

Кафедра професійної освіти та
комп'ютерних технологій

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

**Тема: Методи підвищення енергоефективності будівель з
методикою викладання теми**

Виконав:
Івашков Олександр Михайлович
015 Професійна освіта (Будівництво)

Науковий керівник:
канд. пед. наук,
Хоменко О.Г.

Допущено до захисту
" ___ " _____ 2023 р.

Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

Дата захисту: « ___ » _____ 2023 р.

Національна _____ оцінка

Кількість балів: _____

Оцінка ECTS _____

Підписи членів комісії:

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка

Кафедра професійної освіти та комп'ютерних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ (науковий ступінь, учене звання)

_____ Володимир ЗІНЧЕНКО

_____ (підпис) (ім'я, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

для виконання магістерської роботи здобувачеві

Івашкову Олександрю Михайловичу

015 Професійна освіта (Будівництво та зварювання)

Науковий керівник Хоменко Олександр Григорович, канд. пед. наук

Тема **Методи підвищення енергоефективності будівель з методикою викладання теми**

1. Термін подання здобувачем виконаної роботи «14» листопада 2023 р.

2. Перелік основних джерел за темою дослідження (вихідні дані): держані будівельні норми та стандарти, звіт з науково-виробничої практики.

3. Зміст магістерської роботи:

- розглянути нормативно-правову базу у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель та проаналізувати її розвиток;
- визначити поняття енергоефективної будівлі, класи енергоефективності;
- узагальнити основні архітектурно-планувальні, конструктивні та інженерні рішення спрямовані на підвищення енергоефективності будівель;
- розробити методику викладання теми «Методи підвищення енергоефективності будівель» з використанням інтерактивних дидактичних технологій

4. Орієнтовний перелік графічного матеріалу: таблиці розрахунків, електронна презентація роботи – 22-25 слайдів

Науковий керівник

_____ Олександр ХОМЕНКО

_____ (підпис)

Завдання отримав

«__» _____ 2023 р.

_____ Олександр ІВАШКОВ

_____ (підпис здобувача)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка

Кафедра професійної освіти та комп'ютерних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ (науковий ступінь, учене звання)

_____ (підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ПЛАН-ГРАФІК
виконання магістерської роботи

Тема: Методи підвищення енергоефективності будівель з методикою викладання теми
Здобувач: Івашков Олександр Михайлович
Спеціальність 015 Професійна освіта (Будівництво та зварювання)
Освітньо-професійна програма Професійна освіта (Будівництво)

№№ з/п	Розділи, підрозділи та їх зміст	Термін виконання	Відмітка наукового керівника про виконання
1.	Робота з інформаційними джерелами	02.02.23	виконано
2	Розробка наукового апарату дослідження і написання вступу	20.03.23	виконано
3	Розробка теоретичної частини дослідження	25.06.23	виконано
4.	Розробка методики викладання теми «Методи підвищення енергоефективності будівель»»	27.10.23	виконано
5.	Написання висновків, оформлення роботи і підготовка до захисту	14.11.23	виконано

Підпис здобувача _____ Олександр ІВАШКОВ

ЗМІСТ

Вступ.....	5
РОЗДІЛ 1. Енергоефективність у будівництві	8
1.1. Розвиток нормативно-правової база у сфері енергетичної ефективності	8
1.2. Класи енергетичної ефективності будівель.....	15
1.3. Відновлювальні джерела енергії у сучасних технологіях	23
РОЗДІЛ 2. Сучасні методи та рішення підвищення енергетичної ефективності будівель	34
2.1. Архітектурно-планувальні рішення будівель, спрямовані на енергозбереження	34
2.2. Енергозберезувальні матеріали, конструкції і системи	39
2.3. Інженерні системи забезпечення енергоефективності будівель	51
РОЗДІЛ 3. Методика викладання теми «Методи підвищення енергоефективності будівель»	61
3.1 Сутність технології інтерактивного навчання	61
3.2. Інтерактивне заняття з теми «Методи підвищення енергоефективності будівель».	65
Висновки	74
Список використаних джерел	77

Вступ

Актуальність теми. Сучасна енергетика планети, значна частина якої зосереджена у великих містах, поглинає первинні ресурси у мільйони раз скоріше, ніж їх виробляє природа. За оцінками фахівців запасів нафти вистачить лише до 2030 року (за песимистичним сценарієм) або до 2050 р. (за оптимістичним сценарієм), газу - до 2070 або 2090 рр.

Вичерпання запасів традиційних джерел енергії, її гостра нестача для більшості країн, швидке зростання цін на енергоносії перетворили проблему раціонального використання джерел енергії в одну із глобальних світових проблем, що впливають на весь хід розвитку людської цивілізації та на збереження середовища її проживання.

Пріоритетне завдання енергетичної стратегії України – підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів і спрямування економіки держави на енергозберігаючий шлях розвитку.

На різні потреби будинків і споруд витрачається величезна кількість світового споживання енергії – до 40%. Отже підвищення енергоефективності будівель відноситься до пріоритетних напрямків розвитку будівельної індустрії і держави в цілому.

Вивченню проблем енергоефективності присвячено багато теоретичних праць та експериментальних досліджень. Питання енергоефективності будинків активно досліджували Береговий А.М., Саницький М. А., Табунщиков Ю.А. і інші. Сучасними аспектами забезпечення енергоефективності житлових будівнків займаються Фаренюк Г. Г., Агеєва Г. М., Шевчук О. В., Петрова Л. В. Досліджував енергозберігаючі технології і матеріали в будівництві Лівінський О. М. Таким чином, існують різні методи, рішення і пропозиції енергозбереження у будівництві. Наразі існує потреба подальшого розвитку теоретичних засад методів підвищенняого забезпечення енергоефективності будівель.

Знання основ енергоефективного проектування та компетентності з енергетичного менеджменту необхідні сьогодні практично будь-якому

фахівцю. Отже, освітня діяльність майбутніх інженерів-магістрів професійного навчання у сфері будівництва повинна здійснюватись з використанням сучасних енергоефективних технологій.

Метою магістерської роботи є обґрунтування оптимальних методів підвищення енергоефективності будівель і методика викладання теми «Методи підвищення енергоефективності будівель».

Об'єктом дослідження є енергоефективні житлові будівлі.

Предмет дослідження – архітектурно-планувальні, конструктивні та інженерні рішення енергоефективних будівель

Для реалізації поставленої мети вирішити наступні **завдання**:

- розглянути нормативно-правову базу у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель та проаналізувати її розвиток;
- визначити поняття енергоефективної будівлі, класи енергоефективності;
- узагальнити основні архітектурно-планувальні, конструктивні та інженерні рішення спрямовані на підвищення енергоефективності будівель;
- розробити методику викладання теми «Методи підвищення енергоефективності будівель» з використанням інтерактивних дидактичних технологій

Методи дослідження полягають у аналізі літературних джерел, теоретичних досліджень, аналізі та узагальненні даних.

Практичне значення результатів роботи. Отримані у роботі результати можуть використовуватись в підготовці здобувачів освіти інженерно-педагогічних спеціальностей будівельного профілю, у розробці нових дисциплін..

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідались і обговорювались на науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу та здобувачів освіти ГНПУ ім.Олександра Довженка (м. Глухів 2022-2023 рр.);

Обсяг та структура роботи. Магістерська робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи становить 80 сторінок, які включають 76 сторінок основного тексту, списку використаних джерел на 4 сторінках.

РОЗДІЛ 1. Енергоефективність у будівництві

1.1. Розвиток нормативно-правової база у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель

Нормативна база енергозбереження в Україні була започаткована прийняттям Закону України «Про енергозбереження» від 1 липня 1994 р., у якому було визначені правові, економічні, соціальні та екологічні основи енергозбереження для підприємств різних форм власності, об'єднань, організацій, та для громадян. Основними принципами державної політики у сфері енергозбереження Закон визначав, створення державою економічних і правових умов зацікавленості в енергозбереженні, здійснення державного регулювання діяльності у сфері енергозбереження на основі економічних, нормативно-технічних заходів управління, пріоритетність вимог енергозбереження у діяльності, пов'язаної з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробленням та використанням паливно-енергетичних ресурсів, створення енергозберігаючої структури виробництва на основі комплексного вирішення питань економії та енергозбереження з урахуванням екологічних вимог, широкого впровадження новітніх енергозберігаючих технологій.

Законом України «Про альтернативні види палива» від 14 січня 2000 р. було визначено правові, соціальні, економічні, екологічні та організаційні засади виробництва (видобутку) і використання альтернативних видів палива. Основними принципами державної політики у сфері альтернативних видів палива у Законі визначено сприяння розробці та раціональному використанню нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини для виробництва (видобутку) альтернативних видів палива з метою економії паливно-енергетичних ресурсів та зменшення залежності України від їх імпорту, зменшення негативного впливу на стан довкілля за рахунок використання альтернативних видів палива відходів різного роду діяльності, додержання екологічної безпеки виробництва (видобутку), транспортування,

зберігання та споживання альтернативних видів палива. Згідно із Законом до альтернативних видів рідкого палива належать горючі рідини, одержані під час переробки твердих видів палива (вугілля, торфу, сланців), спирти (біоетанол, біобутанол) та отримані на їх основі продукти, що можуть використовуватись як паливо або компоненти палива; олії, інші види рідкого палива з біомаси (у тому числі біодизель); горючі рідини, одержані з промислових відходів, у тому числі газових викидів, стічних вод, виливів та інших відходів промислового виробництва; паливо, одержане з нафти і газового конденсату нафтових, газових та газоконденсатних родовищ непромислового значення та вичерпаних родовищ, з важких сортів нафти та природних бітумів, якщо це паливо не належить до традиційного виду.

Законом України «Про альтернативні джерела енергії» від 20 лютого 2003 року. було передбачено, що основними засадами державної політики у сфері альтернативних джерел енергії є нарощування обсягів виробництва та споживання енергії, виробленої з альтернативних джерел, з метою економного витрачання традиційних паливно-енергетичних ресурсів та зменшення залежності України від їх імпорту шляхом реструктуризації виробництва і раціонального споживання енергії за рахунок збільшення частки енергії, виробленої з альтернативних джерел, додержання екологічної безпеки за рахунок зменшення негативного впливу на стан довкілля при створенні та експлуатації об'єктів альтернативної енергетики, а також при передачі, транспортуванні, постачанні, зберіганні та споживанні енергії, виробленої з альтернативних джерел, додержання безпеки для здоров'я людини на об'єктах альтернативної енергетики на всіх етапах виробництва, а також під час передачі, транспортування, постачання, зберігання та споживання енергії, виробленої з альтернативних джерел.

Законом України «Про теплопостачання» від 2 червня 2005 р. визначено основні правові, економічні та організаційні засади діяльності на об'єктах сфери теплопостачання з метою забезпечення енергетичної безпеки України, підвищення енергоефективності функціонування систем

теплопостачання, створення і вдосконалення ринку теплової енергії та захисту прав споживачів та працівників сфери теплопостачання. Основними напрямками розвитку систем теплопостачання згідно із Законом є планування теплопостачання, розроблення та реалізація схем теплопостачання міст та інших населених пунктів України, на основі оптимального поєднання централізованих та автономних систем теплопостачання, впровадження когенераційних установок, використання нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії, у тому числі енергії сонця, вітру, біогазу, геотермальних вод, відходів виробництва; зниження втрат під час транспортування теплової енергії в магістральних та розподільчих теплових мережах шляхом впровадження сучасних видів теплоізоляції.

Законом від 1 квітня 2009 року «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії» до Закону «Про електроенергетику» були внесені зміни щодо запровадження «зеленого» (спеціального) тарифу, за яким накуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії. Такий тариф затверджує Національна комісія регулювання електроенергетики (НКРЕ) України на електричну енергію, вироблену на об'єктах електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії.

Метою Закону України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу» від 5 квітня 2005 року є створення правових засад для підвищення ефективності використання палива в процесах виробництва енергії або інших технологічних процесах, розвитку та застосування технологій комбінованого виробництва електричної і теплової енергії, підвищення надійності та безпеки енергопостачання на регіональному рівні, залучення інвестицій на створення когенераційних установок.

Прийнятим у 2017 році Законом «Про енергетичну ефективність будівель» визначена державна політика у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель на таких засадах:

1) забезпечення належного рівня енергетичної ефективності будівель відповідно до технічних регламентів, національних стандартів, норм і правил;

2) стимулювання зменшення споживання енергії у будівлях;

3) забезпечення скорочення викидів парникових газів у атмосферу;

4) створення умов для залучення інвестицій з метою здійснення заходів із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель;

5) забезпечення термомодернізації будівель, стимулювання використання відновлюваних джерел енергії;

б) розроблення та реалізація національного плану щодо збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії.

Одночасно в 2017 році були прийняті Закон України «Про Фонд енергоефективності» та Закон України «Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання», які створюють умови для державної підтримки та стимулювання заходів підвищення енергоефективності, дозволяють контролювати ефективність реалізації цих заходів та сприяють підвищенню енергетичної незалежності та енергетичної безпеки держав. Головне нововведення цього документу – впровадження сертифікатів, в яких вказується рівень споживання енергії об'єктом будівництва. В цих документах зазначається адреса будівлі, дані про її функціональне призначення, фактичне енергоспоживання, обсяг викидів парникових газів, а також клас енергоефективності.

Наказом Мінрегіонрозвитку будівництва та ЖКГ України No 172 від 11.07.2018 року затверджений Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката. Сертифікація енергетичної ефективності є обов'язковою для: об'єктів будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту), що за класом наслідків

(відповідальності) належать до об'єктів із середніми (СС2) та значними (СС3); будівель державної власності з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів; будівель з опалювальною площею понад 250 квадратних метрів, у всіх приміщеннях яких розташовані органи місцевого самоврядування; будівель, в яких здійснюється термомодернізація, на яку надається державна підтримка та яка має наслідком досягнення класу енергетичної ефективності будівлі не нижче мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі.

Розпорядженням КМУ від 29 січня 2020 року № 88-р затверджена Концепція реалізації державної політики в сфері забезпечення енергоефективності будівель та Національний план збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівня споживання енергії (НСЕБ). До 2030 року планується перехід на будівництво нових та реконструкцію існуючих будівель з дотриманням високих стандартів з енергоефективності і отримання будівель із наближеним до нульового рівня споживання енергії. На першому етапі протягом 2020-2025 років передбачається створення нормативно-правової бази, встановлення норм технічного регулювання, на другому етапі 2025-2030 років має відбутись перехід до обов'язкового дотримання стандартів НСЕБ.

Ширше питання енергоефективності будівель розглядається в директивах ЄС - EPBD (Energy Performance of Buildings Directive). Ратифікувавши Угоду з ЄС Україна розпочала процес імплементації енергетичних та екологічних норм ЄС в національне законодавство, намагаючись виконувати всі директиви дотримуючись строків.

За останні 8 років Україна ввела низку директив ЄС у цій сфері, включаючи запровадження 100% комерційного обліку енергоресурсів, енергоменеджменту, енергосервісних контрактів (ЕСКО) тощо. Останнім успіхом є прийняття у жовтні 2021 року Закону "Про енергетичну ефективність" - вирішальний крок на шляху транспозиції Директиви 2012/27/ЄС. Закон усуває технічні перепони, які ускладнювали укладання

ЕСКО-договорів, та надає повноцінного характеру розвитку енергосервісу. Середня річна економія за реалізованими ЕСКО-проектами становить 35%.

