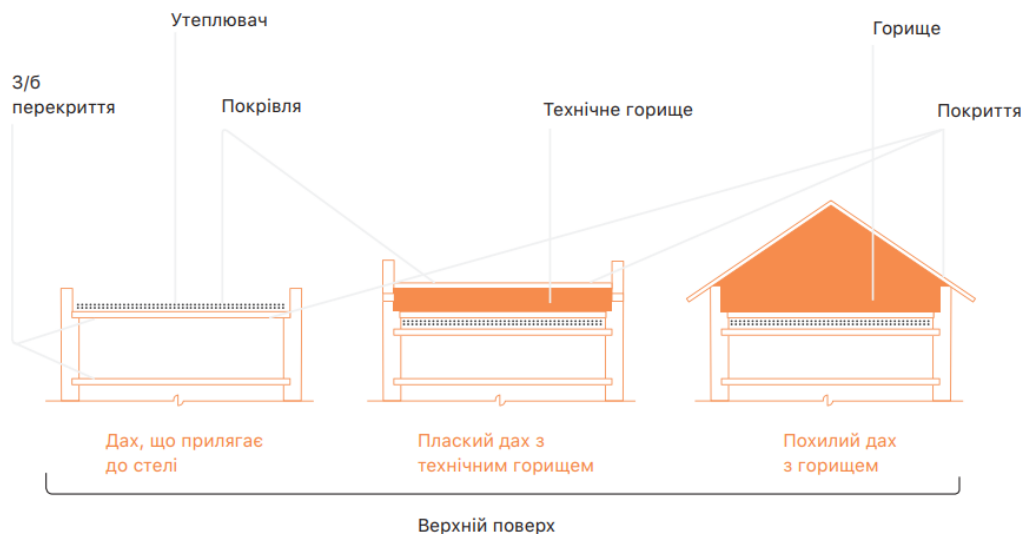


Рис. 18 Три типи дахів: Тип 1 «Дах, що прилягає до стелі», Тип 2 «Плaskий дах з технічним горищем», Тип 3 «Похилий дах з горищем»

**Тип 1** означає дах, що прилягає до стелі. Установлення теплоізоляції такого типу передбачає видалення водонепроникного шару, встановлення ізоляції, а потім нового водонепроникного шару. Це досить значна й тому дорога робота. З позитивної точки зору, така термічна модернізація дозволяє одночасно вирішувати питання витоків, які, на жаль, є типовими для дахів, що прилягають до стелі.

**Тип 2** дуже схожий на тип 3, але під плaskим дахом — він називається технічним горищем. Як правило, таке горище низьке, приблизно 0,5 метра. Це створює додаткові труднощі для установлення ізоляції. Також часто орендарі будинку не знають про таку мансарду. У деяких випадках до технічних горищ можна отримати доступ лише ззовні, з фасадної частини будівлі. Крім того, горища такого типу можуть мати незасклені маленькі вікна (отвори).

**Тип 3** — це дах з горищем. Цей тип дозволяє просто покласти ізоляцію на підлозі горища. Ось чому ізоляція таких дахів, як правило, дешевша, ніж для першого типу дахів. Можливе ускладнення для цього типу: зовнішній шар повинен бути водонепроникним, інакше він може вкритися цвільлю або прогнати. Витоки на дахах такого типу необхідно відремонтувати до монтажу

ізоляції, оскільки ізоляційний матеріал втратить свої теплофізичні властивості під дією води.

Технічними горищами (тип 2) часто нехтують під час огляду будівель, оскільки дахи пласкі та тому вважаються такими, що прилягають до стелі. Варто докласти зусиль для обстеження технічних горищ, оскільки це може заощадити витрати на ізоляцію. Непрозорі частини зовнішніх елементів будівель забезпечують не тільки термоізоляцію, але й утримувальну функцію. Надзвичайно важливо забезпечити, щоб ці елементи були не тільки добре утеплені, але й залишалися в хорошому стані, щоб витримати масу будівлі.

### ***Рекомендації***

Ізоляцію слід встановлювати з більш холодної сторони конструкції, наприклад, на зовнішній частині будівлі для фасадів, всередині неопалюваного горища або зовні даху. Емпіричне правило полягає в тому, щоб мати щонайменше 2/3 ізоляції на зовнішній стороні шару, що не пропускає тепло. В іншому випадку, внутрішні структури в атмосфері вологості можуть призвести до конденсації всередині конструкцій. Це неминуче призведе до фізичної деградації конструкцій та погіршення термоізоляційних властивостей.

Основні моменти, що повинні бути враховані під час проектування перекриття даху:

- опір теплопередачі: не нижче ніж  $6 \text{ (m}^2\text{K)/Вт}$  (від  $0,25 \text{ м}$  мінераловатного або пінополіуританового утеплювача) для суміщених покрівель та  $4,95 \text{ (m}^2\text{K)/Вт}$  (від  $0,2 \text{ м}$  мінераловатних плит або пінополіуританового утеплювача) ;
- передбачити можливість монтажу сонячних панелей та колекторів;
- передбачити елементи для стаціонарного затінення південного фасаду.
- забезпечення пароізоляції з боку приміщення;
- за можливості - влаштування суцільного контуру утеплювача на стику між стіною і перекриттям;

- для плоских покрівель з мінераловатним утеплювачем влаштувати необхідну кількість флюгарок для відводу парів з утеплювача;
- передбачити влаштування ефективного системи водостоків достатньої пропускної спроможності.

### *Приклади ефективних рішень*

- якісне примикання між теплоізоляцією стін та даху;
- опір теплопередачі не нижче ніж  $6 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ .



Рис.19 Утеплення пінополіританом. Утеплення горища мінераловатними плитами

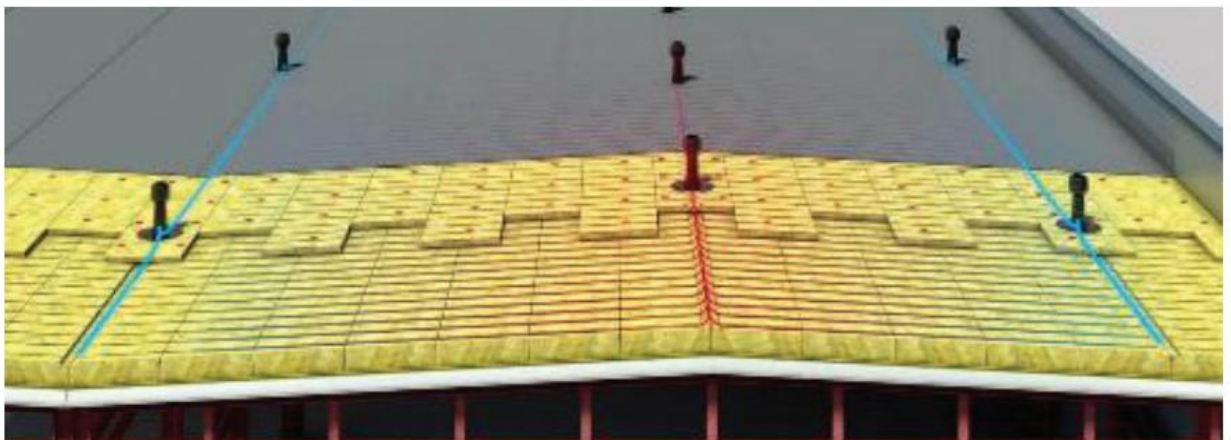


Рис. 20 Утеплення суміщеної покрівлі мінераловатними плитами

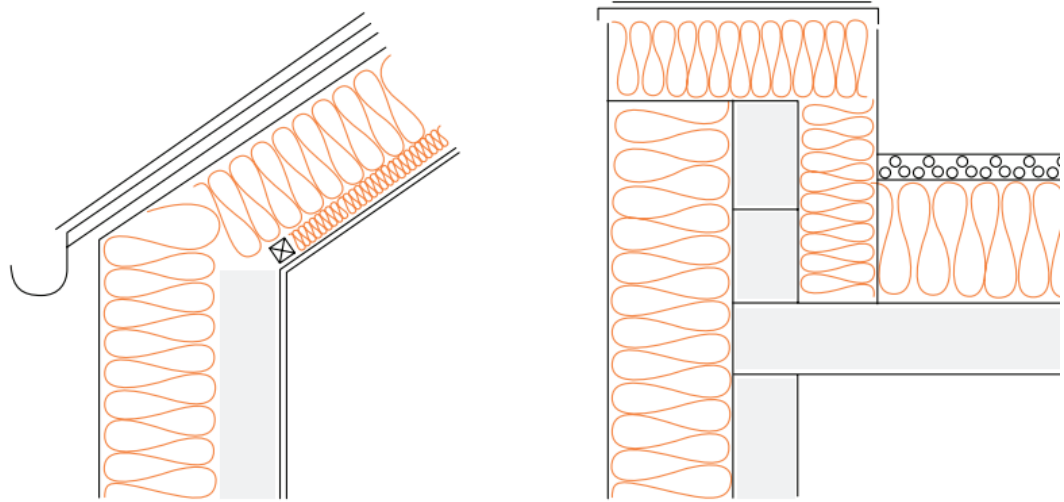


Рис. 21 Облаштування суцільного контуру теплоізоляції для різних варіантів покрівлі

### **Прозорі частини зовнішніх елементів будівель: вікна, двері, скляні блоки**

Всі прозорі будівельні матеріали мають істотно гірші показники термічного опору у порівнянні з непрозорими матеріалами для фасадів. Протягом багатьох років технологія виготовлення прозорих матеріалів значно поліпшилася, а нові матеріали вже мають значно кращі властивості.