Базовими документами з питань енергоефективності будівель на всіх етапах їх життєвого циклу будівництва є Державні будівельні норми України (ДБН) та Державні стандарти (ДСТУ).

У 2006 р. було вперше введено в дію державні будівельні норми з енергоефективності будівель (ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель») які суттєво підвищували вимоги до теплозахисних властивостей конструкцій. У 2008-2010 р.р. створена система норм та стандартів з регламентації вимог та методів контролювання показників енергоефективності. У 2013 р. були внесені зміни у ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель», які збільшили вимоги до теплозахисту огорожувальних конструкцій будинків.

2014 рік - початок імплементації європейських стандартів. 2015 р. - перехід на параметричний метод нормування при проектуванні будівель за показниками енергоефективності. Це найбільш прогресивний і перспективних методів нормування у будівництві., оскільки формує цілі і завдання, параметри, що визначають безпеку, функціональність та якість об'єктів будівництва.

У 2016 році введено в дію новий ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»), яким встановлено нові вимоги до показників енергоефективності та теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будівель і порядок їх розрахунку з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на опалення та охолодження, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будівель та споруд.

Норми ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» передбачають введення показника енергоефективності будинків, а саме, питома потреба в тепловій енергії на опалення, а також установлюють класи

енергоефективності будинків, показники енергоефективності і правила їхньої оцінки як при проектуванні й будівництві

Комплекс діючих нормативних документів встановлює вимоги щодо енергоефективності під час проектування, експлуатації, реконструкції будівель, їх енергетичного обстеження та модернізації.

Основними з цих вимог є:

- вимоги зі зниження споживання теплової енергії на опалення будинків
- вимоги зі зниження споживання первинної енергії в житлових будинках;
- вимоги використання для опалення переважно внутрішніх теплових ресурсів будинку;
- вимоги з використання поновлюваних енергетичних ресурсів у будинках;
- вимоги до мінімізації теплообміну будинків з навколишнім середовищем за рахунок високоякісної теплоізоляції;
- вимоги з обмеження виділень парникових газів;
- вимоги з розробки енергетичних паспортів будинків;
- вимоги з проведення регулярного моніторингу витрат енергетичних ресурсів при експлуатації будівель.

1.2 Класи енергетичної ефективності будівель та їх сертифікація

Відповідно до Закону України "Про енергетичну ефективність будівель" (далі - Закон) [1] визначимо наступні терміни та поняття:

Енергетична ефективність будівлі - властивість будівлі, що характеризується кількістю енергії, необхідної для створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі.

Клас енергетичної ефективності будівлі - розрахунковий рівень енергетичної ефективності будівлі або її відокремлених частин, визначений за інтервалом значень показників енергетичної ефективності, що встановлюються відповідно до вимог законодавства з урахуванням гармонізованих стандартів Європейського Союзу у сфері енергетичної ефективності будівель;

Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності - сукупність вимог до огорожувальних конструкцій будівлі, інженерних систем та їх елементів (у тому числі обладнання), результатом дотримання яких є забезпечення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі протягом нормативного строку експлуатації будівлі при нормативно допустимому рівні витрат енергії;

Згідно ДБН В.1.2-11:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність» термін "енергетична ефективність - властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та /або проживання у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов.

Клас енергетичної ефективності будівлі встановлюють під час проектування, зведення будинку та за даними контролю і оцінки фактичного

рівня тепловитрат на опалення будинку, що експлуатується. Клас енергетичної ефективності будинку може бути уточнений за результатами експлуатації та впровадження заходів із енергозбереження. В основу класифікації будинків за енергетичною ефективністю покладено рівень відносного відхилення розрахункових та нормативних значень питомих витрат теплової енергії на опалення.

На сьогоднішній розроблено декілька методик до оцінки показників енергетичної ефективності будинків. У Європі одержала поширення наступна класифікація будинків за енергоспоживанням:

- енергозберігаючі будинки низького споживання (річна витрата тепла 70-30 кВт·ч/м²);
- енергозберігаючі будинки ультранизького споживання (річна витрата тепла 30-15 кВт·ч/м²);
- енергопасивні будинки (річна витрата тепла до 15 кВт·ч/м²);
- енергозберігаючі будинки (річна витрата тепла зведена до 0);
- енергоефективні будинки +енергії (виробляють енергії більше, ніж споживають).

Таким чином, до енергоефективних будинків можуть бути віднесені будівлі з низьким енерговикористанням і будинки з нульовим енергоспоживанням зі стандартних джерел. Будинок із низьким споживанням енергії - це будівля, у якій ефективно використання енергоресурсів досягається за рахунок застосування інноваційних рішень, які можуть бути впроваджені технічно, економічно обґрунтовані, а також прийнятні з екологічної і соціальної точок зору і не змінюють звичного способу життя.

Одним із різновидів енергоефективних будівель є пасивний будинок. У "пасивному" будинку на опалення витрачається максимально 15 кВт/год/м² за рік. Річне споживання первинної енергії у пасивному будинку для покриття всіх енергетичних потреб (включаючи енергозабезпечення електро побутових приладів) не повинно перевищувати 12 кВт/год/м².

В Україні, як і в країнах ЄС, основною характеристикою енергоефективності будинку в цілому є величина питомих витрат на його опалення за опалювальний період. Дана величина є комплексним показником енергоефективності будівельного об'єкту, який встановлює граничні межі енергоспоживання і використовується при проектуванні, будівництві, здачі в експлуатацію, а також у подальшій експлуатації будинку. Системний підхід до визначення витрати енергетичних ресурсів у будинку враховує сумарні питомі річні витрати теплової енергії на опалення, вентиляцію й гаряче водопостачання.

Норми ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» передбачають введення показника енергетичної ефективності будинків, а саме, питома потреба в тепловій енергії на опалення, а також встановлюють класи енергетичної ефективності будинків, показники енергоефективності і правила їхньої оцінки при проектуванні й будівництві

У ДБН В.2.6-31:2016 встановлено 6 класів енергетичної ефективності будинку (табл.1.1).

Табл.1.1

Класи енергетичної ефективності будинку	Різниця у % розрахункового або фактичного значення питомої енергопотребы EP від максимально допустимого значення, EP_{max} $[(EP - EP_{max}) / EP_{max}] \cdot 100\%$
А	Мінус 50 та менше
В	Від мінус 49 до мінус 10
С	Від мінус 9 до плюс 5
D	Від плюс 6 до плюс 25
Е	Від плюс 26 до плюс 75
F	Плюс 76 та більше

де EP - розрахункове значення питомих витрат на опалення за опалювальний період, кВт·год/м² або кВт·год/м³;

EP_{max} - максимально допустиме значення питомих тепловитрат, що встановлюється в залежності від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації.

Наявність шести класів енергетичної ефективності надає можливість уніфікації економічно обґрунтованих заходів із заощадження енергії в будинках різних за періодом будівництва, конструктивними та інженерними рішеннями, умовами експлуатації, а також оцінки інвестиційної привабливості будівництва, реконструкції, капітального ремонту (термомодернізації) та експлуатації будинків.

Будинкам, що проектуються, надається клас не нижчий від «С».

Відповідність вимогам ДБН В.2.6-31:2016 має бути підтверджена після завершення будівництва. Для будинків, що експлуатуються, енергетичний паспорт розробляється на замовлення організації, що здійснює нагляд за їх експлуатацією, або власника будинку. Для будинків, виконавча документація на будівництво яких не збереглася, енергетичні паспорти складають організації та установи, що мають відповідні ліцензії, на основі матеріалів бюро технічної інвентаризації, натурних технічних обстежень і вимірювань фактичних теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будинку. ефективності здійснюється за результатами енергетичних обстежень (енергоаудиту), які проведено незалежними організаціями та установами, акредитованими у встановленому порядку. У випадку отримання результатів, які відповідають класам «D», «E», «F», необхідно розробити заходи щодо підвищення енергоефективності будинку з доведенням до класу, не нижче від «С».

Згідно Закону України від 22 червня 2017 року № 2118-VIII “Про енергетичну ефективність будівель, наказами Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11 липня 2018 року № 169 “Про затвердження Методики визначення

енергетичної ефективності будівель”, від 11 липня 2018 року № 170 “Про затвердження Методики визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель” , наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 27 жовтня 2020 року № 260 ”Про затвердження мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель”, показниками енергетичної ефективності для будівель є:

- питома енергопотреба на опалення, охолодження, постачання гарячої води;
- питоме енергоспоживання при опаленні;
- питоме енергоспоживання при охолодженні;
- питоме енергоспоживання при постачанні гарячої води;
- питоме енергоспоживання систем вентиляції;
- питоме енергоспоживання при освітленні;
- питоме енергоспоживання первинної енергії;
- питоме енергоспоживання викидів парникових газів.

З 2021 року критерієм, за яким оцінюється енергетична ефективність будівель при новому будівництві, реконструкції, капітальному ремонті, термомодернізації об’єкта будівництва є показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, що має відповідати мінімальній вимозі виконання умови:

при новому будівництві

$$EP_{use} \leq EP_p \quad (1)$$

при реконструкції, капітальному ремонті будівель або їх відокремлених частин

$$EP_{use} \leq 1,2 EP_p \quad (2)$$

де, EP_{use} , кВт·год/м² [кВт·год/м³] – розрахункове питоме енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових,кВт·год/м², та громадських будівель,[кВт·год/м³], залежно від призначення будівлі, її поверховості або показника компактності, температурної зони експлуатації

EP_p , [кВт·год/м³] – граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні.

Розрахункове значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових будівель визначається за формулою:

$$EP_{use} = (Q_{H,use} + Q_{C,use})/A_f, \quad (3)$$

громадських будівель

$$EP_{use} = (Q_{H,use} + Q_{C,use})/V, \quad (4)$$

де, $Q_{H,use}$, $Q_{C,use}$ – річне енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні, відповідно, кВт·год;

A_f , V – кондиціонована (опалювана) площа для житлової, м², та кондиціонований (опалюваний) об'єм для громадської будівлі, м³.

Клас енергетичної ефективності визначається за відсотковою різницею між показниками EP_{use} та EP_p згідно Наказу Міністерства розвитку громад та територій України N 261 від 27.10.2020:

$$\Delta_{EP} = [(EP_{use} - EP_p) \div EP_p] \times 100, \% , \quad (5)$$

Таблиця 1.2.

Класи енергетичної ефективності будівлі

Класи енергетичної ефективності будівлі	Відсоткові показники,
A	$\Delta_{EP} < -50$
B	$-50 \leq \Delta_{EP} < -20$
C	$-20 \leq \Delta_{EP} < 0$ - нормативно необхідний клас
D	$0 < \Delta_{EP} \leq 20$
E	$20 < \Delta_{EP} \leq 35$
F	$35 < \Delta_{EP} \leq 50$
G	$50 < \Delta_{EP}$

Граничні значення питомого енергоспоживання будівель при опаленні та охолодженні, наведені у табл.1.3.

Таблиця 1.3

№ з/п	Вид будівлі	Граничне значення питомого енергоспоживання будівель при опаленні та охолодженні E_{Pp} , кВт×год/м ² [кВт×год/м ³] для температурної зони України	
		I	II
	Будівлі житлові (поверховість):		
1	від 1 до 3	120	110
	від 4 до 9	85	75
	від 10 до 16	75	70
	17 і більше	70	65
2	Громадські будівлі (поверховість):		
	від 1 до 3	від 1 до 3	від 1 до 3
	від 4 до 9	від 4 до 9	від 4 до 9
	10 і більше	10 і більше	10 і більше
3	Окремі типи громадських будівель:		
3.1	Будівлі готельні	$57\Lambda_{bci} + 60$	$50\Lambda_{bci} + 55$
3.2	Будівлі закладів освіти	$[55\Lambda_{bci} + 24]$	$[52\Lambda_{bci} + 23]$
3.3	Будівлі закладів дошкільної освіти	[32]	[28]
3.4	Будівлі закладів охорони здоров'я	[30]	[26]
3.5	Будівлі торговельні	$[33\Lambda_{bci} + 17]$	$[26\Lambda_{bci} + 15]$

Примітка: Λ_{bci} - коефіцієнт компактності будівлі, м⁻¹, знаходиться згідно з ДБН В.2.6-31:2016 "Теплова ізоляція будівель".

Енергетична ефективність об'єктів будівництва та існуючих будівель визначається лише за результатами проведення сертифікації енергетичної ефективності (згідно Закону України «Про енергетичну ефективність будівель»). Результатом сертифікації енергетичної ефективності є енергетичний сертифікат (рис.1.1.) та витяг з енергетичного сертифікату.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

Функціональне призначення та назва:

Відомості про конструкцію будівлі:

загальна площа, м²:

загальний об'єм, м³:

опалювана площа, м²:

опалюваний об'єм, м³:

кількість поверхів:

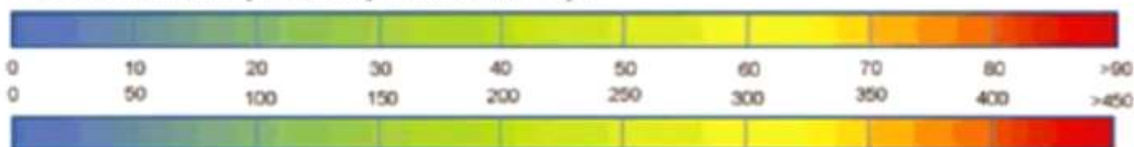
рік прийняття в експлуатацію:

кількість під'їздів або входів:

ФОТО

Шкала класів енергетичної ефективності	Клас енергетичної ефективності
<p>Високий рівень енергоефективності</p> 	
<p>Низький рівень енергоефективності</p>	
<p>Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі</p>	

Питоме споживання первинної енергії, кВт х год/м² за рік



Питомі викиди парникових газів, кг/м² за рік:

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора

Рис.1.1. Форма енергетичного сертифікату будівлі

1.3. Відновлювальні джерела енергії у сучасних технологіях

До відновлюваних джерел енергії належать енергія сонця, вітру, геотермальна енергія, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій тощо.

Енергія сонця. Спектр сонячного випромінювання близький до спектра абсолютно чорного тіла, нагрітого до температури 5800 К, що набагато перевищує температуру навколишнього середовища, при якій це випромінювання діє (300 К). Це означає, що граничний термодинамічний ККД перетворювача сонячного випромінювання може бути близький до 100%. Таким чином, сонячне випромінювання є екологічно чистим та доступним джерелом енергії, що володіє високим енергетичним потенціалом

Середньорічна кількість сумарної енергії сонячного випромінювання, яка надходить щорічно на територію України, знаходиться в межах від 1070кВт·год/м. кв. у північній і до 1400 кВт·год/м² у південній частині України (рис.1.2).

За кліматичних умов України фотоенергетичне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися на протязі всього року проте, максимально ефективно протягом 7 місяців на рік (з квітня по жовтень).

Перетворення сонячної енергії в електричну відбувається в основному за рахунок використання фотоелектричних елементів. Сонячні фотоелектричні (ФЕ) елементи перетворюють сонячне світло безпосередньо в електроенергію. В даний час кристалічний кремній (с-Si) і, тонкоплівкові технології (ТП) домінують на світовому ринку. В фотоелектричних системах на основі кристалічного кремнію високої чистоти використані елементи, які зібрані в модулі і електрично з'єднані. Фотоелектрична система

тонкоплівкової технології складається з тонкого шару напівпровідникового матеріалу, нанесеного на скло, полімер або метал.

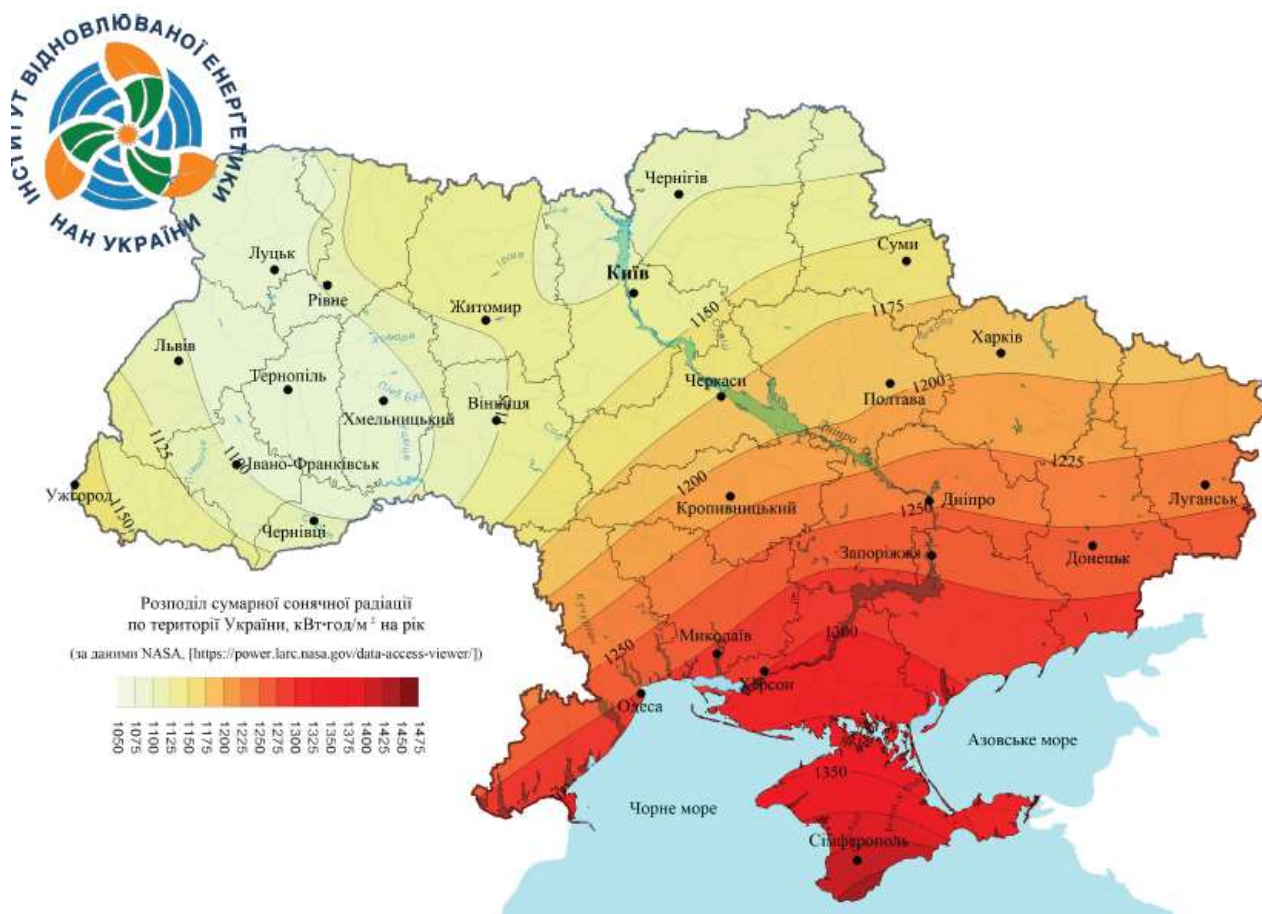


Рис.1.2. Розподіл сумарної сонячної радіації випромінювання по території України, кВт·год/м. кв. (за даними Інституту відновлювальної енергетики НАН України)

За допомогою енергії Сонця можна частково забезпечити електроенергією мешканців житлових будинків, (паралельно з роботою електричної мережі). Для цього використовуються фотоелектричні елементи, які розташовуються на даху будинку. У житлових будинках для вироблення тепла в системі гарячого водопостачання можна застосовувати сонячні колектори (СК). Сонячні колектори здатні нагрівати воду до 70°C. Вдень СК перетворює сонячну енергію в теплову, яка нагріває воду, що накопичується в теплоізованих ємностях (баках-акумуляторах). Із баків-акумуляторів вода подається в систему гарячого водопостачання. СК встановлюються на

даху будинку, а накопичувальна ємність та допоміжне обладнання монтується в технічному приміщенні.

Види сонячних колекторів:



а) плоский



б) вакуумний

Рис.1.3 Види сонячних колекторів

Приблизно 1/3 загального енергоспоживання в Україні припадає на опалення будівель. . Значний потенціал економії ресурсів знаходиться в системах постачання гарячої води. Сонячні колектори разом із накопичувальними водонагрівачами в наших широтах у літні місяці – це найбільш прийнятна альтернатива використання газового котла. Навіть у перехідний період (осінь-весна) завдяки підтриманню системи опалення за рахунок геліосистем можна вимикати опалювальний котел. Експлуатаційні витрати на роботу системи гарячого водопостачання на базі СК мінімальні, адже електрична енергія витрачається тільки на роботу циркуляційного насосу.

Енергія вітру. Джерело вітроенергетики - сонце. Атмосфера землі вбирає сонячну радіацію нерівномірно через неоднорідності її поверхні та різний кут падіння світла в різних широтах в різну пору року. Повітря розширюється та підіймається догори, утворюючи потоки. Там де повітря нагрівається більше ці потоки підіймаються вище та зосереджуються у зонах низького тиску, а холодніше повітря підіймається нижче, створюючи зони високого тиску. Різниця атмосферного тиску змушує повітря пересуватися

від зони високого тиску до зони низького тиску з пропорційною швидкістю. Цей рух повітря і є тим, що ми називають вітром.

Щоб найкраще використати вітряну енергію, важливо досконало розуміти добові та сезонні зміни вітру, зміну швидкості вітру в залежності від висоти над поверхнею землі, кількість поривів вітру за короткі відрізки часу, а також статистичні дані, принаймні за останні десятиріччя.

Карта вітроенергетичного потенціалу нашої країни складена Інститутом відновлюваної енергетики НАН України (рис.).

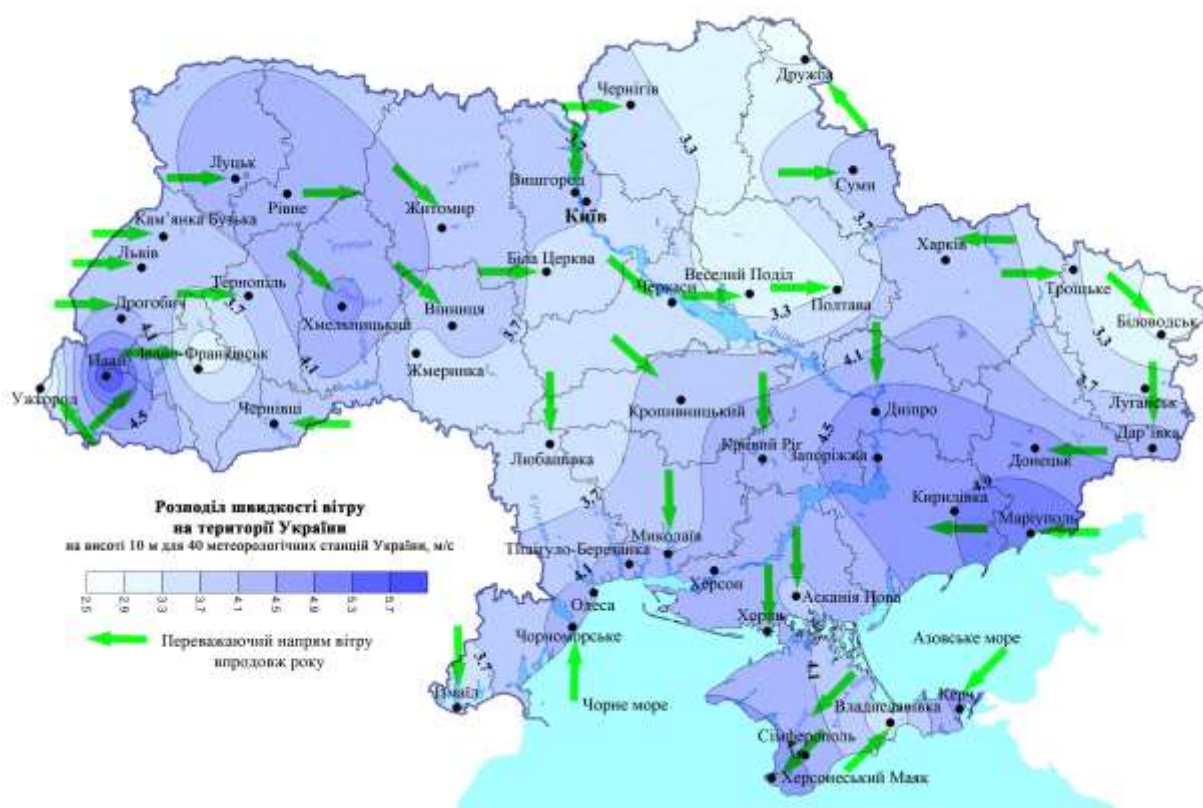


Рис.3. Розподіл швидкості вітру на території України, кВт·год/м. кв. (за даними Інституту відновлювальної енергетики НАН України)

Найбільш привабливими регіонами для використання енергії вітру є узбережжя Чорного та Азовського морів, територія Карпатських гір, Одеська, Херсонська та Миколаївська області.

Особливості застосування вітроелектричних станцій (ВЕС):

1. Паралельна робота з мережею. У цьому випадку електрична енергія, яку виробляє ВЕС, має відповідати вимогам якості електричної енергії у мережі. Мережа, у свою чергу, повинна мати можливість прийняти потужність від ВЕС (пропускна здатність ЛЕП, наявність відповідних лічильників електроенергії тощо) та вчасно реагувати на зміну її кількості.

2. Автономна робота. Для такої роботи ВЕС необхідне встановлення акумуляторних батарей, які накопичуватимуть електричну енергію, що виробляється вітроагрегатом за сприятливих погодних умов. Наявність акумуляторів значно збільшує загальну вартість системи. Тому для прийняття остаточного рішення необхідно проводити техніко-економічні розрахунки. Встановлення автономної ВЕС можливо в поєднанні з фотоелектричним модулем.

3. Пряме перетворення електричної енергії в теплову. Електрична енергія, що виробляється ВЕС, перетворюється в теплову шляхом нагрівання об'єму води електричними ТЕНами. Тобто акумулятором тепла є вода. Таку схему можна використовувати для попереднього нагрівання води в системі гарячого водопостачання.

Основним недоліком вітроенергетики є несталість та нерегульованість вітрового потоку. Важливим є також питання економічної ефективності ВЕС.

Енергія доквілля. До природних енергетичних джерел доквілля належать геотермальна (тепло верхнього шару ґрунту і масивних поверхневих форм рельєфу – скель, каменів і т.п.), гідротермальна (тепло ґрунтових вод, відкритих водоймищ, гарячих підземних джерел) та аеротермальна енергія (тепло атмосферного повітря).

Україна має достатню ресурсну базу і розвинуті геотермальні технології для освоєння таких видів геотермальних джерел енергії:

- субгеотермальні – тепло верхніх шарів Землі до глибини 500 м, яке використовується за допомогою теплонасосних установок;

- гідротермальні – тепло глибинних підземних термальних вод і парагідротерм, яке використовується за допомогою тепло- і електрогенеруючих установок;

- петротермальні – тепло перегрітих «сухих» гірських порід, яке використовується за допомогою свердловинних теплообмінників або шляхом створення штучних підземних проникних колекторів.

На теперішній час найбільшій розвиток в Україні набув напрямок використання тепла верхніх шарів Землі за допомогою теплонасосних установок. Теплова енергія, що надійшла від Сонця, акумулюється в шарі ґрунту осадових та гірських порід на глибинах до ізотермічної (нейтральної) поверхні. Шар ґрунту між глибиною прогріву та ізотермічною поверхнею може розглядатися як природний сезонний акумулятор теплової енергії, причому, енергія, яка була використана в зимовий період, буде відновлюватись у теплий період року. Це стосується і ґрунтових вод, що містяться у вищевказаних шарах ґрунту та осадових порід

Найбільш сприятливими геотермічними умовами для освоєння гідротермальних ресурсів характеризуються Передкарпатський (Львівська, Івано-Франківська, частково Чернівецька області) та Закарпатський (Закарпатська область) прогини, Дніпровсько-Донецька западина (Чернігівська, Полтавська, Сумська, Харківська, Дніпропетровська області), Степовий Крим та узбережжя Чорного моря (Херсонська та Одеська області).

Петрогеотермальні ресурси поширені на всій території України, але найменша глибина їх залягання спостерігається в Закарпатті, внутрішній зоні Прикарпаття і південній частині Одеської і Херсонської областей.

Системи петрогеотермального енергопостачання доцільно створювати у системі тепlopостачання великих міст України і окремих районів з аномально високими геотермальними градієнтами, до яких на сам перед відносяться: Закарпатський прогин, Зовнішня зона Прикарпатського прогину та узбережжя Чорного моря.

Теплова енергія ґрунту та ґрунтових вод може використовуватися для обігріву та вентиляції приміщень. Відбір теплової енергії від ґрунту може здійснюватися за допомогою ґрунтових теплообмінників різних типів. Температура теплоносія у ґрунтовому теплообміннику становить від 3-5°C до 10-12°C і є придатною для застосування теплових насосів, які забезпечують підвищення температури теплоносія до 40-70°C. Досвід провідних країн свідчить, що енергію ґрунту найчастіше використовують у теплонасосних установках потужністю 10-20 кВт, які обслуговують окремі невеликі будинки. У нашій країні - це садибні будинки міст та сіл.

Теплонасосна система теплохолодо- постачання, що працює з використанням теплоти ґрунту, є однією з найбільш енергетично ефективних технологій тепlopостачання. Переваги теплонасосних установок порівняно з традиційними системами пов'язані не тільки зі значними скороченнями витрат первинної енергії, але і з їх екологічною чистотою, а також з можливістю підвищення ступеня автономності систем життєзабезпечення будівель. При розрахунку кількості можливих об'ємів споживання низькотемпературних теплових ресурсів за кліматичних умов різних регіонів України необхідно враховувати, що інтенсивна експлуатація може призвести до зниження температури ґрунтового масиву та його промерзання. Необхідно підтримувати такий рівень використання енергії ґрунту, який дозволив би експлуатувати джерело енергетичних ресурсів без шкоди для навколишнього середовища. Для кожного регіону України існує деяка максимальна інтенсивність видобування геотермальної енергії, яку можна підтримувати тривалий час.

Для спорудження ґрунтових теплообмінників можуть використовуватись земельні ділянки, не зайняті дорогами та забудовою, як у межах садиб, так і на землях загального користування.

Для розрахунку прогнозних ресурсів низькопотенційної теплової енергії ґрунту та ґрунтових вод приймається, що ґрунтові теплообмінники закладаються в шарі ґрунту від глибини промерзання ґрунту (1,2 м) до

глибини залягання нейтрального шару (18 м); в опалювальний період ґрунтовий теплообмінник буде охолоджувати ґрунт на глибині промерзання від 20°C до 0°C, а в літній період ґрунт прогрівається знову до 20°C. Зміна середньої температури ґрунту у ґрунтовому теплообміннику за опалювальний сезон становитиме 10°C. Заморожування ґрунту та ґрунтових вод при такому тепловому режимі не відбувається.