Прозорі частини зовнішніх елементів будівель є значними джерелами теплових втрат. Старі прозорі матеріали необхідно замінити на сучасні. Якщо це можливо і якщо архітектура та світло впускного отвору дозволяють, то найкращим варіантом є зменшення розмірів прозорих частин.

Нові сучасні вікна на заміну наявних дерев'яних рам зменшують втрати тепла, а також попередять неконтрольоване просочування повітря. Вони підвищують герметичність будівель.

Аналогічно, старі вхідні двері можуть мати недостатній теплозахист або мати щілини, тому їх необхідно замінити. Заміна вхідних дверей призведе до економії енергії.

**Віконні та дверні конструкції** повинні відповідати діючим нормативам, а саме:

- опір теплопередачі не нижче ніж  $0,75 \text{ (m}^2\text{K)/Вт}$

- потрійний склопакет з наповненням аргоном, двома шарами зі скла, в п'ятикамерному профілі, рекомендовано опір на рівні 1 (м<sup>2</sup>К)/Вт;
- монтаж з використанням паро- та гідроізоляції;
- опір теплопередачі повинен враховувати не лише склопакет, а і всі елементи, як то елементи рами, дистанційна рамка, тощо.

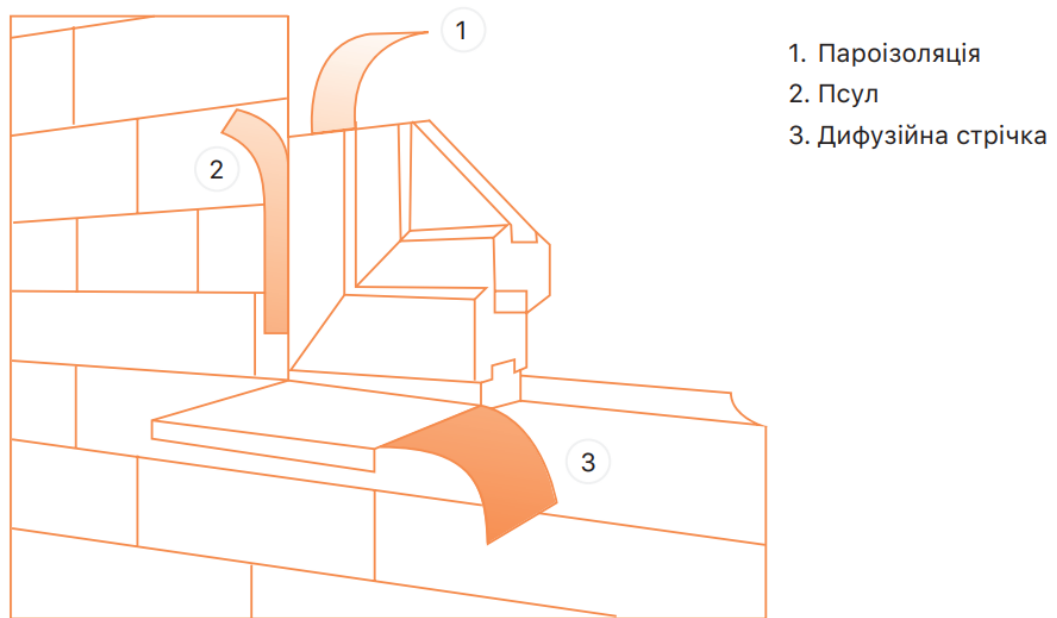


Рис. 22 Елементи монтажу віконної конструкції в товщину утеплювача  
 Монтаж вікон необхідно здійснювати в товщину утеплювача, що зменшить тепловтрати через віконні відкоси.

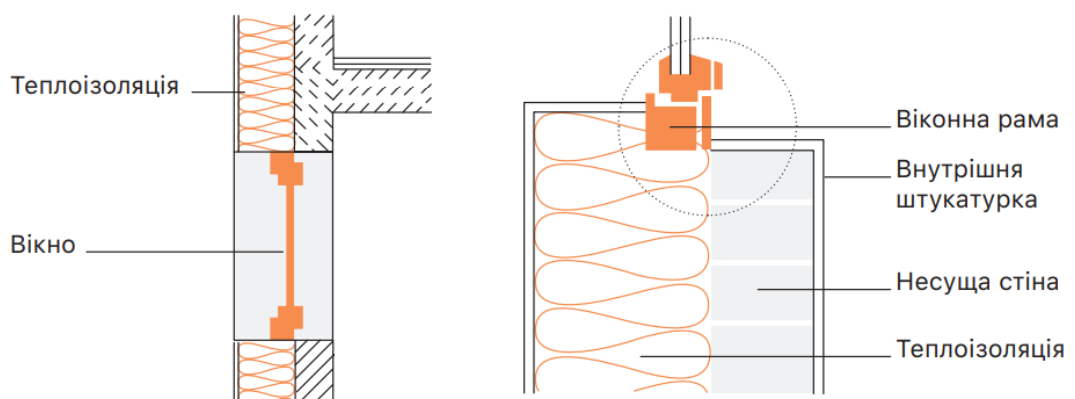


Рис. 23 Схема монтажу вікон в теплоізоляцію

### ***Приклади ефективних рішень***

- опір теплопередачі вікон не нижче 0,8 м<sup>2</sup> К/Вт;

- автоматичне управління зовнішнім затіненням;
- оптимізовані показники з огляду на сонячні теплонадходження / природне освітлення/тепловтрати (за рахунок оптимізації площі та орієнтації).

В Україні можна знайти вбудовані у фасади скляні блоки (рис. 18). Ці блоки мають низькі теплоізоляційні властивості. З точки зору енергоефективності слід замінити ці скляні блоки непрозорими стінами, або встановити сучасні вікна замість скляних блоків.



Рис. 24 Приклад ділянки скляних блоків

Всі перелічені заходи по підвищенню енергоефективності будинку повинні забезпечити кінцевий результат. Наводимо орієнтовний перелік показників, що повинні бути перевірені для пересвідчення, що проект енергоефективний.

***Загальні показники:***

- Наявність енергосертифікату.
- Клас енергоефективності не нижче «С».

***Огороджувальні конструкції:***

- Опір теплопередачі стін не менше 3,3 (м<sup>2</sup>К)/Вт.
- Товщин утеплювача стін не менше 10 см.

- Опір теплопередачі даху не нижче ніж  $6 \text{ (m}^2\text{K)/Вт}$ .
- Товщина утеплювача даху не менше 20 см.
- Опір теплопередачі вікна не менше  $0,75 \text{ (m}^2\text{K)/Вт}$ .
- Товщина профілю не менше ніж 70 мм.
- Кількість камер в склопакеті не менше ніж 2.
- Передбачено паро- і гідроізоляцію віконних примикань.
- Орієнтація світлопрозорих конструкцій переважно на південь.
- Наявне затінення для зниження потреб на кондиціонування.

***Інженерні системи:***

- Наявна вентиляція
- Наявна рекуперація тепла вентиляційних установок.
- Наявна рекуперація тепла систем кондиціонування.
- Розрахунковий повітрообмін не менше ніж 25 куб. м./год на одну особу.
- Система тепlopостачання має автоматичне управління відповідно до погодних умов та часу.
- Орієнтація світлопрозорих конструкцій переважно на південь.
- Наявне затінення для зниження потреб на кондиціонування.
- Наявні сонячні колектори для потреб ГВП.
- Потужність сонячних колекторів розрахована на літні місяці.
- Наявні сонячні батареї.
- Наявний окремий облік по видам енергії.
- Наявна система моніторингу мікроклімату та енергоспоживання.

## Висновки до розділу 2

Для підвищення енергоефективності будівель вживаються різні заходи, серед них можна виділити, так звані, жорсткі та м'які заходи. Заходи щодо зменшення споживання тепла, в цілому, спрямовані на зовнішню оболонку будівлі: утеплення фасадів, даху, підвалу, заміну вікон та вхідних дверей. Крім того, заходи з енергозбереження охоплюють вдосконалення систем опалення та вентиляції в приміщеннях, а також джерел тепла.

Існують різні підходи до прийняття рішень щодо інвестицій в енергоефективність. З метою оцінювання економічних результатів інвестицій у заходи з енергоефективності рекомендується використовувати модель витрат повного періоду експлуатації (ППЕ). Такий підхід, а його ще називають «Загальна концепція», вже впровадили всі країни ЄС. Економічні методи, що застосовані в методі «Загальна концепція», враховують також зміни цін на енергоносії та економічну тривалість інвестицій.