Глибина занурення систем видобування теплових ресурсів верхніх шарів ґрунту, тобто ґрунтових теплообмінників чи свердловин, як правило, повинна бути більшою від глибини кореневої системи рослин.

Теплофізичні властивості ґрунтів при розрахунках приймаються для окремих областей, виходячи з переважаючого типу верхнього шару ґрунтів.

Перспективним є застосування теплових насосів в локальних системах схемах в комплексі з іншими технологіями використання відновлювальних джерел енергії (сонячні, вітрові, біоенергетичні).

Енергія біомаси. Біомаса - біологічно відновлювальна речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу (відходи сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, а також органічна частина промислових та побутових відходів).

Основними постачальниками твердої біомаси для енергетичних потреб в Україні є сільське та лісове господарство. Найбільший потенціал твердої біомаси зосереджений у Вінницькій, Дніпропетровській, Житомирській, Київській, Одеській, Полтавській, Сумській, Харківській та Чернігівській областях і становить близько 2,0 млн т н.е./рік.

Примітка: 1 т н.е. - еквівалентна кількості енергії, що виділяється під час спалювання однієї тонни сирої нафти, близько 41.868 ГДж або 11.63 МВт•год енергії.

Слід відмітити тенденцію зростання потенціалу твердої біомаси, що зумовлено збільшенням продуктивності сільського господарства, змінами у

веденні лісового господарства, змінами у використанні побутових та промислових відходів.

Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямків розвитку відновлюваних джерел енергії, враховуючи високу залежність країни від імпортованих енергоносіїв, в першу чергу, природного газу, і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. На жаль, темпи розвитку біоенергетики в Україні досі істотно відстають від європейських. На сьогоднішній день частка біомаси у валовому кінцевому енергоспоживанні становить лише 1,78%. Щорічно в Україні для виробництва енергії використовується близько 2 млн. т у.п./рік біомаси різних видів. Найвищий відсоток використання економічно доцільного потенціалу припадає на деревину – 80%. Найменш активно (на рівні 1%) реалізується енергетичний потенціал соломи зернових культур та ріпаку.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні є еквівалентним 18 млн. т н.е., а його використання дає змогу щорічно заощаджувати близько 22 млрд. м. куб. природного газу. Найбільший потенціал твердої біомаси зосереджений у Полтавській, Дніпропетровській, Вінницькій та Кіровоградській областях.

За різними оцінками, на кожен тону зерна можна отримати 1,5-2,0 т соломи або рослинних залишків. Значна частина соломи після збирання пресується у тюки, брикети та пелети і використовується для опалення. Таким чином, в Україні є достатній енергетичний потенціал соломи і рослинних відходів.

Лісистість території України становить близько 16% її загальної площі. Щорічно заготовляється 16-17 млн. м ділової деревини; відходи переробки деревини складають до 10 млн. м. куб. На даний час близько 70% відходів деревини у вигляді тирси, трісок, пелет і брикетів використовується як біопаливо.

Енергетичні культури - це окремі види дерев та рослин, що спеціально вирощуються для виробництва твердого біопалива. Вони

поділяються на три окремі групи: швидкоростучі дерева; багаторічні трави (міскантус, шавнат); однорічні трави (сорго, тритикале).

До енергетичних рослин також належать традиційні сільськогосподарські культури, що вирощуються з метою виробництва біодизельного пального (ріпак, соняшник), біоетанолу (кукурудза, пшениця) та біогазу (кукурудза).

Торф – органічна порода, яка утворюється в результаті біохімічного процесу розкладання (відмирання і неповного розпаду) болотних рослин при підвищеній вологості і дефіциті кисню. Річний приріст торф'яного шару становить близько 1 мм і відповідний обсяг торфу можна вважати відновлюваним. Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал торфу становить 0,3 млн. т н.е. Його використання дасть змогу щорічно заощаджувати близько 0,4 млрд. м. куб. природного газу.

Ресурси торфу – значний енергетичний та агрохімічний потенціал країни; торф успішно використовується як паливо для місцевого комунально-побутового сектору і є джерелом сировини для інших галузей народного господарства. Комплексне використання торфу зумовлюється великою різноманітністю його видів навіть в межах одного родовища.

Енергетичний потенціал біогазу. Біогаз – це суміш газів, що утворюється внаслідок анаеробного метанового збродження біомаси і складається з метану, двоокису вуглецю, домішок сірководню, аміаку та інших газів. Основними компонентами біогазу є метан (40–60 %) і вуглекислий газ (30–45 %).

Виробництво енергії з біогазу не шкідливе для навколишнього середовища, оскільки не спричиняє додаткову емісію парникового газу CO_2 і зменшує кількість органічних відходів. На відміну від енергії вітру і Сонця, біогаз можна отримувати незалежно від кліматичних і погодних умов, а на відміну від викопних джерел енергії біогаз в Україні має дуже великий відновлюваний потенціал. Річний теоретичний потенціал біогазу в Україні становить 3,2 млрд. м. куб.

Найбільший потенціал біогазу зосереджений у Київській, Донецькій, Дніпропетровській, Черкаській та Вінницькій областях і становить від 116 до 241 тис. т н.е./ рік – тобто в урбанізованих областях та областях з інтенсивним тваринництвом та птахівництвом..

Ефективним шляхом доповнення та заміни традиційних паливно-енергетичних ресурсів є виробництво та використання біогазу, який утворюється в результаті застосування технологій метанового зброджування тваринницької біомаси і на 60-70% складається з метану. Іншим джерелом біогазу є звалища сміття на полігонах твердих побутових відходів. Крім цього, джерелом біогазу є стічні води, які мають у своєму складі велику кількість органічних речовин.

За рахунок використання біогазу можна замінити природний газ та зріджені гази, що використовуються для енергозабезпечення промислових і побутових потреб..

Суттєвий негативний вплив на довкілля здійснюють звалища і полігони твердих побутових відходів (далі – ТПВ). Науковці розглядають полігони ТПВ як джерела відновлюваних газових родовищ. Завдяки тому, що звалища ТПВ містять значну кількість органічних відходів, у товщі звалища в умовах обмеженого доступу кисню, органічні речовини під дією природних метаноутворюючих бактерій піддаються процесу анаеробної ферментації з утворенням біогазу. Біогаз є багатоконпонентним газом, склад його може змінюватися залежно від морфологічного складу відходів, що потрапляють на звалища, та умов їх захоронення.

Біогаз, отриманим зі звалищ ТПВ збагачують (підвищення вмісту метану до 94–95 %) та спалюють з метою виробництва енергії або використовують у газових мережах загального призначення в якості заміни природного газу.

РОЗДІЛ 2. Сучасні методи та рішення підвищення енергетичної ефективності будівель

2.1. Архітектурно-планувальні рішення будівель, спрямовані на енергозбереження

Архітектурно-планувальні рішення мають істотний вплив на енергоспоживання будівлі. Вибір оптимальної форми будинку, його орієнтації, розташування, оптимізації площі вікон дозволяє зменшити негативний теплоенергетичний вплив зовнішнього клімату на тепловий баланс будівлі.

Основними архітектурно-планувальними і об'ємно-просторові рішеннями, спрямованими на енергозбереження, є:

- вибір енергоефективної форми будинку, що забезпечує мінімальні теплові втрати;
- вибір оптимальної орієнтації будинку за сторонами світла;
- удосконалювання архітектурно-планувальних рішень житлових будинків із широким корпусом, що дозволяють значно знизити тепловтрати;
- скорочення площі зовнішніх огороджувальних конструкцій, шляхом зменшення периметра зовнішніх стін за рахунок відмови від прорізанності фасадів, виступів і т.п. "архітектурних прорізів";
- максимальне скління південних фасадів і мінімальне скління північних фасадів будинків;
- застосування світлопрозорих зовнішніх огороджувальних конструкцій з підвищеними теплозахисними характеристиками і обладнаних вентиляційними клапанами;

- установка додаткових тамбурів при входах у будинок;
- максимальне використання природного освітлення приміщень для зниження витрат електричної енергії;
- сполучення приміщень без зайвих коридорів, холів і темних приміщень.

Вибір оптимальної форми будинку, його орієнтація у просторі, розташування, оптимізації площі вікон залежно від перерозподілу світла у глибину приміщень, дозволяє зменшити негативний теплоенергетичний вплив зовнішнього клімату на тепловий баланс будівлі

Орієнтація будівлі у просторі повинна прийматися із урахуванням природно-кліматичних особливостей району будівництва, рельєфу, що дозволить максимально використовувати опромінення поверхні обраного місця прямими сонячними променями (основна частина яких падає з південного боку), а також захистити саме будівлю від вітрових впливів. Енергоефективна будівля має бути правильно зорієнтована щодо сторін світу і розміром будівлі, а сама ділянка повинна мати енергоефективний ландшафт. Всі житлові, опалювальні приміщення будинку з великими вікнами повинні дивитися на південний схід, південь або південний захід. Тоді як господарські і сантехнічні приміщення з мінімальною кількістю вікон (до 10-15% від загальної площі застелення) краще розвернути в північному напрямку.

Для оцінки рівня енергоекономічності об'ємно-планувального рішення будівлі існує ряд критеріїв та теплоенергетичних показників.

До них відносяться:

- коефіцієнт компактності,
- коефіцієнт форми будівлі,
- об'ємно-планувальний коефіцієнт

Одним з головних критеріїв енергоефективного будинку є компактність. Державні будівельні норми вимагають певного співвідношення F_{Σ} / V_h (загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожувальних

конструкцій ділиться на опалюваний об'єм будівлі). Цей показник повинен бути якомога меншим.

Розрахунковий показник компактності будинку, $\Lambda_{к\ буд}$, визначається за формулою

$$\Lambda_{к\ буд} = F\Sigma / Vh, \quad (2.1)$$

де $F\Sigma$ – загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожувальних конструкцій, включаючи покриття (перекриття) верхнього поверху і переkritтя (підлоги) нижнього опалювального приміщення, м²;

Vh – опалюваний об'єм будівлі, рівний об'єму, обмеженому внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків, м³.



Рис.2.1. Компактна конфігурація енегоефективної будівлі

Чим менше значення коефіцієнта компактності, тим нижче сумарна величина теплових витрат через усі огорожувальні конструкції будівлі.

Рекомендовані нормами значення щодо показника компактності, які слід виконувати при проектуванні житлових будинків, Λ к буд, не більше:

1,1 – для одноповерхових будівель ;

0,9 – для дво – і одноповерхових будівель з мансардою;

0,61; 0,54; 0,46 – для дво-, три- і чотирьоповерхових блокувальних і секційних будівель відповідно

0,54 – для 3-поверхових будівель;

0,43 – для 4-поверхових будівель;

0,36 – для 5-поверхових будівель;

0,32 – для будівель від 6 до 9 поверхів включно;

0,29 – для будівель від 10 до 15 поверхів включно;

0,25 – для 16-поверхових будівель і вище.

Критерієм будівлі енергоефективності є *коефіцієнт його форми*, виражений як відношення периметра розглянутої в плані будівлі до периметру рівновеликого квадрата. На архітектурно-планувальному рівні, з точки зору енергоефективності, вважаються максимально прості за формою будинки з найменшою площею даху і зовнішніх стін. Оптимальні розміри енергозберігаючої будівлі в плані є квадраті або прямокутні форми. Будь-які виступаючі частини - кути, еркери, балкони, тераси, галереї - збільшують і вартість будівництва, і тепловтрати будинку. Блок-секції будинків з розширенням корпусу дає більший тепловий ефект, тобто витрати тепла через стінові огороження нижче у протяжному корпусі. Взагалі, чим менше коефіцієнт форми, тим нижче теплові витрати будівлі.

Об'ємно-планувальний коефіцієнт оцінює вплив об'ємно-планувального рішення будівлі у порівнянні з відносними витратами тепла.

Об'ємно-планувальний коефіцієнт залежить від висоти поверху і від відношення периметру P будівлі до площі підлоги F_n . Найменше значення об'ємно-планувального коефіцієнту досягається при довжині корпусів, що прагне до нескінченності. Великі значення об'ємно-планувальних коефіцієнтів мають вузькі будівлі та будівлі малої площі – будинки-вежі.

Об'ємно-планувальний коефіцієнт - це складна комплексна характеристику, що включає у себе три категорії показників, які залежать від:

- конструктивних особливостей будівлі (теплових витрат через вертикальні конструкції, покрівлю);
- об'ємно-планувального рішення;
- кількості поверхів.

Згідно формули (2.1), для будинку з меншим будівельним об'єм відношення площі зовнішніх огорожень до будівельного об'єму буде більше в порівнянні з будинком з більшим будівельним об'ємом. Тобто малоповерхові будинки виходять менш компактними й тому їхні питомі витрати теплової енергії на опалення (віднесені до 1 м² площі або 1 м³ будівельного обсягу) протягом опалювального періоду будуть вищі у порівнянні з багатоповерховими житловими будинками, які розташовані у тому ж кліматичному районі. Також слід зазначити, що внаслідок більш розвинутої поверхні малоповерхових будинків та їхньої меншої компактності, питомі втрати теплової енергії в них виявляються вище питомих втрат теплової енергії у багатоквартирних будинків, навіть при конструктивному рішенні зовнішніх огорожувальних конструкцій (стін, вікон, покриттів і т. д.) і однаковому рівні їх теплоізоляції зовнішніх . Виходячи з цього, для малоповерхових будинків конструктивні рішення повинні передбачати більше високий рівень теплоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій, у порівнянні з висотними багато-квартирними будинками.

Іншим способом зменшення питомих витрат теплової енергії будинку є проектування його архітектурного вигляду з мінімальним числом виступаючих частин. Всі виступаючі частини будинку (балкони, еркери, ніші, пілястри, сандрики й ін.) збільшують відношення площі поверх-ности зовнішніх конструкцій, що обгороджують, до будівельного обсягу будинку і тим самим збільшують витрати теплової енергії на опалення протягом опалювального періоду.

2.2. Енергозберезувальні матеріали, конструкції і системи

Найбільш ефективним заходом підвищення енергетичної ефективності будівель є поліпшення теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій.

Зовнішні огорожувальні конструкції будинків у теплотехнічному відношенні повинні задовольняти таким вимогам:

а) мати достатні теплозахисні властивості, що забезпечують зберігання теплоти в приміщеннях у холодний період року і захист приміщень від перегріву сонцем у теплий період року;

б) температура внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожень не повинна значно відрізнятися від температури внутрішнього повітря, що виключає появу конденсату на внутрішніх поверхнях зовнішніх стін та стель верхніх поверхів і переохолодження тіла людини від тепловтрат випромінюванням,;

в) повітропроникність зовнішніх огорожень не повинна перевищувати припустимої межі для зменшення охолодження приміщень і людей;

г) вологість матеріалів огорожень не повинна перевищувати нормативну, тому що значне зволоження знижує теплозахисні властивості, довговічність огорожень і санітарно-гігієнічні якості приміщень.

Для зниження теплових втрат через зовнішні огорожувальні конструкції застосовують різні теплоізоляційні матеріали, які розрізняють за видом сировини, структурі, формою, щільністю, теплопровідності, жорсткості, вогне- та вологостійкості, способу застосування та ін.

Теплоізоляційні матеріали поділяються на кілька великих груп:

- мінераловатні;
- скловатні та скловолокнисті;

–газонаповнені полімери (пінопласти): полістирольні й пінополістирольні, поліуретанові та пінополіуретанові, поліетиленові, поліефірні та з фенольної піни;

– модифіковані бетони: газобетон і пінобетон;

– із натуральних матеріалів і продуктів їхньої переробки.