Комплекси заходів по енергозбереженню та енергоефективності завжди взаємопов'язані поміж собою. Треба враховувати, що значний вплив на підвищення енергоефективності будівель, в першу чергу житла, мають інженерні комунікації. В процесі підготовки фахівців будівельної галузі одним із освітніх компонентів є «Інженерні мережі та обладнання». Дуже важливо доносити до здобувачів освіти сучасні тенденції розвитку інженерних систем, їх ефективність і значення в загальній оцінці енергоефективності будівель.

Здобувачам освіти необхідно знати де є найбільші втрати тепла і яких заходів треба вжити для їх зменшення. Будь-які втрати теплової енергії понижують клас енергоефективності будівлі. Грунтовні знання щодо підвищення енергоефективності будинків здобувачі освіти можуть отримати при вивченні освітніх компонентів «Архітектура будівель і споруд», «Інженерні мережі та обладнання», «Будівельні матеріали та виробли», «Технологія будівельного виробництва», «Енергозберігаючі технології в будівництві» та ін.

Найбільша втрата тепла відбувається через огорожувальні конструкції будинків: стіни, дахи, перекриття, вікна, двері. Заходи з енергоефективності

для цих конструктивних елементів передбачають встановлення додаткового утеплювального шару. Завдяки додатковому утепленню термічний опір зовнішніх елементів будівлі відповідно збільшується, що призводить до зменшення теплових втрат. Це економить тепло та збільшує період експлуатації будівельних конструкцій. Крім того, зовнішня теплоізоляція фасадів покращує зовнішній вигляд будівлі та шумоізоляцію, а також зменшує проникність повітря.

Всі перелічені заходи по підвищенню енергоефективності будинку повинні забезпечити кінцевий результат показників, які мають засвідчити, що проект енергоефективний.

## **Розділ 3. Методична частина**

### **3.1 Методична розробка лекції на тему «Енергозбереження та енергоефективне будівництво в Україні»**

**Мета:** Ознайомити здобувачів освіти з основними засадами енергозбереження та поняттями енергоефективного будівництва.

**Методи:** словесні, наочні.

**План:**

1. Історичний аспект виникнення потреби енергозбереження.
2. Загальні засади Закону України про енергозбереження та основні поняття енергоефективного будівництва.
3. Принципи державної політики у сфері енергозбереження.

**Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби,** ТЗН, конспект, підручник.

**Література:**

1. Свідерська О. В. Основи енергозбереження. – Харків: Тетра Системс, 2008.
2. М. Краснянський Енергозбереження, -К – 2018.»Кондор».
3. Задорожна І.П. Основи енергоефективності: навчально-методичний посібник,– Львів – 2011 / с.78.

#### **1. Історичний аспект виникнення необхідності енергозбереження.**

Проблема раціонального використання енергетичних ресурсів, підвищення рівня енергетичної ефективності та енергетичної безпеки є необхідною умовою гармонійного економічного, соціального розвитку України в умовах її євроінтеграції.

Забезпечення усіх сфер економіки України різними видами енергії, палива є одним із найважливіших завдань системи управління, економічної політики країни, необхідною умовою для її успішного і гармонійного розвитку.

Після енергетичної кризи 1972-1973 р.р. розвинені країни прийняли так

звані «енергетичні» закони. Наприклад, у США завдяки великій увазі, як було приділено енергозбереженню після нафтової кризи споживання енергоресурсів за десять років після кризи зменшилося на кілька відсотків порівняно з рівнем 1973 р., валовий же суспільний продукт країни за цей період зріс на 25%.

Україна дістала у спадщину від СРСР надзвичайно неефективну, енергоємну й матеріалоемну промисловість. Наприклад, для отримання 1т цементу ми витрачаємо 274 кг умовно палива, а японці – 142.

Питомі затрати енергії у чорної металургії Японії на 20 –30% нижчі, ніж у нас, причому – головним чином за рахунок впровадження таких передових технологій, як безперервна розливка сталі, сухе гасіння коксу, утилізація тепла газів доменних печей. Ці технології були розроблені у нас, японці придбали ліцензії на їх застосування і мають із цього неабияку вигоду, а у вітчизняній металургії вони майже не впроваджені.

Невдовзі після здобуття Україною незалежності був прийнятий Закон України про енергозбереження 1994 р. Після підвищення вимог до енергетичної ефективності будівель і споруд з'явилася необхідність зниження споживання теплової та електричної енергії. Для відповідності таким сучасним вимогам повинні застосовуватися енергозберігаючі технології та матеріали при проектуванні, будівництві, реконструкції та капітального ремонту будівель. У будівництві повинні використовуватися поліпшена теплоізоляція огорожувальних конструкцій, енергозберігаючі світлопрозорі конструкції, обладнання що ефективно регулює роботу системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, використання електроенергії.

Реалізація таких заходів не завжди може бути достатньою для зниження споживання будівлею теплової та електричної енергії, щоб задовольняти необхідним нормативним показникам. Використання вторинних енергетичних ресурсів, а також альтернативних джерел енергії є важливим, а іноді і необхідним напрямом для підвищення енергоефективності будівель.

## **2 Загальні засади Закону України про енергозбереження та основні поняття енергоефективного будівництва.**

Метою законодавства про енергозбереження є регулювання відносин між господарськими суб'єктами, а також між державою і юридичними та фізичними особами у сфері енергозбереження, пов'язаної з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробленням та використанням паливно-енергетичних ресурсів, забезпечення зацікавленості підприємств, організацій та громадян в енергозбереженні, впровадженні енергозберігаючих технологій, розробці і виробництві менш енергоємних машин та технологічного обладнання, закріплення відповідальності юридичних і фізичних осіб у сфері енергозбереження.

Об'єктами правового регулювання законодавства про енергозбереження є відносини у сфері функціонування енергетичного господарства України, проектування, створення та впровадження наукових та конструкторських розробок, пов'язаних з підвищенням ефективності використання палива та енергії, інформаційного забезпечення народного господарства та населення з проблем енергозбереження, а також у сфері управління та контролю за використанням паливно-енергетичних ресурсів.

**Закону України про енергозбереження** визначає правові, економічні, соціальні та екологічні основи енергозбереження для всіх підприємств, об'єднань та організацій, розташованих на території України, а також для громадян.

У цьому Законі вживаються такі поняття:

- **Енергозбереження**— діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів;

- **Енергозберігаюча політика** — адміністративно-правове і фінансово-економічне регулювання процесів видобування, переробки, транспортування, зберігання, виробництва, розподілу та використання паливно-енергетичних ресурсів з метою їх раціонального використання та економного витрачання;
- **Паливно-енергетичні ресурси - ПЕР** — сукупність всіх природних і перетворених видів палива та енергії, які використовуються в національному господарстві;
- **Раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів** — досягнення максимальної ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів при існуючому рівні розвитку техніки та технології і одночасному зниженні техногенного впливу на навколишнє природне середовище;
- **Заходи** — заходи, спрямовані на впровадження та виробництво енергоефективних продукції, технологій та обладнання;
- **Економія паливно-енергетичних ресурсів** — відносне скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів, що виявляється у зниженні їх питомих витрат на виробництво продукції, виконання робіт і надання послуг встановленої якості;
- **Енергоефективні продукція, технологія, обладнання** — продукція або метод, засіб її виробництва, що забезпечують раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів порівняно з іншими варіантами використання або виробництва продукції однакового споживчого рівня чи з аналогічними техніко-економічними показниками;
- **Теоретичний потенціал енергозбереження (ТПЕ)** – це максимальна економія ПЕР, що досягається завдяки ліквідації всіх видів втрат.
- **Технічний потенціал** енергозбереження рівний економії ПЕР, що може бути досягнена за фіксований проміжок часу доступними засобами залежно від стану науково-технічного рівня даного соціуму.

- **Економічний потенціал** енергозбереження (ЕПЕ) – це частина технічного ПЕ, яка може бути прибутковою впроваджена при наявності інвестиції, ЕПЕ завжди менший від технічного, оскільки регламентується окупністю та іншими вимогами до інвестицій.
- **Енергозберігаючий потенціал** поведінки визначається розумінням актуальності енергозбереження суб'єктами ринку, що можуть (уповноважені) приймати рішення.
- **Енергоємність продукції** – це відношення річного обсягу спожитої енергії (в натуральному обчисленні) до річного обсягу продукції (в натуральному та вартісному обчисленні). Аналогічно визначають електричну, або теплову ємність продукції.
- **Електропаливний коефіцієнт** – це відношення обсягу річного споживання електроенергії до річного обсягу спожитої енергії палива (без урахування затрат на виробництво електроенергії).
- **Теплоенергетичний коефіцієнт** – це відношення обсягу річного споживання тепла (гарячі пара, вода) до річного обсягу спожитої електроенергії.
- **Якість** – це сукупність властивостей об'єкта, які визначають його здатність задовольняти певні потреби відповідно до його призначення. Існують два основних критерії визначення якості. Перший базується на нормуванні, порівнянні та максимізації відношення результату до затрат, а другий – різницею між результатами та затратами. Останній критерій слід застосовувати лише при адитивності результатів і витрат.
- **Ефективність** – це одна з характеристик якості, що виражається зіставленням витрат і результатів функціонування. При оцінці ефекту енергозбереження використовують поняття інженерна та економічна еластичність потенціалу економії ПЕР.
- **Неефективними** (марнотратними) називаємо енергозатрати, що виникають внаслідок відхилення технологічних процесів від нормативних вимог, режимних карт, вимог технологічної та

проектної документації на електро- та теплопостачання, відхилення характеристик споруд, машин та графіка їх роботи від паспортних вимог чи галузевих стандартів.