Головним показником теплоізоляційних матеріалів є коефіцієнт теплопровідності λ , за значенням якого їх поділяють на три класи:

- малотеплопровідні [$\lambda < 0,058$ Вт/(м·К)];
- середньотеплопровідні [$\lambda = 0,058 \dots 0,116$ Вт/(м·К)];
- підвищеної теплопровідності [$\lambda = 0,116 \dots 0,17$ Вт/(м·К)].

У сучасному енергоефективному будівництві для теплоізоляції огорожувальних конструкцій, найбільш поширені скляна і кам'яна мінеральна вата, а також полімерні теплоізоляційні матеріали: пінополістироли, пінопласти, пінополіуретани тощо.

Вибір типу утеплювача виконується у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.6-189:2021 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель».

Проектування теплоізоляційної оболонки будинків потрібно здійснювати із застосуванням теплоізоляційних матеріалів, термін ефективної експлуатації яких становить не менше 25 років.

Тепло ізоляційні матеріали повинні мати:

- високі теплоізоляційні характеристики;
- невелика вага;
- висока паропроникність;
- добре піддаватися обробці;
- бути негорючими та довговічними;
- екологічно безпечними.

Теплоізоляційний шар у залежності від типу та густини теплоізоляційних виробів, що використовують, може виконуватись:

- одношаровим - на основі теплоізоляційних виробів одного типу та густини;
- багатошаровим - на основі двох або більше теплоізоляційних виробів різної густини та/або типу;
- комбінованим - на основі багатошарових теплоізоляційних виробів одного типу, виконаних із шарів різної густини, що сполучені між собою за рахунок як хімічної, так і фізичної адгезії.

Енергоефективність теплоізоляційних матеріалів – це їхня здатність значно знизити втрати тепла в приміщенні, яке ізолюється. Для цього матеріал має мати дуже низьку теплопровідність, здатність акумулювати тепло, а також мати низькі витрати енергії на його виробництво і транспортування. Актуальним напрямком в сучасному енергоефективному та екологічному будівництві стало використання наноматеріалів. Наноматеріали – матеріали, створені з використанням наночастинок (розмірів яких лежить в інтервалі від 1 до 100 нм) та/або за допомогою нанотехнологій, що володіють унікальними властивостями, зумовленими присутністю цих часток в матеріалі. Перспективними сучасними композитними матеріалами є такі, у яких органічна та неорганічна складові взаємодіють між собою на молекулярному рівні. Вони отримали назву «полімерні гібриди».

Огороджувальні конструкції. Енергоефективність будівель забезпечує використання сучасних фасадних систем огороження:

- а) систем штукатурних фасадів;
- б) систем навісних «вентильованих» фасадів.

Системи штукатурних фасадів. Штукатурні фасади ще носять умовну назву «мокрі штукатурні фасади» оскільки у процесах, при виконанні фасадних робіт, використовується вода.

Системи утеплення штукатурних фасадів є багатошаровими конструкціями. Вони складаються із жорсткого утеплювача, закріпленого до стін, на який зверху наносять тонкий шар будівельного розчину, армованого

сталевою або пластифікованою сіткою із скловолокна і захищеного декоративною штукатуркою від атмосферних впливів.

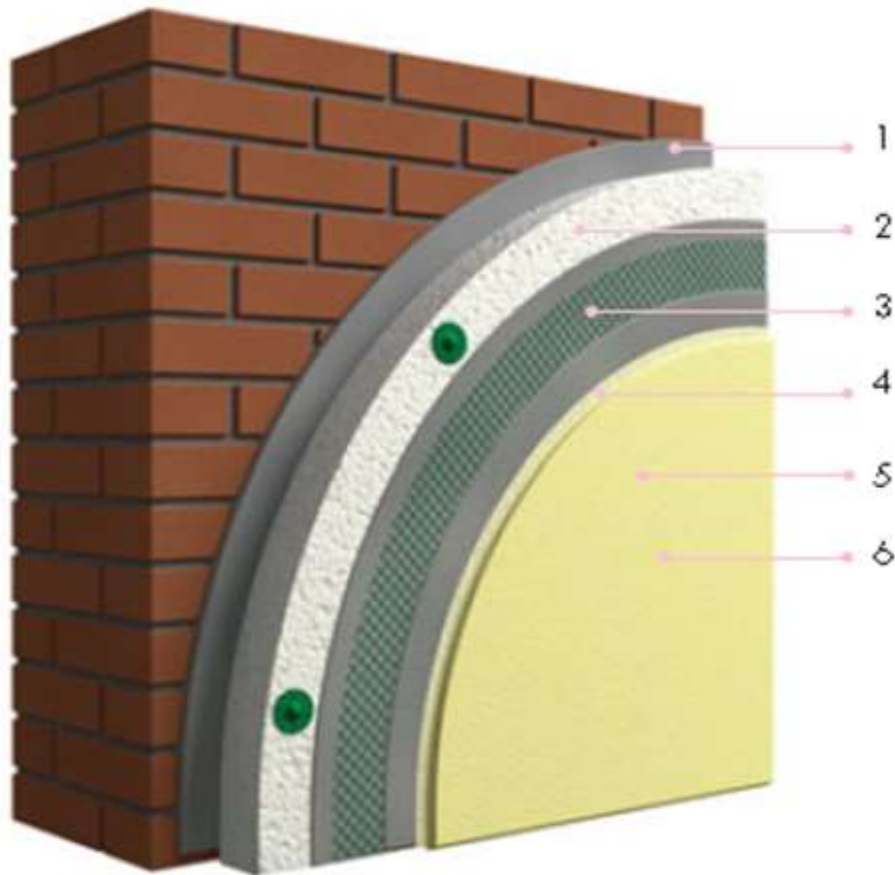


Рис. 2.2. Конструкція зовнішньої двошарової цегляна стіни з утеплювачем з мінеральної вати: 1– клеючий шар; 2 – теплоізоляційний матеріал; 3 - захисний армований шар; 4 - ґрунтуюча фарба; 5 - шар декоративної штукатурної суміші; 6 – фарба

У якості теплоізоляційного шару в системі утеплення фасадів використовуються плити з мінеральної вати або плити з пінополістиролу. Фасадним шаром системи утеплення такого фасаду є тонкошарова фактурна штукатурка, що дає широкий вибір для оформлення зовнішнього вигляду фасаду після утеплення. пінополістирольних або волокнистих мінеральні плити закріплюються так, щоб між ними практично не було стиків, завдяки чому утворюється суцільна й рівномірна теплоізоляція без «містків холоду».

Утеплювач повністю захищений від агресивних атмосферних чинників і, оскільки довговічність системи визначається терміном експлуатації утеплювача, такі системи вважають найефективнішими. Штукатурні фасади застосовуються не тільки для відновлення або реіновації будинків, але й при новому будівництві.

До переваг мокрого способу можна віднести:

- надійний теплозахист будинку й стабільна температура внутрішньої поверхні стіни;
- ефективна звукоізоляція.
- невисоку вартість і малу вагу системи;
- заявлений максимальний термін експлуатації конструкції - до 25 років.
- Легкість ремонту й відновлення, тому що теплоізоляція перебуває зовні і її легко можна демонтувати й замінити на нову.

До недоліків технології можна віднести сезонність, що пов'язано з високими вимогами, при проведенні монтажних робіт - дотримання температурного режиму (від 5 С ° до 30 С °), відсутність високої вологості, сильного вітру, яскравого сонячного світла.

При влаштуванні подібної системи "точка роси" зміщується в теплоізоляційний шар, і тим самим дозволяє уникнути промерзання стіни і виникнення конденсату в приміщенні. При правильному улаштуванні і монтажі фасадної системи, коли кожен наступний шар більш паропроникнений, утеплювач покладений в один шар і створює конструкцію необхідної товщини, показники паропроникності дуже високі.

Вентильовані системи утеплення зовнішніх стін або "вентильовані фасади". Навісний вентильований фасад являє собою закріплену на стіні конструкцію, що складається з теплоізоляції, кріплення облицювання й самого облицювання. Між теплоізоляцією й облицюванням є повітряний прошарок. Основою конструкції вентильованих систем утеплення зовнішніх стін є додатковий металевий каркас, що складається із вертикальних та горизонтальних елементів (стрінгерів), закріплений анкерами до зовнішніх

стін або несучих елементів основного каркаса будівлі, на який навіщується різноманітний личкувальний матеріал:

Крім захисно-декоративної функції, вентиляований фасад забезпечує необхідне за сучасними будівельними нормами утеплення стін. Завдяки утеплювачу, тепловтрати через стіну скорочуються в 2-3 рази.

Конструкція вентиляованого фасаду сприяє виводу зі стіни водяної пари, наявної усередині приміщення. Оскільки стіна не зволожується, її тепловий опір не зменшується і не відбувається утворення цвілі й грибків, які б могли привести до її руйнування.

До переваг навісних вентиляованих фасадів варто віднести:

- відсутність "мокрих" процесів, обов'язкових при штукатурних роботах, оскільки їх можна монтувати при мінусових температурах.
- наявність природної вентиляції системи, яка сприяє відводу надлишкової вологи;
- заявлений максимальний термін експлуатації конструкції близько 50 років;
- добрі звукоізоляційні якості;
- облаштування вентиляованого фасаду знімає необхідність облицювальних робіт;
- відсутність обмежень за погодними умовами при проведенні монтажних і ремонтних робіт;

Недоліки навісних вентиляованих фасадів:

- більш висока вартість монтажу і поточного ремонту в порівнянні з «мокрими» фасадами;
- висока складність монтажу, необхідність високої кваліфікації і великого досвіду робітників;
- висока вартість матеріалів, необхідність застосовувати крім безпосередньо теплоізоляції спеціальні вітро- і гідрозахисні покриття.

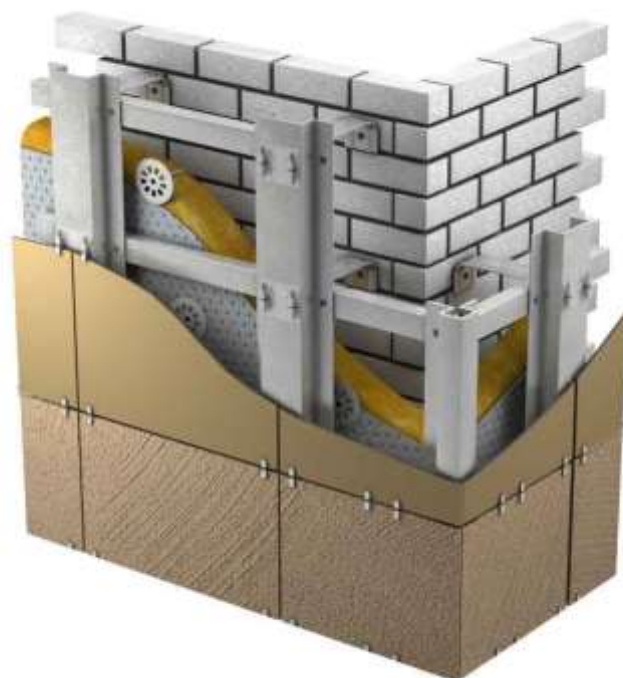


Рис. 2.3. Конструкції вентиляваного фасаду

У вентиляваному фасаді точка роси зміщена з несучої стіни в теплоізоляційний шар. У прошарку між теплоізоляцією й облицюванням циркулює повітряний потік, що створюється за рахунок різниці температур повітря зовні й усередині прошарку. Різниця температур приводить до різниці тисків, і чим більше ця різниця, тим вище швидкість повітряного потоку. Разом з ним волога видаляється з утеплювача.

Серед вимог до теплоізоляції - висока паропроникність, необхідна для того, щоб пара не затримувалася у ньому.

Різновидом навісного фасаду у житлових будинках є сендвіч-панелі, які з успіхом використовувались раніше у промисловому і громадському будівництві. Сендвіч-панель – конструктивно складається з трьох елементів: самонесуча стінова касета, утеплювач і внутрішнє облицювання. Основою для цих панелей є сталевий або пластиковий каркас. Сендвіч-панелі поділяють на збірні і заводської готовності.



Рис. 2.4 Фасадна навісна сендвіч -панель

Конструкції сендвіч-панелі мають значний запас міцності, а їх мала вага скорочує витрати на монтаж конструкцій. Збірні сендвіч -панелі, за наявності всіх необхідних комплектуючих достатньо прості у монтажі.

Основні переваги огорожувальних конструкцій з сендвіч -панелей наступні: високі теплоізоляційні характеристики; мала вага; стійкість до впливів плісняви, грибків і агресивних хімічних речовин; широкий вибір зовнішнього виду поверхні та кольорової гами; значний термін експлуатації (більше 30-35 років).

Покриття та перекриття. Одними із важливих конструкцій, які впливають на рівень енергоефективності будівлі є покриття та перекриття. Якісна теплоізоляція покриття та перекриття дозволяє знизити тепловтрати будинку на 30-40% в опалювальний період та створити більш комфортні умови проживання влітку.

Теплоізоляція даху, способи теплоізоляції та теплоізоляційний матеріал залежать від типу будівель, умов експлуатації та конструкції даху. Якісна теплоізоляція не тільки зменшує тепловтрати будівлі, але й продовжує термін експлуатації будівлі.

Залежно від місця розташування теплоізоляційного шару (вище або нижче за гідроізоляційний шар) розрізняють два варіанти конструкції: традиційна та інверсійна.

Традиційна конструкція експлуатованих дахів передбачає розміщення гідроізоляції над утеплювачем. Безпосередньо по гідроізоляції формуються елементи експлуатованого покриття. Особливістю вентильованого поєднаного даху є постійно провітрювана простір, заввишки не менше 5 см, над теплоізоляційним шаром. Для устрою цієї порожнини передбачають ще одне легке перекриття. Характерно, що такий дах не вимагає пароізоляційного шару.

Найбільш слабким місцем традиційного покрівельного килима є верхнє гідроізоляційне покриття, що піддається дії цілого ряду несприятливих

чинників – різкого перепаду температури, у ряді випадків -випромінювання, термічної деформації верхнього захисного шару, атмосферних опадів і т.п.

Принцип інверсійної покрівлі є в тому, що над гідроізоляційним шаром розміщується утеплювач, захищаючи гідроізоляцію від несприятливих теплових і механічних дій. Типова конструкція інверсійної покрівлі (з пішохідним покриттям): гідроізоляційний шар, розташований на основі, виконаний із заданим нахилом, теплоізоляційні плити, геотекстильне покриття (для захисту від осипання, проникнення дрібних часток присипки в стики між плитами, і для механічної стабілізації шару теплоізоляційних плит шляхом розподілу навантаження присипного шару), дренажний шар, захисний верхній шар. Як верхній шар, для захисту покрівлі від вітрової дії, на теплоізоляцію, як правило, насипається навантажувачий шар гравію, гальки або укладається тротуарна плитка. До того ж, це значною мірою знижує небажані дії озону і випромінювання.

До переваг інверсійних покрівель можна віднести: захист гідроізоляції від перепадів температури і від механічних пошкоджень, можливість швидкого монтажу за будь-якої погоди, відсутність необхідності в пароізоляційному шарі.

Основною проблемою інверсійних покрівель є волога, яка практично завжди присутня між тепло- і гідроізоляцією. Вона сприяє утворенню рослинного шару, який частенько порушує герметичність покрівлі, створюючи розриви, через які відбувається інфільтрація води. До того ж навіть дуже тонкий прошарок води між тепло- і гідроізоляцією призводить до суттєвого зменшення термічного опору конструкції.