- **Інженерна еластичність** вимірює можливість заміщення енергії капіталом за умови, що його сприяння виробництву є постійним.
- **Економічна еластичність** енергозбереження вимірює можливість заміщення енергії капіталом за умови незміни кінцевого продукту.
- **Енергоефективний проект**— проект, спрямований на скорочення енергоспоживання, а саме: реконструкція мереж і систем постачання, регулювання і облік споживання води, газу, теплової та електричної енергії, модернізація огорожувальних конструкцій та технологій виробничих процесів у будівництві;
- **Енергетичний аудит** (енергетичне обстеження— визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та розроблення рекомендацій щодо її поліпшення;
- **Недотримання вимог** нормативної та проектної документації щодо теплоізоляції споруд та інженерних об'єктів, яке призводить до зниження теплового опору огорожувальних конструкцій, вікон, дверей в опалювальний сезон (вид нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів);
- **Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії** — джерела, що постійно існують або періодично з'являються в навколишньому природному середовищі у вигляді потоків енергії Сонця, вітру, тепла Землі, енергії морів, океанів, річок, біомаси.

### **3. Принципи державної політики у сфері енергозбереження.**

Основними принципами державної політики у сфері енергозбереження є:

- а) створення державою економічних і правових умов зацікавленості в енергозбереженні юридичних та фізичних осіб;

б) здійснення державного регулювання діяльності у сфері енергозбереження на основі застосування економічних, нормативно-технічних заходів управління;

в) пріоритетність вимог енергозбереження при здійсненні господарської, управлінської або іншої діяльності, пов'язаної з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробленням та використанням паливно-енергетичних ресурсів;

г) наукове обґрунтування стандартизації у сфері енергозбереження та нормування використання паливно-енергетичних ресурсів, необхідність дотримання енергетичних стандартів та нормативів при використанні палива та енергії;

д) створення енергозберігаючої структури матеріального виробництва на основі комплексного вирішення питань економії та енергозбереження з урахуванням екологічних вимог, широкого впровадження новітніх енергозберігаючих технологій;

е) обов'язковість державної експертизи з енергозбереження;

є) популяризація економічних, екологічних та соціальних переваг енергозбереження, підвищення громадського освітнього рівня у цій сфері;

ж) поєднання методів економічного стимулювання та фінансової відповідальності з метою раціонального використання та економного витрачання паливно-енергетичних ресурсів;

з) встановлення плати за прямі втрати і нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів;

и) вирішення проблем енергозбереження у поєднанні з реалізацією енергетичної програми України, а також на основі широкого міждержавного співробітництва;

і) стимулювання раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів шляхом комбінованого виробництва електричної та теплової енергії (когенерації);

ї) поступовий перехід до масового застосування приладів обліку та регулювання споживання паливно-енергетичних ресурсів.

Сучасній людині знання законодавства щодо енергозбереження є актуальною необхідністю. Дуже важливо, коли майбутні фахівці спеціальності 015 Професійна освіта (Будівництво та зварювання), будуть впроваджувати набуті знання у своїй професійній діяльності, популяризувати заощадливе використання енергоносіїв та застосування у будівництві енергозберігаючих технологій.

#### ***4. Закріплення нового навчального матеріалу***

1. Що нового ви дізналися на уроці?
2. Чи можна скористатись отриманими знаннями у повсякденному житті?
3. Що корисного для себе ви дізналися?

#### ***5. Підведення підсумків заняття***

1. Аналіз роботи студентів на занятті з вказівкою позитивного і негативного в досягненні мети заняття.
2. Оголошення оцінок за відповіді учнів з відповідною аргументацією і їх аналізом.
3. Загальна характеристика заняття.

#### ***6. Домашнє завдання***

1. Домашнє завдання: підготувати реферати на одну із запропонованих тем: «Державна підтримка енергозбереження», «Системи одиниць вимірювання енергії», «Енергоощадний будинок»
2. Законспектувати викладений на занятті лекційний матеріал.

### 3.2 Методична розробка плану-конспекту практичного заняття з дисципліни «Інженерні мережі та обладнання»

**Тема:** Енергоефективна теплоізоляція для теплових мереж

**Мета: Навчальна :** Сформувати у студентів поняття про теплоізоляцію, її ефективність та застосування на прикладі теплових мереж, необхідність проведення заходів по енергозбереженню.

**Розвиваюча:** Розвивати самостійність, увагу, спостережливність, раціональне мислення та творчість.

**Виховна:** Виховувати заощадливе ставлення до використання енергоресурсів, проявляти уважність при виконанні робіт, дисциплінованість, відповідальність за виконану роботу, любов до професії.

**Тип заняття:** практичне;

**Методи:** інтерактивні, наочні.

**Матеріально технічна база:** наочний матеріал спеціалізованої аудиторії, стенди, дошка, підручники.

**Література:**

1. Лівінський О. М. Ізоляційні роботи в будівництві: навчальний посібник / за ред. д.т.н., професора Лівінського О. М. – К.: «МП Леся», 2009. – 204 с.
2. Елементарні заходи щодо збереження енергії в період опалення будинків [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.kaniv.net/news.php?p=11583>.

#### **План заняття:**

1. Організаційна частина .....3 хв.
2. Актуалізація опорних знань .....10 хв.
3. Обговорення відповідей та робіт студентів .....10 хв.
4. Викладення нового матеріалу.....50 хв.
5. Підведення підсумків заняття.....5 хв.
6. Домашнє завдання.....2 хв.

## *Хід уроку*

### *I. Організаційна частина:*

1. Привітання з групою, та створення робочої атмосфери в аудиторії.
2. Перевірка присутніх по журналу або рапорт старости усно чи письмово.
3. Призначення чергових (усно, письмово, за графіком чи інакше).
4. Перевірка підготовленості студентів до заняття (наявність конспекту, підручника чи навчального посібника).

### *II. Актуалізація опорних знань:*

1. Аналіз домашнього завдання чи самостійної роботи студентів, яка була задана на домашнє опрацювання.

Перевірка домашнього завдання обов'язкова. Її місце, час, вид залежить від того, з якою метою було дано домашнє завдання.

Якщо, домашнє завдання було задано з метою підготовки студентів до вивчення нового матеріалу, то потрібно перевірити не тільки правильність результатів, а й прослухати пояснення до виконання дій, опрацьованої літератури, тощо. Краще це зробити перед вивченням нового матеріалу. Часто застосовується вибіркова перевірка домашнього завдання, при якій перевіряється тільки найважливіше, що допоможе при вивченні нового матеріалу.

2. Опитування студентів.

**Опитування проводиться за фронтальною формою.** Воно передбачає організацію усієї групи таким чином, щоб студенти давали усні відповіді на запитання з попередньої теми. Перевагою цієї форми є постановка питань (на повторення, на закріплення, проблемно-пошукових) до усіх учнів з метою активізації їхньої уваги на базових поняттях, опорних знаннях та на етапах формування умінь та навичок. Завдання на повторення вміщують ті, що актуалізують пізнавальний потенціал студентів та спрямовують на усвідомлене сприймання нового матеріалу. Проблемно-пошукові завдання стосуються перевірки уміння студентів застосовувати обчислювальні навички у нових навчальних ситуаціях.

### 3. Критерії оцінки знань і вмінь студентів з попередньої теми.

Оцінюючи навчальні досягнення студентів, необхідно враховувати:

- правильність і науковість викладення матеріалу, повноту розкриття понять і закономірностей, точність вживання термінології;
- ступінь самостійності відповіді;
- логічність, доказовість у викладенні матеріалу;
- ступінь сформованості інтелектуальних, загальноосвітніх, специфічних умінь.

### 4. Мотивація.

Приймемо до навчальної діяльності. Сьогодні на занятті ми будемо вивчати призначення теплоізоляції, технологію їх влаштування та ефективність застосування. В процесі роботи потрібно розглянути характерні особливості пінополіуретанової ізоляції та піно полімер мінеральної ізоляції.

### 5. Повідомлення теми і мети.

*Тема:* Енергоефективна теплоізоляція для труб тепломереж.

*Мета:* Сформувати у студентів поняття про теплоізоляцію, її ефективність та застосування на прикладі тепломереж.

### 6. Запитання проблемного характеру підготовлені самостійно студентами (домашнє завдання попереднього заняття):

Обмін запитаннями відбувається у формі гри.

#### **«Пінг-понг» з м'ячем**

Організація роботи:

- До дошки (по черзі) викликається один студент.
- Він кидає м'яч будь-якому зі студентів й одночасно ставить йому питання.
- Звучить відповідь і м'яч повертається до першого студента.
- Запитання не повинні повторюватися, відповіді на них повинні бути односкладовими.
- Група оцінює якість запитань і відповідей. Враховується оригінальність, винахідливість, ґрунтовність відповідей.

*Перелік можливих питань:*

1. Що таке теплоізоляція?
2. Яке основне призначення теплоізоляційних матеріалів?
3. Область їх застосування?

### ***III. Коментар відповідей та робіт студентів:***

#### ***IV. Вивчення нового матеріалу:***

*Слово викладача.*

- *Слайд 2*

#### Що ми знаємо про теплоізоляцію ?

Основним призначенням теплоізоляційних матеріалів є мінімізація несанкціонованого теплообміну між робочим і оточуючим середовищем. Таким чином, не тільки знижуються енерговитрати на необхідне охолодження і нагрів, але і значно зростає ефективність роботи самої системи.

Теплова ізоляція – це додаткове оснащення трубопроводу матеріалом, що дозволяє зберегти температуру теплоносія, яка може бути вище або нижче навколишнього його середовища. Крім того, теплоізоляційні матеріали оберігають труби від шкідливої зовнішньої дії (як температурного, так і механічного або хімічного).

- *Слайд 3*

#### Яку теплоізоляцію мають труби тепломереж ?

В області будівництва і реконструкції тепломереж використовуються теплоізоляційні матеріали на основі мінеральної і базальтової вати, покритої оцинкованими стрічками і листами, або із захисним покриттям з азбестоцементу.

#### Наскільки така ізоляція ефективна?

Вмонтовані на теплопровід у вигляді матів і шкаралуп, не забезпечують необхідний рівень тепло і вологоізоляції. При тривалій експлуатації негативне середовище впливає на них руйнуючої сам трубопровід своєю великою вагою провокує механічні пошкодження.

• *Слайд 4*

Цікава інформація

Надійність гарантує нанесення теплоізоляції в заводських умовах, хоча її ціна істотно вища. Але довговічність і стабільна робота сприяє значному зниженню витрат при будівельно-монтажних роботах.

Краще застосовувати такі матеріали:

Дізнаємось історію виникнення поліуретану !

• *Слайд 5*

Історія виникнення поліуретану

Поліуретан, як матеріал, відомий достатньо давно. Історія виникнення поліуретанів почалася в 30-і роки в США. Карозерс (США) досліджував синтез поліамідів. В результаті в концерні "Farbenindustrie" (Німеччина) почалися роботи із створення полімерних матеріалів, подібних до поліамідів. У 1937 році всесвітньо відомий учений Байєр (Німеччина) із співробітниками синтезували поліуретанові еластомери взаємодією дизоціанатів з різними гідроксильними з'єднаннями. На основі цих композицій були отримані пінополіуретани. Основна мета дослідників того часу полягала в необхідності знайти замітник стратегічним видам сировини – натуральному каучуку, сталі. Промислове виробництво пінополіуретанів на основі складних полієфірів було організоване у Німеччині в 1944 році, а їх аналогів на основі дешевших простих полієфірів - в США в 1957 році. В Україні дослідження в цьому напрямі були початі в 60-х роках. Велися роботи в інститутах АН, у ряді вузів і НДІ.

• *Слайд 6*

Характеристика Пінополіуретанової ізоляції (ППУ)

1. На сталеву трубу наноситься шар пінополіуретану, що є полімерною комірчастою конструкцією з високим сорбційним зволоженням, попередня ізоляція у вигляді пінополіуретану складається власне із сталеві труби, шару теплоізоляції і зовнішньої оболонки з щільного поліетилену.

2. Пінополіуретан напильється на будь-який матеріал. Це може бути скло, дерево, пластик, метал. Ми пропонуємо використовувати якісний

теплоізоляційний засіб на труби. Пінополіуретан покриє їх рівномірно і на довгі роки. Монолітний утеплювач не боїться води, шкідливих мікроорганізмів, він не гниє і не горить. Труби (пінополіуретан) зберігають свій привабливий зовнішній вигляд протягом 25 років.

3. У пошуках істини ми йдемо далі..

*Переваги:*

1. Кращі теплоізоляційні властивості – найнижча теплопровідність з представлених матеріалів ( 0,028-0,04 Вт/м.град.)

2. Тривалий розрахунковий термін служби.

3. Відсутність необхідності нанесення антикорозійного покриття на сталеву трубу під ізоляцію.

4. Низькі показники за швидкістю корозії і водопоглинанням.

5. Великий досвід застосування в країні і за кордоном.

7. Гарантійний термін обслуговування до 5 років.

8. Наявність системи оперативно-дистанційного контролю (ОДК).

*Недоліки:*

1. Термостійкість ізоляції не перевищує 130°C (допустима тільки короткочасна робота при 150°C).

2. Висока вартість виробу і монтажних робіт.

3. Низька міцність, слабка стійкість ізоляції до механічних дій.

4. Низька адгезія, особливо, в порівнянні з іншими теплоізоляційними матеріалами.

5. Високий рівень сорбційного зволоження, що приводить до корозійної дії на метал труби. Як наслідок – додаткові витрати на гідрозахист.

6. Високі вимоги до технологічної дисципліни при виконанні робіт і необхідність висококваліфікованих працівників при монтажі трубопроводу, особливо при монтажних роботах по закладенню стиків ізоляції трубопроводу.

7. Необхідність постійного оперативно-дистанційного контролю із-за різкого зниження ізоляційних властивостей матеріалу при попаданні вологи.

8. Повна паро непроникність конструкції і неможливість видалення вологи у разі пошкодження гідрозахисної оболонки.

• Слайд 7

Характеристика пінополімермінеральної ізоляції (ППМ)

Основою ППМ-ізоляції служать органо-мінеральні композиції, що включають різні варіації хімічних речовин і мінеральних наповнювачів з урахуванням місцевих сировинних можливостей. Найбільш поширеним наповнювачем є кварцовий пісок.

Особливості ППМ-ізоляції:

- Паропроникненість (у разі намокання теплоізоляційного шару, волога, нагріваючись від працюючого теплопроводу, перетворюється на пару, яка витісняється з ізоляційного шару;
- Відсутність зовнішньої гідрозахисної оболонки.

ППМ-ізоляція є монолітною тепло- і гідроізоляційною конструкцією із змінною по перетину щільністю. За один цикл формування ППМ-ізоляції в заводських умовах на трубі утворюються одночасно три шари:

- внутрішній - антикорозійний шар завтовшки 3-8 мм, з високою адгезією щільно прилеглий до труби з об'ємною масою 400-600 кг/м<sup>3</sup>;
- середній - теплоізоляційний шар, товщина якого визначається відповідно до теплових розрахунків, з об'ємною масою 80-100 кг/м<sup>3</sup>;
- зовнішній - механогідрозахисний шар завтовшки 5-10мм з об'ємною масою 400-600 кг/м<sup>3</sup>.

У пошуках істини ми йдемо далі..

*Переваги:*

- Висока термостійкість (до 150°C)
- Висока механічна міцність, довговічність і надійність в експлуатації.
- Збереження властивостей і цілісності при тривалій експлуатації в різних гідрогеологічних умовах.
- Відмінні адгезійні властивості повністю герметизують метал труби і не вимагають нанесення антикорозійного захисту.
- Не вимагається додаткового гідроізоляційного покриття ізоляції.

- Залитий в польових умовах стик теплоізоляції не поступається по властивостям і якості теплоізоляції нанесеною в заводських умовах.
- Сумарна вартість теплопроводу для труб невеликого діаметру удвічі, а для великих діаметрів в півтора рази нижче, ніж для трубопроводів з ППУ ізоляцією.
- ППМ ізоляція дозволяє проводити ремонтні роботи по відновленню ізоляційного шару в місці пошкодження без заміни труби.

• *Слайд 8*

### **Висновки:**

1. Таким чином, вибір кращих теплоізоляційних матеріалів дозволяє рекомендувати при будівництві, реконструкції і капітальному ремонті теплових мереж використання теплоізоляційних конструкцій і елементів трубопроводів ППУ- і ППМ ізоляції.
2. Повна заміна тепломереж на труби ППУ вже на другому році експлуатації окупає проведені вкладення і позбавляє від витратної технології регулярного оновлення мінераловатної ізоляції.
3. ППМ ізоляція у відмінності від інших конструкцій відрізняється дешевизною, легкістю усунення дефектів, немає потреби в антикорозійному захисті труб, має хорошу якість, відсутність порожнеч, високу термостійкість і довговічність.

### ***V. Підведення підсумків заняття:***

4. Аналіз роботи студентів на занятті з вказівкою позитивного і негативного в досягненні мети заняття.
5. Оголошення оцінок за відповіді студентів з відповідною аргументацією та їх аналізом.
6. Загальна характеристика заняття.