Енергозберігаючі вікна. Через вікна, частка площі яких на фасадах житлових будинків становить до 20%, втрачається значна кількість тепла, що у загальному балансі витрат на опалення будинку становить від 30 до 50% $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Сучасні конструкції вікон із ПВХ-профилів, дерева, алюмінію забезпечують максимальну герметичність, тепло й звукоізоляцію за рахунок

підвищення коефіцієнта опору теплопередачі профіля й віконної коробки. Важливу роль у підвищенні теплоізоляції віконного прорізу грає склопакет, оскільки саме через нього, а не через віконний профіль проникає найбільша більша кількість тепла.

Існують різні види енергоефективного скла: і-скло, К-стекло, енергозберігаюче, тепловідбивне та ін.

К-скло, або скло з твердим покриттям. Технологія виробництва такого скла полягає в нанесенні тонкого шару оксиду олова товщиною до 0,5 мкм на розплавлене скло. Недоліком К-скла є нерівномірна товщина металевих шару, яка викликає появу відблисків і райдужні розлучення на поверхні скла. Отримане тверде покриття досить міцне, але за енергоефективністю поступається більш сучасним матеріалам.

І-скло, або скло з м'яким покриттям. М'яке енергозберігаюче покриття наноситься шляхом плазменного напилювання у вакуумі, що володіє поліпшеними показниками теплозахисту і добре відбиває інфрачервоне випромінювання назад до приміщення, не випускаючи назовні більшу частину тепла. Для захисту м'якого покриття від пошкоджень скло встановлюють так, щоб і-покриття знаходилося всередині склопакета. Як приклад енергоефективності і-стекла в порівнянні зі звичайним склом стеклами можна привести наступні дані: при температурі зовнішнього повітря $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ і внутрішньої температури в приміщенні $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура на поверхні склопакета усередині приміщення зі звичайним склом буде становити $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а з енергозберігаючим склом $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$. При цьому прозорість і-стекла аналогічна прозорості звичайного скла. У порівнянні зі звичайним склом і-стекло здатно забезпечити економію протягом одного опалювального сезону з кожного квадратного метра склопакету близько 230 квт.

Скло з тепловідбивними плівками. Перевагою такого скла є невисока вартість, простота використання й можливість можливість наклеїти плівку на вже існуючий скло пакет. Багатошарова плівка містить металевий відбивний шар. Також можна відзначити енергозберігаючі керамічні плівки,

які відбивання тепла здійснюється керамічними нанотрубками. Недоліки даного покриття - його відносна недовговічність - термін служби складає близько 15 років.

Рефлекторне скло дозволяє більш ефективно запобігти проникненню ультрафіолетових променів через склопакет. Рефлекторное скло має дзеркальну поверхню й діє як відбивач сонячної енергії. Таке скло може бути повністю дзеркальним або напівпрозорим. Додатковою перевагою дзеркального скла є захищеність від перегляду внутрішнього інтер'єра будинку ззовні.

Крім використання спеціальних видів скла для підвищення енергоефективності склопакетів використовують інертні гази, які володіють великими в'язкістю, щільністю і меншою теплопровідністю, ніж повітря. Усередині склопакетів заповнених такими газами зменшуються конвекційні потоки, що призводить до зниження втрат тепла. Для заповнення склопакетів використовують спеціальні гази: аргон, ксенон і криптон, а також їх суміші. Криптон це інертний газ, не горючий, не отруйний, незначна його кількість міститься у повітрі. Теплопровідність криптону в 2,6 рази менше теплопровідності повітря і в 1,8 рази менше теплопровідності аргону, що збільшує опір теплопередачі склопакета. Великі щільність, в'язкість і діаметри молекули криптону порівняно з аргонем і повітрям призводять до зниження конвекційних потоків усередині склопакета, що також призводить до збільшення опору теплопередачі. Ці ж фактори обумовлюють меншу дифузю криптону в зовнішнє середовище і підвищують довговічність складу газового середовища всередині склопакета.

Конденсат - найбільш поширена проблема вікон. Низькотемпературна технологія отримання криптону і аргону забезпечує точку роси менше -100°C, що повністю виключає випадання вологи в міжскляному просторі.

Енергозберігаючі підлоги. Одним з важливих інженерних систем енергоефективних будинків є системи опалення, які називаються "тепла

підлога". Ці системи залежно від виду теплоносія поділяють на водяні і електричні. Широкий спектр застосування одержали електричні. (рис.2.5).



Рис. 2.5. Тепла підлога

Сучасна плівка містить у собі променевий обігрів, що працює на основі інфрачервоних променів. Провідникові смуги розташовані на відстані 13 міліметрів, що зводить до мінімуму їхній потенційний перегрів та робить прогрів безпечним для здоров'я. Плівкові системи ідеальні для дерев'яними підлог або ламинатом. Також її можна встановлювати і під плитку.

2.3. Інженерні системи забезпечення енергоефективності будівель

Сонячні накопичувачі. На сьогоднішній день існує принципово два різних рішення акумулювання сонячної енергії: фотогальванічні панелі, які перетворюють тепло Сонця на електроенергію, та сонячні колектори, які безпосередньо використовують сонячне тепло за рахунок циркуляції теплоносіїв (різних рідин).

Спільним для всіх типів сонячних накопичувачів є їхня орієнтація на південь з кутом нахилу до горизонту приблизно 30 градусів. Це дає змогу

отримати на 15-20% більше енергії порівняно з горизонтально розташованими елементами.

Фотогальванічна установка (ФГ-установка) перетворює сонячне світло в електричний струм. Фотогальванічний процес перетворює сонячне світло в електричну енергію. Для цього необхідний напівпровідник, який перетворює кванти світла (фотони), що потрапили на його поверхню, в постійний електричний струм. Струм збирається через металеві контакти. Фотоелементів збирається в блоки. Такі блоки, або фотогальванічні панелі, захищені від впливів навколишнього середовища склом і полімерами, складають основу сонячної (фотогальванічної) установки.

Електричний струм із ФГ-установок може використовуватися для забезпечення електроенергією незалежно від мережі. Для цього отримана сонячна електроенергія використовується безпосередньо, або накопичується в перезарядних батареях. Для використання в традиційних приладах змінного струму отриманий постійний струм може бути перетворений в інвертор.

У середньому потік сонячного випромінювання на земну поверхню складає 100...250 Вт/м² на рік (залежно від кліматичних умов місцевості), досягаючи пікових значень опівдні при ясному небі практично в будь-якому (незалежно від широти) місці, близько 1 000 Вт/м².

Принципова схема роботи установки з сонячних колекторів (рис.2.6):

Сонячна водонагрівальна установка СВУ складається з сонячного колектора і теплообмінника-акумулятора. Через сонячний колектор циркулює теплоносій (антифриз, вода, пропіленгліколь). Теплоносій нагрівається в сонячному колекторі енергією сонця і віддає потім теплову енергію воді через теплообмінник, вмонтований в бак-акумулятор, у якому гаряча вода зберігається до моменту використання, а тому він повинен мати хорошу теплоізоляцію. У першому контурі, де розташований сонячний колектор, може використовуватися природна або примусова циркуляція теплоносія. У бак-акумулятор може встановлюватися електричний або інший автоматичний нагрівач-дублер. При пониженні температури нижче

встановленої (тривала похмура погода або мала кількість годин сонячного світла взимку) нагрівачдублер автоматично вмикається і донагріває воду до заданої температури.

Кожна з систем опалення сонячними колекторами може мати природну і примусову циркуляцію теплоносія. Тому система тепlopостачання може бути із пасивної (природною) або активною циркуляцією.

При природній циркуляції теплоносія в системі (термосифонна система) гарячий теплоносій піднімається вгору, тому бак-накопичувач повинен розташовуватися вище сонячного колектора. Якщо таке розташування неможливе або недоцільне, застосовується система з активною циркуляцією теплоносія.

Існує кілька конструкцій сонячних колекторів, що використовуються в побутових водонагрівальних і опалювальних системах. Найбільш часто застосовуються три основних види колекторів:

- плоский колектор з селективним покриттям;
- прямоточний вакуумний колектор;
- вакуумний колектор із тепловими трубами.

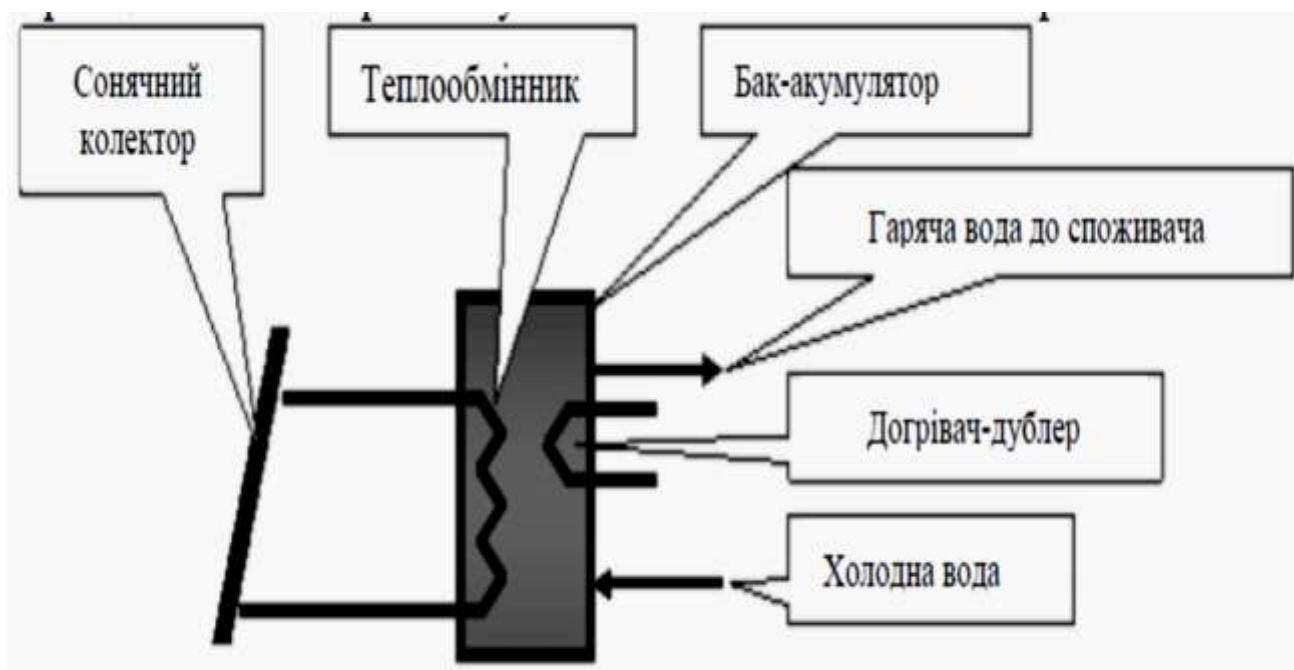


Рис. 2.6. Схема роботи установки з сонячних колекторів

Плоский сонячний колектор – найпоширеніший вид сонячних колекторів, що використовуються в побутових водонагрівальних і опалювальних системах. Цей сонячний колектор є теплоізолюваною зашкленою панеллю, в яку поміщена пластина поглинача, під якою розміщено змієподібна система трубок, по яких циркулює теплоносій. Пластина поглинача виготовлена з металу, що добре проводить тепло (наприклад міді або алюмінію). Пластина поглинача оброблена спеціальним покриттям, яке краще утримує поглинене сонячне світло. Завдяки склінню (в плоских сонячних колекторах зазвичай використовується матове скло з низьким вмістом заліза, що пропускає тільки світло) знижуються втрати тепла. Дно і бокові стінки сонячного колектора покривають теплоізоляційним матеріалом, що зменшує теплові втрати.

Сонячний водонагрівач із вакуумним колектором, найбільш ефективний, але і найдорожчий. Він складається з двох основних елементів:

- зовнішнього блоку – сонячних вакуумних колекторів;
- внутрішнього блоку – резервуара-теплообмінника.

Зовнішній блок складається з мідних зачорнених трубок і відбиваючого шару. Прямі сонячні промені нагрівають чорні трубки, а відбиті від відбиваючого шару сонячні промені фокусуються на зворотньому боці трубок.

Сонячний вакуумний колектор забезпечує збір сонячного випромінювання в будь-яку погоду, послаблюючи залежність від зовнішньої температури.

Коефіцієнт поглинання енергії колекторів досягає 98%, але з-за втрат, пов'язаних з віддзеркаленням світла скляними трубками та їх неповної світлопроникності, він нижчий.

Якщо порівнювати ефективність вакуумних і плоских сонячних колекторів у холодну пору року, то перше місце займуть вакуумні сонячні колектори за рахунок високої теплоізоляції та вакууму. При позитивній

температурі в теплу пору року, різниця в ККД не істотна. Велика різниця в роботі установок стає значно помітною при температурі повітря нижче -15°C .

Рекуперація теплової енергії. Застосування сучасних енергозберігаючих вікон веде до виникнення і ряду суттєвих проблем. Причому це багатопланові проблеми, як у сфері охорони здоров'я людей, що перебувають у приміщеннях, обладнаних такими вікнами, так і у сфері енергозбереження самих будинків, в яких є такі вікна. Застосування енергозберігаючих вікон без спеціальних засобів з забезпечення контрольованої примусової вентиляції призводить до якісного змін складу повітря в приміщеннях (знижується рівень кисню, підвищується зміст вуглецю, радону і ін.), що негативно впливає на стан здоров'я людей.

Крім того, застосування таких вікон приводить, як правило, до зростання вологості в приміщеннях, що спричиняє появу і розвитку цвілі, тобто колоній грибків, деякі види яких смертельно небезпечні для людини і впливають на конструкції будівель. У Європі у зв'язку із такими негативними наслідками, які почались, після заміни старих вікон на сучасні енергозберігаючі, прискорені процеси руйнування будівель, які були побудовані сторіччя, навіть сформувався термін "синдром хворого будинку" й у цей час заборонена установка таких вікон без виконання спеціальних заходів, що забезпечують необхідну вентиляцію.

Рекуператор тепла вентиляційного повітря - це пристрій, що має у своєму складі теплообмінний елемент, і вентилятори (як, правило - два) для прокачування через цей теплообмінник потоків витяжного і свіжого повітря й, оснащене різними додатковими пристосуваннями, що автоматизують його роботу, поліпшити якість подаваного повітря і т.п.

Принципова схема рекуператора двостенний теплообмінник, де, не перемішуючись, зустрічаються два потоки повітря - витяжний і припливний (рис.2.7). Маючи різницю температур, ці два повітряних потоки обмінюються тепловою енергією між собою. У результаті холодне повітря нагрівається, а

тепле повітря проохолоджується. За допомогою рекуперації можна зберегти більше 70 % тепла, що проходить через рекуператор.