### ***VI. Домашнє завдання:***

Вивчати матеріал за джерелами:

1. Лівінський О. М. Ізоляційні роботи в будівництві: навчальний посібник / за ред. д.т.н., професора Лівінського О. М. – К.: «МП Леся», 2009. – 204 с.
2. Елементарні заходи щодо збереження енергії в період опалення будинків [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.kaniv.net/news.php?p=11583>.
3. Підготуватися за конспектом до опитування.

### **3.3 Тестові завдання для вихідного контролю з теми:**

#### **«Енергоефективні системи теплоізоляції (утеплення) будівель і споруд»**

У технологіях дистанційного навчання, що використовує світова педагогічна практика, тестуванню приділяється значна увага. За об'єктивністю, широтою і швидкістю діагностування тестування перевершує всі інші форми педагогічного контролю. формує прагнення розвинути свої здібності. Дистанційне тестування із використанням сучасних ІТ-технологій має ряд переваг перед традиційними формами і методами контролю. Воно дає можливість більш раціонально використовувати час навчального заходу (лекцій, практичного заняття, дистанційного курсу), охопити більший обсяг змісту, швидко встановити зворотний зв'язок зі студентами та визначити результати засвоєння матеріалу, зосередити увагу на прогалинах у знаннях та уміннях, зробити в них корективи.

Тестові завдання з теми «Енергоефективні системи теплоізоляції будівель і споруд» розроблені для освітніх компонентів «**Інженерні мережі та обладнання**» та «**Енергозберігаючі технології у будівництві**». Вони дають можливість викладачу здійснювати поточний контроль рівня засвоєння знань здобувачами освіти, витративши при цьому обмаль часу, при цьому залучивши до опитування всю аудиторію учнів.

**Критерії оцінювання: 1 правильна відповідь на 1 запитання — 1 бал;**

*оцінка відмінно: від 44 до 50 балів;*

*оцінка добре: від 34 до 43 балів;*

*оцінка задовільна: від 25 до 33 балів;*

*оцінка незадовільна: менше 25 балів.*

*1. Назвіть типи систем скріпленої теплоізоляції за сферою застосування.*

а) I тип — МВ; II тип — ППС+МВ (до 25 поверхів); III тип — ППС+МВ (до 3 поверхів).

б) I тип — ППС (до 3 поверхів); II тип — МВ; III тип — ППС+МВ (до 25 поверхів).

в) I тип — МВ+ППС; II тип — ППС (до 5 поверхів); III тип — МВ

*2. Скільки існує температурних зони України (згідно ДБН В.2.6–31–16 «Теплова ізоляція будівель») для розрахунку товщини утеплювача?*

а) 2

б) 3

в) 1

*3. Яким є мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін житлових та громадських будинків для II температурної зони України (згідно ДБН В.2.6–31–16 «Теплова ізоляція будівель»)?*

а)  $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;

б)  $2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;

в)  $2,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$

*4. Яким є мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін житлових та громадських будинків для I температурної зони України (згідно ДБН В.2.6–31–16 «Теплова ізоляція будівель»)?*

а)  $3,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;

б)  $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;

в)  $2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

*5. Які властивості враховуються при виборі типу ізоляції?*

а) Опір теплопередачі;

б) Горючість;

в) Всі вище перераховані.

6. Теплоізоляція — це...?

а) опір теплопередачі стін.

б) здатність буд матеріалів та конструкцій не пропускати втрати тепла або холоду через свою товщу.

в) утеплювач закріплений до стін.

7. Тепловізор — це ...

а) прилад, який визначає втрати тепла через конструкції будівель.

б) прилад, який визначає товщину утеплювача.

в) прилад, який визначає товщину стіни.

8. Які функції виконує система теплоізоляції?

а) Збільшення опору теплопередачі огорожуючих конструкції, оновлення фасаду.

б) Потовщення стін, оздоблення фасаду будівель.

в) Зменшення до мінімуму тепловитрат через огорожувальні конструкції, забезпечення комфортного проживання в приміщеннях, продовження терміну експлуатації огорожуючи конструкцій, оновлення фасаду.

9. Значення опору теплопередачі одношарової плоскої стіни огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель може бути визначене за формулою (у формулах:  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  — коефіцієнти тепловіддачі між поверхнями стіни та оточуючим повітрям;  $\delta$  — товщина стіни;  $\lambda$  — коефіцієнт теплопровідності матеріалу стіни):

а)  $1/(1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2)$ ;

б)  $1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2$ ;

в)  $\delta/\lambda$ .

10. Рекомендована послідовність теплоізоляції зовнішніх огорожень (згідно з ДСТУ–Н Б В.3.2–3:2014 «Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків»):

а) підлога на ґрунті, горишне перекриття, зовнішні стіни.

б) зовнішні стіни та зовнішні стінові конструкції, що контактують з ґрунтом; горищне перекриття.

в) суміщені покриття, підлога на ґрунті, зовнішні стіни.

*11. Які існують методи обстеження фасаду перед влаштуванням теплоізоляції?*

а) Неруйнівне, руйнівне.

б) Візуальне і візуально–інструментальне

в) Тепловізором та простукування молотками.

*12. Які параметри визначають при обстеженні зовнішніх огорожувальних конструкцій інструментальним методом?*

а) Поверховість будинку, кількість віконних і дверних прорізів, вид і кількість виступаючих архітектурних елементів.

б) Наявність забруднень і тріщин на фасаді, вид матеріалу зовнішніх огорожувальних конструкцій.

в) Міцність і рівність основ, відхилення конструкцій від вертикалі та горизонталі, вологість матеріалу конструкцій.

*13. Які параметри визначають при обстеженні зовнішніх огорожувальних конструкцій візуальним методом?*

а) Поверховість будинку, кількість віконних і дверних прорізів, вид і кількість виступаючих архітектурних елементів.

б) Наявність забруднень і тріщин на фасаді, вид матеріалу зовнішніх огорожувальних конструкцій.

в) Всі вище перераховані.

*14. При якій оптимальній температурі виконують утеплення фасадів будівель?*

а) від +5°C до +30 °C.

б) від –5°C до +20 °C.

в) від 0°C до +25 °C.

*15. Чим на поверхні основ видаляють мох, грибок перед влаштуванням теплоізоляції?*

- а) Глибоко проникними ґрунтовками.
- б) Силіконовими ґрунтовками.
- в) Антимікробними ґрунтовками.

*16. Яке призначення цокольного профілю в системах теплоізоляції?*

- а) Для міцного кріплення утеплювача і захисту від гризунів.
- б) Для установки першого ряду плит утеплювача, отримання прямої і рівної кромки системи та перешкоджання капілярного піднімання води.
- в) Зменшення містків холоду і навантаження на стіни.

*17. Яка функція капельника в цокольному профілі систем теплоізоляції?*

- а) Сприяє безпечному стоку води.
- б) Забезпечує вентиляцію системи.
- в) Збільшує адгезію утеплювача з наступними шарами теплоізоляції.

*18. Від чого залежить ширина полки в цокольному профілі?*

- а) Від товщини стіни.
- б) Від загальної товщини системи утеплення.
- в) Від товщини плитного утеплювача.

*19. Скільки витрачається дюбелів при прикріпленні цокольного профілю довжиною 2 м?*

- а) Не менше 7
- б) Не менше 3
- в) Не менше 6

*20. Як формується цокольний профіль систем теплоізоляції на кутах будівлі?*

- а) За допомогою 1–го надрізу під кутом 90°.
- б) За допомогою 2 х надрізів під кутом 45°.
- в) За допомогою 2 х надрізів під кутом 35°.

*21. Які інструменти використовують для нанесення ґрунтовок при влаштуванні систем теплоізоляції?*

- а) Фарборозпилювач, фарбопульт.
- б) Щітка–макловиця, валик.
- в) Валик, шпатель, терка.

22. Через який час можна приступати до приклеювання плит утеплювача при влаштуванні системи *POLIMIN THERMO FACADE*?
- а) Через 0,5–1 год.
  - б) Через 2–4 год.
  - в) Через 12–24 год.
23. Скільки існує методів нанесення клейової суміші на тильний бік плит утеплювача в системі *POLIMIN THERMO FACADE*?
- а) 1
  - б) 2
  - в) 3
24. Які існують методи нанесення клейової суміші на тильний бік плит утеплювача в системі *POLIMIN THERMO FACADE*?
- а) Суцільний, смуговий, маяковий.
  - б) Суцільний, переривчастий, круговий.
  - в) Смуговий, поперечний, повздовжній.
25. Який розмір зубців шпателя для розрівнювання клейової суміші на плитних утеплювачах?
- а) 6×6 мм
  - б) 10×10 мм
  - в) 12×12 мм
26. Яка клейова суміш призначена тільки для приклеювання плитних утеплювачів у системі *POLIMIN THERMO FACADE*?
- а) П–19
  - б) П–20
  - в) П–21
27. Яка клейова суміш призначена для приклеювання плитних утеплювачів і влаштування гідрозахисного армуючого шару у системі *POLIMIN THERMO FACADE*?
- а) П–24
  - б) П–22
  - в) П–20

28. Яким методом наносять клейову суміш на тильний бік МВ плит в системі POLIMIN THERMO FACADE?

- а) Суцільним.
- б) Смоговим.
- в) Маяковим.

29. Вкажіть технологічну послідовність конструктивних шарів теплоізоляції системи POLIMIN THERMO FACADE?

- а) АС-7; П-19; МВ; дюбель (анкер); склосітка; П-20; АС-3; декоративне оздоблення.
- б) АС-7; П-19; ППС; дюбель (анкер); П-20; склосітка; П-20; АС-3; декоративне оздоблення.
- в) АС-3; Р-21; МВ; дюбель (анкер); П-19; склосітка; П-19; АС-7; декоративне оздоблення.

30. Через який час проводять закріплення дюбелями плит утеплювача, що приклеєні на клейових сумішах?

- а) Через 1–2 год.
- б) Через 1–2 доби.
- в) Через 2–3 доби.

31. Від чого залежить глибина анкеровки дюбелів для закріплення плитного утеплювача в системах теплоізоляції?

- а) Від виду матеріалу огорожувальної конструкції.
- б) Від виду матеріалу дюбеля.
- в) Від виду матеріалу утеплювача.

32. Яка мінімальна глибина анкеровки дюбелів для закріплення плитного утеплювача до стін з порожнистої цегли?

- а) 50 мм
- б) 90 мм
- в) 110 мм

33. Яка мінімальна глибина анкеровки дюбелів для закріплення плитного утеплювача до стін з повнотілої цегли або бетону?

- а) 50 мм

- б) 90 мм
- в) 110 мм

34. Від чого залежить довжина дюбелів для закріплення плитного утеплювача в системах теплоізоляції?

- а) Від товщини плитного утеплювача.
- б) Від глибини анкеровки.
- в) Всі вище перераховані.

35. Яка максимальна допустима вологість основи (огороджувальних конструкцій) перед влаштуванням систем теплоізоляції?

- а) 4–5 %
- б) 6–8 %
- в) 8–12 %

36. Яка мінімальна кількість дюбелів для закріплення МВ плит в системі *POLIMIN THERMO FACADE*?

- а) 6–10 шт/м<sup>2</sup>
- б) 8–12 шт/м<sup>2</sup>
- в) 10–15 шт/м<sup>2</sup>

37. Які вимоги перев'язки плитного утеплювача, що закріплений до стін?

- а) Зсув вертикальних швів у наступних рядах.
- б) Зубчата перев'язка в кутах стін.
- в) Всі вище перераховані.

38. Як розташовують плити утеплювача на віконних та дверних прорізах?

- а) Не повинні співпадати з осями бокових граней прорізів (краї плит не збігаюся з краями прорізів не менше 100 мм).
- б) З перев'язкою швів.
- в) Не повинні співпадати з осями бокових граней прорізів (краї плит не збігаюся з краями прорізів не менше 50 мм).

39. На якій відстані від краю віконних або дверних прорізів розміщують дюбеля кріплення плитного утеплювача?

- а) 50 мм.
- б) 100 мм.
- в) 150 мм.

40. Який дефект виникає при напуску менше 10 см у стиках полотнищ склосітки в армованому гідрозахисному шарі системи теплоізоляції?

- а) «Павутинні» тріщини.
- б) Вертикальні тріщини.
- в) Горизонтальні тріщини.

41. Де повинна розташовуватись армуюча склосітка в системі POLIMIN THERMO FACADE?

- а) На утеплювачі і покрита шаром армуючої суміші.
- б) На утеплювачі і покрита 2–ма шарами армуючої суміші.
- в) На утеплювачі між шарами армуючої суміші.

42. Який термін придатності клейових розчинових сумішей для системи POLIMIN THERMO FACADE?

- а) Не менше 1 год.
- б) Не менше 2 год.
- в) Не менше 3 год.

43. Яка клейова суміш призначена для влаштування гідрозахисного армуючого шару у системі POLIMIN THERMO FACADE?

- а) П–20
- б) Р–21
- в) Всі вище перераховані.

44. Чим виконують додаткове зміцнення гідрозахисного шару на кутах системи POLIMIN THERMO FACADE?

- а) Встановлюють на розчинову суміш металеві кутники.
- б) Встановлюють на розчинову суміш перфоровані металеві кутники 25×25 мм або пластмасові кутники із склосіткою.
- в) Встановлюють на розчинову суміш армуючу склосітку внапуск  $\geq 100$  мм.

45. Чим виконують додаткове зміцнення гідрозахисного шару кутів віконних і дверних прорізів при влаштуванні системи POLIMIN THERMO FACADE?

- а) Наклеюють на розчинову суміш суцільну склосітку внапуск  $\geq 100$  мм..
- б) Наклеюють на розчинову суміш шматки кутників.
- в) Наклеюють на розчинову суміш шматки склосітки 250×350 мм під кутом 45°.

46. Як розміщують армуючу склосітку на торцях прорізів при влаштуванні системи *POLIMIN THERMO FACADE*?

- а) Заводять повністю на укуси.
- б) Розміщують врівень з торцями укосів.
- в) Заводять на половину ширини укосів.

47. Чим покривають затверділий гідрозахисний армуючий шар системи *POLIMIN THERMO FACADE* перед нанесенням декоративного оздоблення?

- а) Глибокопроникними ґрунтовками.
- б) Ґрунтовками кварц–ґрунт.
- в) Антимікробними ґрунтовками

48. Який час висихання тонючих ґрунтовок кварц–ґрунт системи *POLIMIN THERMO FACADE*?

- а) 2–4 год.
- б) 6–12 год.
- в) 4–6 год.

49. Який дефект виникає, якщо склосітка розташована не в середині армуючого гідрозахисного шару, а на утеплювачі?

- а) «Павутинні» тріщини.
- б) Вертикальні тріщини.
- в) Горизонтальні тріщини.

50. Коли проводяться чергові огляди систем теплоізоляції для виявлення дефектів?

- а) Після сильних вітрів (буревіїв) та злив.
- б) Весною та осінню.
- в) Зимою та літом.

Після проведення тестування викладач оголошує його результати, вказує на типові помилки при проведенні тестування, відмічає позитивні сторони та недоліки проведення проміжного контролю.

### **Висновки до розділу 3**

Проблема раціонального використання енергетичних ресурсів, підвищення рівня енергетичної ефективності та енергетичної безпеки є необхідною умовою гармонійного економічного, соціального розвитку України в умовах її євроінтеграції. Забезпечення усіх сфер економіки України різними видами енергії, палива є одним із найважливіших завдань системи управління, економічної політики країни, необхідною умовою для її успішного і гармонійного розвитку.

У навчальному плані спеціальності *015 Професійна освіта (Будівництво та зварювання)* введені освітні компоненти «Інженерні мережі та обладнання», «Технологія будівельного виробництва», «Архітектура будівель і споруд» (для ОС "Бакалавр") та «Енергозберігаючі технології в будівництві» (для ОС "Магістр").

Необхідність введення дисциплін, пов'язаних з енергозбереженням, обумовлена жорсткістю вимог до енергетичної ефективності будівель та споруд. Для відповідності таким сучасним вимогам повинні застосовуватися енергозберігаючі технології та матеріали при проектуванні, будівництві, реконструкції та капітального ремонту будівель. У будівництві повинні використовуватися поліпшена теплоізоляція огорожувальних конструкцій, енергозберігаючі світлопрозорі конструкції, обладнання що ефективно регулює роботу системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, використання електроенергії.

У будівельному комплексі України є величезний потенціал енергозбереження по всьому будівельному циклу, включаючи виробництво будівельних матеріалів, вибір архітектурно-планувальних рішень, застосування сучасних технологій будівництва, способів і засобів забезпечення тепловою та електричною енергією.

Невиправдано великі витрати паливно-енергетичних ресурсів у житлово-комунальному фонді викликані недостатніми теплозахисні властивості будівельних конструкцій, наявністю застарілих систем водо- і тепlopостачання, мізерною кількістю індивідуальних засобів обліку і

практичною відсутністю систем регуляції енергоспоживання. Марнотратні витрати теплової енергії при транспортуванні її від виробника до споживача в окремих видах складають до 35%.

Світова будівельна практика показує: все більший обсяг інвестицій спрямовується на капітальний ремонт і реконструкцію будівель, побудованих в попередні роки, оскільки реальні і відчутні результати з енергозбереження можуть бути отримані при модернізації та реконструкції існуючого житлового фонду - будівель і систем їх енергозабезпечення.

Ознайомлення майбутніх фахівців з проблемою енергозбереження в будівництві, а також методами ефективного, раціонального використання енергії в житлово-комунальному господарстві при експлуатації і реконструкції будівель є головною метою при вивченні дисциплін будівельного профілю. В процесі підготовки фахівців будівельної галузі одним із освітніх компонентів є «Інженерні мережі та обладнання». Дуже важливо доносити до здобувачів освіти сучасні тенденції розвитку інженерних систем, їх ефективність і значення в загальній оцінці енергоефективності будівель.