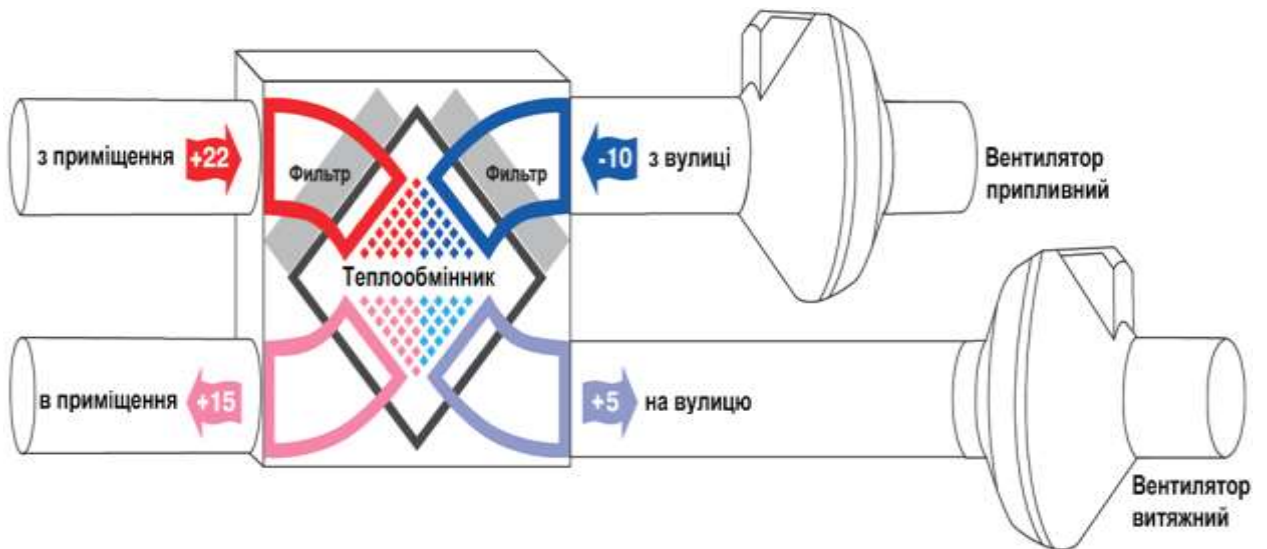


Рис. 2.7. . Схема роботи витяжної системи з рекуперацією повітря

Теплові насоси. Інженерним методом підвищення енергетичної ефективності будинків є використання теплових насосів.

Теплова енергія є в будь-якій речовині, що має температуру вище за мінус двісті сімдесят три градуси Цельсія. Тобто тепловий насос може відібрати тепло у землі, водойми, льоду, підземної скали, води тощо.

Тепловий насос - пристрій для переносу теплової енергії від джерела низкопотенціальної теплової енергії (з низькою температурою) до споживача з більше високою температурою.

У тепловому насосі конденсатор є теплообмінним апаратом, що виділяє теплоту для споживача, а випаровувач - теплообмінним апаратом, що утилізує низкопотенціальну теплоту: вторинні енергетичні ресурси й (або) нетрадиційні поновлювані джерела енергії. Принцип роботи теплового насоса зображено на (рис.2.8).

Залежно від принципу роботи теплові насоси підрозділяються на компресійні й абсорбційні. Компресійні теплові насоси завжди приводяться в

дію за допомогою механічної енергії (електроенергії). Абсорбційні теплові насоси можуть також використати тепло як джерело енергії (за допомогою електроенергії або палива).

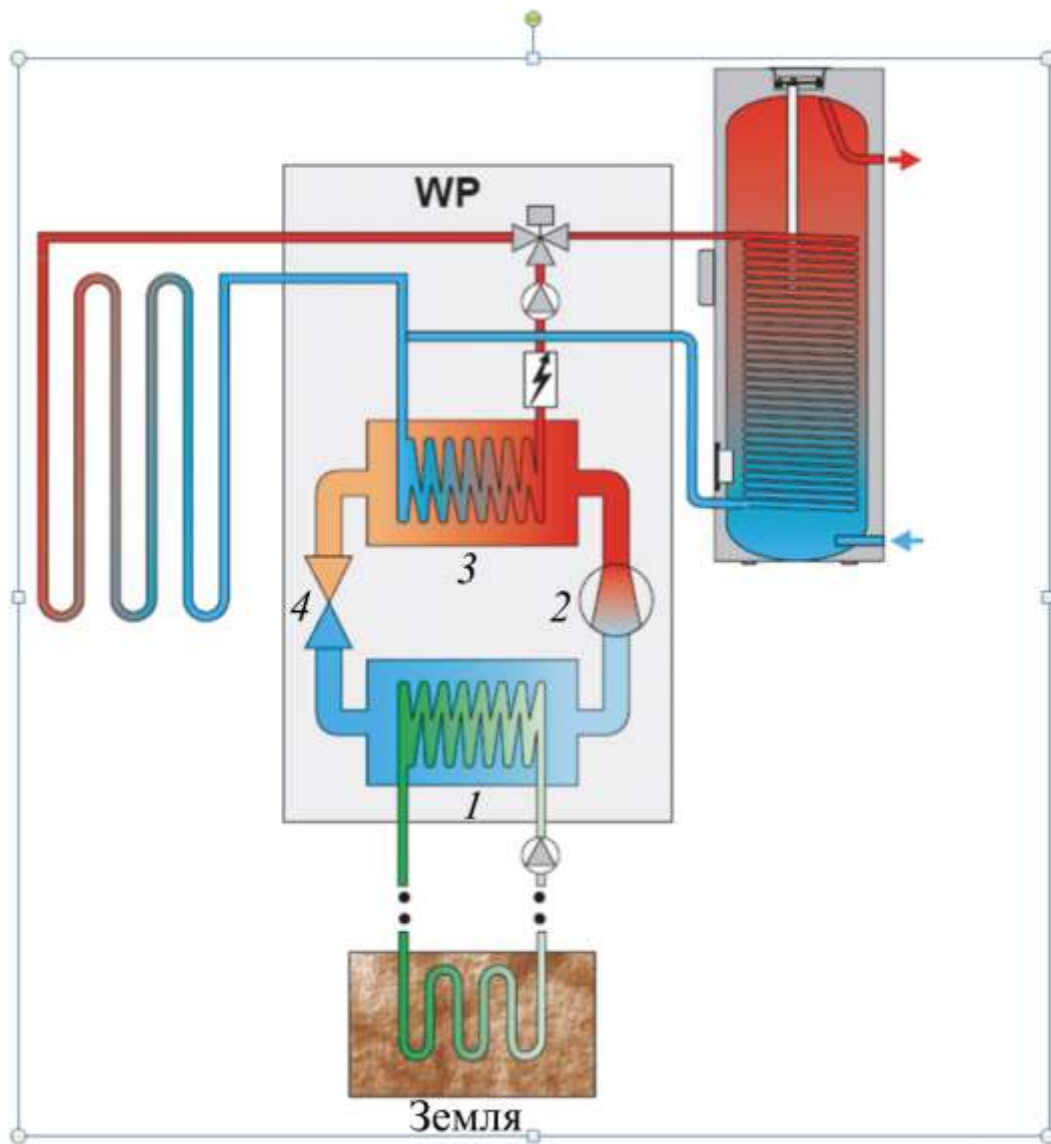


Рис.2.8 . Схема роботи теплового насоса:

1 - випарувач; 2 - компресор; 3 - конденсатор; 4 - розширювальний клапан

Залежно від джерела відбору тепла теплові насоси поділяють на:

1) Геотермальні (використають тепло землі, наземних або підземних ґрунтових вод):

2) Повітряні (джерелом відбору тепла є повітря).

3) Використовують похідне (вторинне) тепло (наприклад, тепло систем центрального опалення).

Теплові насоси, що забирають/віддають тепло з землі або води називають “геотермальні теплові насоси

При опаленні геотермальними теплонасосами, зовнішній блок закопується у ґрунт або занурюється у водойму поряд з будинком. При цьому, незалежно від температури повітря на подвір'ї, зовнішній блок залишається вільним від льоду, ефективність теплопередачі залишається високою.

Принцип дії опалення геотермальними теплонасосами ґрунтується на зборі тепла з ґрунту або води, і передачі зібраного тепла опаленню будинку.

Для збору тепла незамерзаюча рідина тече по трубі, розташованій у ґрунті або водоймі біля будинку, і надходить до теплового насосу. Теплонасос охолоджує незамерзаючу рідину (відбирає тепло), при цьому рідина охолоджується орієнтовно на 5 °С. Рідина знову тече по трубі у ґрунті або воді, відновлює свою температуру і надходить до теплонасосу. Відібрана тепловим насосом тепла енергія передаються системі опалення та/або на підігрів гарячої води.

Можливо відбирати тепло у підземної води – підземна вода з температурою біля 10 °С подається зі свердловини до теплонасосу, який охолоджує воду до +1...+2°С, і повертає воду під землю.

При кондиціонуванні геотермальний тепловий насос працює у зворотному напрямку, переносячи тепло з будинку в ґрунт або водойму.

В кліматичних умовах України для опалення будинку енергія береться з ґрунту (або водойми) та віддається до системи опалення будинку. Якщо ж будинок, наприклад влітку, потрібно охолоджувати, то відбувається зворотній процес – тепло забирається з будинку та передається у землю (водойму). Той самий тепловий насос може працювати взимку на опалення, а влітку на охолодження будинку. Вочевидь, що тепловий насос одночасно може виконувати витікаючі функції – гріти воду для гарячого

водопостачання, кондиціонувати, гріти басейн, охолоджувати наприклад льодовий каток, підігрівати дахи і доріжки від льоду тощо. Тобто єдиний пристрій може взяти на себе усі функції по тепло-холодопостачанню будинку або комплексу будівель.

Обмін теплом із навколишнім середовищем геотермальні теплові насоси здійснюють такими основними способами:

– насос з відкритим циклом. З підземного потоку забирається чиста вода, подається до розташованого в будинку теплового насосу, вода віддає/забирає тепло у теплового насосу, і повертається до підземного потоку на відстані від міста забору. Плюсом такого способу є можливість одночасного використання підземної води для водопостачання будинку. Такі системи є дуже ефективними, адже температура підземної води є відносно високою і цілорічно стабільною. Використання підземної води не шкодить ґрунтовим водам, не змінює рівня ґрунтових вод у водному горизонті, оскільки відкриту систему можна розглядати як сполучені посудини, де вода, відбирається з однієї свердловини, повертається на своє місце через другу свердловину. Споруджені у відповідності з нормативами свердловини забезпечують безпечну для оточуючої природи стабільну роботу системи опалення.

– насос з закритим циклом і водорозташованим теплообмінником – спеціальна рідина (теплоносій) прокачується по колекторам (трубкам), що знаходяться у водоймі, та віддає/забирає тепло водойми. Доцільно опалювати енергією відкритої водойми будинок, якщо він знаходиться від водойми ближче 100 метрів, і глибина водойми, а також берегова лінія відповідає вимогам, потрібним для облаштування колектору. Переваги такого способу є відносна дешевизна.

– насос з закритим циклом і горизонтальним теплообмінником, розташованим у ґрунті – трубки, в яких прокачується теплоносій, розташовані горизонтально на глибині не менш одного метра від поверхні ґрунту. Такий теплообмінник зазвичай звать поверхневим колектором.

Головною загрозою є необережність при проведенні земляних робіт у зоні знаходження поверхневого колектора. Для сучасного будинку з опалювальною площею в 200 м² під колектор потрібно біля 500 м² поверхні ґрунту. При облаштуванні колектору поблизу дерев трубу колектора не слід укладати ближче, ніж 1,5 метра від крони. Правильно обраний по розмірам і правильно укладений ґрунтовий колектор не впливає на ріст рослин та екологічні умови.

– насос з закритим циклом і вертикальним теплообмінником – трубки, в яких прокачується теплоносій, розташовані вертикально у ґрунті та спрямовані у глибину землі до 200 метрів (зазвичай 50 – 100 метрів). Такий теплообмінник зазвичай зветься зондом. Як відомо, на глибині 15-20 м від поверхні земля має стабільну температуру 10-12 С незалежно від пори року. Із збільшенням глибини температура землі підвищується. Цей спосіб забезпечує найбільш високу ефективність роботи теплонасосу, малі витрати електроенергії та дешеве тепло – 1 кВт електроенергії забезпечує до 5 кВт теплової енергії.

За видом теплоносія у вхідному й вихідному контурах насоси поділяють на такі шість типів:

"ґрунт - вода",

"вода - вода",

"повітря - вода",

"ґрунт - повітря",

"вода - повітря",

"повітря - повітря".

Ефективність і вибір джерела відбору теплової енергії залежить від кліматичних умов. Якщо джерелом тепла є атмосферне повітря, то цей тип більше відомий як кондиціонер.

РОЗДІЛ 3. Методика викладання теми «Методи підвищення енергоефективності будівель»

3.1 Сутність технологій інтерактивного навчання

Освітня технологія - це обґрунтована система педагогічних засобів, форм і методів, спрямована на вирішення конкретних освітніх завдань.

В основу освітніх технологій можуть бути покладені різні наукові концепції, які містять філософське, психологічне, дидактичне та соціально-педагогічне обґрунтування освітніх цілей.

Практичний інтерес являє класифікація технологій за моделлю взаємодії викладача і студентів:

- пасивна модель – студент є «об'єктом» навчання (тільки слухає і бачить);
- активна модель – студент є «суб'єктом» навчання (самостійна робота, виконання творчих завдань);
- інтерактивна модель – інтерактивні методи взаємодії (спільне вирішення проблем, моделювання практичних ситуацій, ділові ігри, ігрове проектування та ін.).

У пасивній моделі навчання викладач є основною дієвою особою, який керує ходом заняття, а студенти - пасивними слухачами, які підпорядковані директивам викладача. Зв'язок викладача зі студентами на таких заняттях односпрямований, здійснюється шляхом опитувань, самостійних та контрольних робіт, тестів і т.п. Позитивним моментом такого типу заняття є відносно легка підготовка до проведення занять з боку викладача і можливість викладання порівняно великої кількості навчального матеріалу у обмежених часових рамках заняття. З точки зору ефективності засвоєння студентами навчального матеріалу пасивні методи мало ефективні.

Активна модель навчання заснована на взаємодії викладача і студентів, у якій студенти активні учасники і заходяться з викладачем на

рівних позиціях. Варто зауважити, що суть технології активної моделі навчання можна пояснити словами китайської мудрості: «Я слухаю - і я забуваю; я бачу - я запам'ятовую; я роблю - і я розумію».

Активні освітні технології – це проблемна лекція, лекція вдвох, лекція-конференція; проблемний семінар, евристична бесіда; навчальна дискусія; семінар-практикум; кейс-стаді; портфоліо тощо.

Інтерактивні освітні технології включають методи, побудовані на спільній діяльності у комфортних умовах навчання (наприклад: ділова гра; колективна розумова діяльність; метод проектів, тренінг).

Місце викладача на інтерактивних заняттях перестає бути центральним, йому відводиться роль організатора і консультанта. Викладач розробляє план заняття, але інтерактивні справи і завдання виконуються, як правило, групою за активної участю кожного студента у процесі розв'язання і поданні результатів.

Цілі, які досягають інтерактивною технологією:

- стимулювання інтересу до навчання;
- ефективне засвоєння навчального матеріалу;
- самостійний пошук шляхів вирішення складної проблеми;
- розвиток соціальних якостей, умінь працювати у команді, співробітництва у груповому спілкуванні і прийнятті спільних рішень;
- розвиток пізнавальної компетентності, аналітичного, логічного і інтуїтивного мислення
- формування професійних умінь;
- вихід на рівень свідомої компетентності.

Для досягнення вищевказаних цілей необхідно дотримуватись наступних рекомендацій щодо проведення інтерактивного заняття:

- заняття – це спільна робота, і всі учасники рівні, незалежно від віку, соціального статусу, досвіду;
- кожен учасник має право на власну думку, тому не можна критикувати один одного, а тільки саму ідею;

- все що озвучено на занятті – не керівництво до дії, а інформація до роздумів;
- виключається домінування будь-якого учасника або будь-якої ідеї, загальний досвід групи більше досвіду тренера;
- студент сам активно приймає участь у процесі навчання, створює власну індивідуальну траєкторію.