Здобувачам освіти необхідно знати де є найбільші втрати тепла і яких заходів треба вжити для їх зменшення. Будь-які втрати теплової енергії понижують клас енергоефективності будівлі. Грунтовні знання щодо підвищення енергоефективності будинків здобувачі освіти можуть отримати при вивченні освітніх компонентів «Архітектура будівель і споруд», «Інженерні мережі та обладнання», «Будівельні матеріали та вироби», «Технологія будівельного виробництва», «Енергозберігаючі технології в будівництві» та ін.

Сьогодні суспільство потребує енергетичної грамотності населення. В першу чергу це стосується молодого покоління, від якого залежить майбутнє держави. Методичні розробки дадуть змогу здобувачам освіти більш повно вивчити питання енергозбереження.

## **Список використаних джерел**

1. Альтернативна енергетика, 2017. Більше альтернативної енергетики в Україні, [online], Доступно: <<http://moesonce.com/ukraine/bilshe-alternativnoienenergetiki-v-ukraini.html>>
2. Андрієвський А. А. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: навчальний посібник, Вид. «Кондор» К. 2022
3. Бабець І., Забезпечення енергетичної безпеки України в умовах геополітичних трансформацій. Актуальні проблеми міжнародних відносин. Випуск 132, с. 126-137, 2017.
4. Батініч Р. Вентильовані фасади будівель: Проблеми будівельної теплофізики систем забезпечення мікроклімату та енергозбереження в будівлях. Зб. докл. IV науково-практич. конф. К.: КНУБА, 2019.
5. Будівельне матеріалознавство – підручник / [Кривенко П.В., Пушкарьова Е.К., Барановський В.Б. та ін.] – Київ: Либідь, 2012. 245 с.
6. Варламов Р. В., Любчик Р. М., Маляренко Ст. А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. К.: Політехніка, 2003. – 228 с.
7. Більше альтернативної енергетики в Україні, 2017. [online] Альтернативна енергетика. Доступно: <<http://moesonce.com/ukraine/bilshealternativnoienenergetik-v-ukraini.html>>
8. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко О.А. Технологія теплоізоляційних матеріалів: Підручник. - К, 2020.
9. Гранік Ю. Р. Конструкції зовнішніх огорожень та інженерні системи в нових типах енергоефективних житлових будинків Текст. / Ю. Р. Гранік, А. А. Магай, В. С. Беляєв // Енергозбереження. 2003. - № 3.
10. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.
11. ДБН В. 2.6-33: 2018 "Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування".
12. ДБН В.2.2–15:2019 «Житлові будинки. Основні положення» ДСТУ Б EN 13187:2011 Теплові характеристики будівель.
13. ДСТУ Б В.2.2-19:2007 Будинки і споруди. Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій.

14. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення і настанова (ISO 50006:2014, IDT) [Чинний від 01.09.2016]. –(Державний стандарт України).
15. ДСТУ ISO 9869:2007 Теплоізоляція. Будівельні елементи. Натурні вимірювання теплового опору та коефіцієнта теплопередавання (ISO 9869:1994, IDT).
16. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики.
17. ДСТУ Б В.2.6-189 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.
18. ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування й улаштування вікон та дверей.
19. ДСТУ Б.2.6-17:2000 Блоки віконні та дверні.
20. Дворкін Л.Й. Опоряджувальні матеріали і вироби: Навч. посібник. — 2-ге вид., перероб. — К.: Вища школа, 2022.
21. Дворкін Л.Й. Будівельне матеріалознавство. (Навчальний посібник). – Рівне: Видавництво РДТУ, 2019. – 477 с.
22. Дудніков С. М., 2014. Деякі аспекти проектування комбінованих системи енергопостачання з поновлювальними джерелами з врахуванням концепції Smart Grid. Комунальне господарство міст, вип. 118 (1), с. 67-70.
23. Закону України «Про енергетичну ефективність будівель». ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.
24. Ігнатенко Г.В., Ігнатенко О.В. Професійна педагогіка: навчальний посібник. К, 2013. 352 с.
25. Іллічов В. А. Науково-технічні досягнення та інтелектуальні проблеми інновацій в будівництві Текст. / В. А. Іллічов //Промислове і цивільне будівництво. 2004. - №6. - С. 11-12

26. ISO 50001:2014 «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання».
27. Елементарні заходи щодо збереження енергії в період опалення будинків [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.kaniv.net/news.php?p=11583>.
28. Єзерський Ст. А., Монастир'єв П. В. Кріпильний каркас вентиляованого фасаду і температурне поле зовнішньої стіни // Житлове будівництво 2003, № 10
29. Карапузов Є.К. Матеріали і технології в сучасному будівництві. - К.: "Вища освіта", 2015 р.
30. Коваленко О.Е. Методика професійного навчання : підручник для студентів вищ. навч. закл. / О.Е. Коваленко. - Х. : Видавництво НУ А, 2005. - 360с.
31. Коваленко О.Е., Артюх С.Ф., Лобунец В.І. Основні концептуальні положення розвитку інженерно-педагогічної освіти. Проблеми інженерно-педагогічної освіти: зб. наук. праць. – 2004. – Вип. 6. – С. 14-26.
32. Конончук О.П. Сучасні конструктивно-технологічні рішення фасадних систем. Загальні положення [Електронний Ресурс] — Режим доступу: <http://dl.tntu.edu.ua/content.php?cid=137214>.
33. Конончук О.П. Конструктивно-технологічні рішення вентиляованих фасадних [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://dl.tntu.edu.ua/content.php?cid=137213>.
34. Крушельницька О.В. Методологія і організація наукових досліджень студентів : навч. посібник / О.В. Крушельницька. - К.: Кондор, 2003.- 251с.
35. Лівінський О.М. Технологія будівельного виробництва : підручник / О.М.
36. Лівінський О.М. - К.: Українська академія наук (УАН), «МП Леся», 2011. - 272с.
37. Методика визначення енергетичної ефективності будівель. Затверджена Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11 липня 2018 року № 169.
38. Методика визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель. Затверджена Наказом Міністерства регіонального

розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 11 липня 2018 року № 170.

39. Педагогіка: навчальний посібник / за редакцією В. М. Галузяк, М. І. Сметанський, В.І. Шахов. - Вінниця: РВВ ВАТ "Віноблдрукарня", 2001. – 200с.
40. Пометун О.І. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання: Наук.- метод. Посібн. – К.: А.С.К., 2006. – 192с.
41. Решетовська Л.М. Сучасні технології виробничого навчання в ПТНЗ: методичний посібник / Л.М. Решетовська.- Львів : СПОЛОМ, 2008. – 148с.
42. Рожко А.О., Сталий розвиток України в контексті використання відновлювальних джерел енергії / К 2007.
43. Пехота О. М. Освітні технології : навчально - методичний посібник / О.М. Пехота. - К.: А.С.К., 2002.- 255с.
44. Свідерська О. В. Основи енергозбереження. – Харків: Тетра Системс, 2008.
45. Система скріпленої зовнішньої теплоізоляції будівель і споруд: ТУУ В.2.7-21685172.002-2001.
46. Сучасні теплоізоляційні матеріали [Електронний ресурс] — Режим доступу: «Термолайф» <http://www.termolife.com.ua/pages/89/>.
47. Теплоаудит [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ua.polifasadkiiev.com/teploaudit.html>
48. Теплоаудит [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://ua.polifasadkiiev.com/teploaudit.html>.
49. Туркот Т.І. Основи педагогіки вищої школи : навчальний посібник / Т.І. Туркот. - К.: Знання, 2005.- 301с.
50. Тхоржевський Д.О. Методика трудового і професійного навчання та викладання загально технічних дисциплін: навч. посібник.- 3-тє видання / Д.О. Тхоржевський. - К.: Вища шк., 1992. - 334с.
51. УкрТеплоізоляція [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://ukrteploizolyatsiya.com.ua>.
52. Тепломасообмінні апарати і установки промислових підприємств. Навчальний посібник / Під. ред. Б. А. Левченко.– Харків, 1999.– С. 228–236

53. Чернявський В.В., Борисенко О.Б. Кліматичні фактори впливу на теплоізоляційні фасадні системи з тонким штукатурним шаром. Київ, 2010. - № 37. – с. 559-564.
54. Фаренюк Г.Г. Наукові основи нормативного забезпечення енергоефективності будівельних об'єктів. – Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 2010, вип.14. с.52-60
55. Фаренюк Г.Г. Структура та методичні положення нормативної бази з питань енергоефективності будівель – Наука та будівництво. – 2017, №3 (13). с.4-15.
56. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій /Г.Г.Фаренюк// – К.: Гама-Принт, 2009. – 216 с.
57. Фаренюк Г.Г., Фаренюк Є.Г. Методика оцінки мінімальних вимог до показників ISSN 2313-6669 «SCIENCE & CONSTRUCTION» «НАУКА ТА БУДІВНИЦТВО» 3-4(33-34)'2022 енергоефективності житлових та громадських будівель – Наука та будівництво, 2022, №1, с.3-12
58. Якісна теплоізоляція. Принципи інтегрованого термічного захисту [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://passivehouse-igua.com/passive-house/passive-house-integrated-thermal-protection/>.