В інтерактивному навчанні змінюються взаємовідносини викладача і студента: активність викладача поступається активності студентів, а завданням педагога є створення умов для їх творчої ініціативи.

Інтерактивні методики не замінюють традиційної лекції, але сприяють її кращому засвоєнню, формують відносини, навички поведінки. Інтерактивне навчання забезпечує взаєморозуміння та взаємозбагачення.

Загальна структура інтерактивного заняття

1. Підготовка заняття.
2. Вступ.
3. Основна частина.
4. Підведення підсумків.

Технологічна послідовність етапів інтерактивного заняття наступна:

1. Підготовка заняття.

Викладач добирає теми, ситуації, конкретні форми інтерактивного заняття, з врахування віку аудиторії, майбутньої спеціальності, відведеного часу, дидактичних цілей проведення заняття. Створення необхідних умов для проведення заняття: чітке визначення мети заняття, підготовка дидактичних матеріалів, визначення основних питань, їх послідовності, практичних прикладів, функцій учасників, перспективи реалізації отриманих знань.

2. Вступ.

Викладач оголошує тему и ціли заняття, часові обмеження, правила роботи у групи, межі дій учасників.

Основні правила роботи у групі: бути активним, поважати думку інших, бути доброзичливим, відповідальним, бути відкритим для взаємодії,

проявляти цікавість, намагатись знайти істину, дотримуватись регламента, креативність, поважати правила роботи у групі.

Розподіл обов'язків. Знайомство учасників з ситуацією, проблемою, над розв'язанням якої вони мають працювати, а також формулювання мети, якої їм треба досягти.

3. Основная часть.

Загальними елементами будуть:

- групова або індивідуальна робота з розв'язання проблемної ситуації;

- з'ясування позицій учасників;

- об'єднання подібних думок різних учасників навколо деякої позиції, формування єдиних напрямків розроблених питань і створення груп з різними позиціями;

- організація дискусії з проблеми, пошук точок дотику або виявлення різних підходів.

- визначення загального для всіх підходів змісту, перегляд цього змісту і наповнення його новим сенсом;

- формування нових позицій на основі нового сенсу.

4. Підведення підсумків.

Оцінювання досягнь за визначеними критеріями, Аналіз відношення учасників до змістового аспекту використаних методик, актуальності вибраної теми, самооцінка учасників.

Рефлексія учасників с акцентом на тих почуттях, які виникали у процесі заняття, загострення уваги на моментах які потребують доопрацювання (зміст навчального матеріалу його засвоєння, робота груп, кожного учасника, взаємодії, хід заняття).

3.2. Інтерактивне заняття з теми «Методи підвищення енергоефективності будівель».

Хід заняття

1. Організаційна частина

Привітання викладача із студентами, визначення відсутніх, заповнення журналу.

2. Мотивація, оголошення теми, мети, завдань заняття

Тема заняття: Методи підвищення енергоефективності будівель.

Мета заняття: Сформувати у студентів знання з методів підвищення енергоефективності будівель, уміння їх оптимального вибору.

Навчальні завдання:

- Визначити поняття "енергоефективний будинок" , класи енергоефективності, основні напрями підвищення енергоефективності будівель
- Визначити, обґрунтувати та узагальнити методи підвищення енергоефективності будівель із урахуванням кліматичних умов України.

Для успішного вирішення поставлених завдань студенти повинні уміти виконувати теплотехнічні розрахунки зовнішніх огорожувальних конструкцій, проводити техніко-економічні розрахунки з ефективності енергозберігаючих заходів.

Викладач повідомляє наступну інформацію: вичерпання запасів традиційних джерел енергії, швидке зростання цін на енергоресурси перетворили проблему раціонального використання джерел енергії в одну із глобальних світових проблем, що впливають на весь хід розвитку людської цивілізації та на збереження середовища її проживання.

Пріоритетне завдання енергетичної стратегії України - підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів і спрямування економіки країни на енергозберігаючий шлях розвитку. На початку XXI ст.

сформувалося сучасне бачення місії світової енергетики – максимально ефективно використання природних паливно-енергетичних ресурсів та потенціалу енергетичного сектора для зростання світової економіки і підвищення якості життя населення планети.

Тема, що вивчається безпосередньо пов'язана зі спеціальністю студентів, оскільки. Майбутній фахівець, який володіє знаннями й навичками енергозбереження, підвищить свою конкурентоздатність на сучасному ринку праці.

Викладач також визначає зв'язок матеріалу даної теми з матеріалом наступних тем і практичним його застосуванням.

Студенти роблять короткі записи в робочому зошиті і задають питання викладачеві. Викладач дає лаконічні та змістовні відповіді на питання. Відповіді викладача мають створити певну проблемну ситуацію, стимулюючи студентів до подальшого діалогу.

3. Виклад нового матеріалу

1. Викладач проводить фронтальну бесіду:

1. «Який нормативний документ встановлює загальні вимоги до забезпечення енергоефективності будівель та споруд?

2. Назвіть методи проектування теплоізоляційної оболонки будівель.

3. У чому полягає його принципова різниця методів проектування теплоізоляційної оболонки будівель за теплотехнічними показниками її елементів і за тепловитратами будівлі на опалення?

4. Виконання яких умов є обов'язковим при проектуванні теплоізоляційної оболонки будівель?

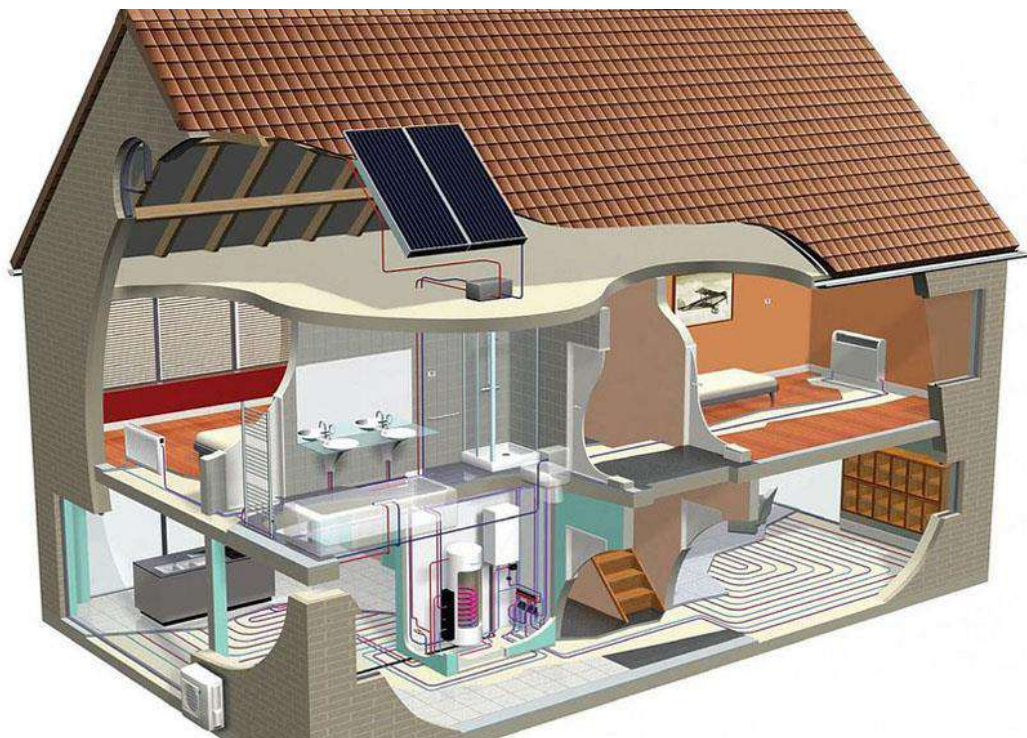
Студенти дають відповіді на ці запитання. Викладач пояснює нову тему «Методи підвищення енергоефективності будівель».

Поняття "енергоефективний будинок" існує у теорії і практиці будівництва понад 50 років, і протягом цього періоду часу не втрачається

інтерес до даних будинків, а проблема забезпечення енергетичної ефективності є сучасною і актуальною.

Термін "енергетична ефективність", - це властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та /або проживання у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов.

Енергоефективна будівля (energy efficiency building) – це будівля, в якій ефективне використання енергоресурсів досягається за рахунок використання інноваційних рішень, які можуть бути вирішені технічно, обґрунтовані економічно, а також прийняті з екологічної та соціальної точок зору і не змінюють звичайного способу життя.



На сьогоднішній день критерієм, за яким оцінюється енергетична ефективність будівель є показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, що має відповідати мінімальній вимозі виконання умови: при новому будівництві

$$EP_{use} \leq EP_p, (1)$$

при реконструкції, капітальному ремонті будівель в цілому або їх відокремлених частин

$$EP_{use} \leq 1,2 \times EP_p, (2)$$

де, EP_{use} – розрахункове питома енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових, кВт·год/м², та громадських будівель, [кВт·год/м³], залежно від призначення будівлі, її поверховості або показника компактності, температурної зони експлуатації

EP_p , [кВт·год/м³] – граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових, кВт·год/м², та громадських будівель, [кВт·год/м³],

Розрахункове значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових будівель визначається за формулою:

$$EP_{use} = (Q_{H,use} + Q_{C,use}) / A_f, (3)$$

громадських будівель

$$EP_{use} = (Q_{H,use} + Q_{C,use}) / V, (4)$$

де $Q_{H,use}$, $Q_{C,use}$ – річне енергоспоживання будівлі при опаленні та охолодженні, відповідно, кВт·год,

A_f , V – кондиціонована (опалювана) площа для житлової, м², та кондиціонований (опалюваний) об'єм для громадської будівлі, м³.

Клас енергетичної ефективності будівлі - розрахунковий рівень енергетичної ефективності будівлі або її відокремлених частин, визначений за інтервалом значень показників енергетичної ефективності, що встановлюються відповідно до вимог законодавства з урахуванням

гармонізованих стандартів Європейського Союзу у сфері енергетичної ефективності будівель;

Клас енергетичної ефективності визначається за відсотковою різницею між показниками EP_{use} та EP_p

$$\Delta EP = [(EP_{use} - EP_p) \div EP_p] \times 100, \% , (5)$$

З'ясуємо енергетичну класифікацію будинків (викладач використовує мультимедійні слайди):

Класи енергетичної ефективності будівлі

Класи енергетичної ефективності будівлі	Відсоткові показники,
A	$\Delta EP < -50$
B	$-50 \leq \Delta EP < -20$
C	$-20 \leq \Delta EP < 0$ - нормативно необхідний клас
D	$0 < \Delta EP \leq 20$
E	$20 < \Delta EP \leq 35$
F	$35 < \Delta EP \leq 50$
G	$50 < \Delta EP$

Енергетична класифікація будинків виконується за результатами енергетичних обстежень (енергоаудиту), які проведено незалежними організаціями та установами, акредитованими у встановленому порядку. У випадку отримання результатів, які відповідають класам «D», «E», «F», необхідно розробити заходи щодо підвищення енергоефективності будинку з доведенням до класу, не нижче від «C».

4. Узагальнення вивченого матеріалу.

Викладач коротко узагальнює вивчений матеріал і для закріплення теми пропонують студентам дати відповіді на такі запитання:

1. Дати визначення поняття енергоефективна будівля
2. Що таке клас енергетичної ефективності будівлі?
3. За якими критеріями класифікують енергоефективні будинки?

4. Хто виконує енергетичну класифікацію будинків?

Викладач переходить до розгляду другого завдання заняття: визначення, обґрунтування методів підвищення енергоефективності будівель

Розглядає питання: як впливає орієнтація і форма будинку на зменшення теплових втрат. Викладається новий матеріал з елементами бесіди, групової дискусії.

Викладач повідомляє що, енергоефективна будівля має бути правильно зорієнтована щодо сторін світу. Всі житлові, опалювальні приміщення будинку з великими вікнами повинні дивитися на південний схід, південь або південний захід. Тоді як господарські і сантехнічні приміщення з мінімальною кількістю вікон (до 10-15% від загальної площі застелення) краще розвернути в північному напрямку. При цьому орієнтувати основні вікна тільки на південь не варто, так як жарким літом це створить проблеми.

Ставить питання студентам. Відповідаючи на них студенти з'ясовують, що з точки зору енергоефективності, вважаються максимально прості за формою будинки з найменшою площею даху і зовнішніх стін. Оптимальні розміри енергозберігаючої будівлі в плані є квадратної або прямокутної форми. Будь-які виступаючі частини – кути, еркери, балкони, тераси, галереї – збільшують і вартість будівництва, і тепловтрати будинку. Також, слід дотримуватися компактності приміщень і будівлі в цілому та при проектуванні враховувати буферні зони і неопалювальні приміщення.

Викладач переходить до розгляду інженерних систем використання і перетворення енергії поновлюваних джерел (теплові насоси, сонячні колектори, фотоелектричні установки, вітрові генератори та ін.).

Викладач спрямовує бесіду на розв'язання завдань, які наведено в табл.3.1

Табл.3.1

№ п/п	Зміст завдання	Варіанти рішень
----------	----------------	-----------------

1	Які основні архітектурно-планувальні і об'ємно-просторові рішення будівель, спрямовані на енергозбереження	<p>проста форма будинку з найменшою площею даху і зовнішніх стін;</p> <p>Оптимальні в плані квадрати або прямокутні форми будівлі;</p> <p>скорочені площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, відсутність виступів і т.п. "архітектурних прорізів";</p> <p>максимальне скління південних фасадів і мінімальне скління північних фасадів будинків;</p> <p>житлові, приміщення орієнтовані на південний схід, південь або південний захід, господарські і сантехнічні приміщення з мінімальною кількістю вікон розвернуті в північному напрямку. ...</p>
2	Які конструктивні вимоги до огорожувальних конструкцій будинку?	<p>ефективна теплоізоляція стін, даху, підлоги будинку,</p> <p>конструювання без «мостів холоду»;</p>
3	Які альтернативні джерела надходження тепла в будинок Ви можете назвати?	<ul style="list-style-type: none"> - сонячна енергія; - енергія вітру, енергія верхніх шарів Землі; - енергія біомаси енергія використання з органічних відходів, енергія газу каналізаційно-очисних станцій геотермальна енергія, енергія хвиль та припливів,

		гідроенергія
4	Які інженерні системи використання і перетворення енергії поновлюваних джерел Ви можете назвати?	теплові насоси, сонячні колектори, фотоелектричні установки, вітрові генератори, біогазові прилади
5	Який з двох варіантів скління вікна ефективніший з точки зору енергозбереження: склопакет з подвійним склінням склопакет з заповнений інертним газом ?	склопакет з заповнений інертним газом
6	Який з двох варіантів вентиляції є ефективніший з точки зору енергозбереження? приточно-витяжна система система з рекуперацією повітря	система вентиляції з рекуперацією повітря

5. Закріплення нового матеріалу.

Викладач пропонує студентам прокоментувати всі методи підвищення енергетичної ефективності будівель, а також дати пропозиції щодо підвищення енергоефективності власного будинку, або навчальному корпусу освітнього закладу.

Підсумовуючи, зазначає, що основними методами підвищення енергоефективності є:

- оптимальне розташування будівлі відносно сонця, що забезпечує можливість максимального використання сонячної радіації;
- підвищення до максимального технічно можливого рівня термічного опору огорожувальних конструкцій;
- висока енергоефективність оболонки будівлі, тобто взаємозв'язок між конструктивними рішеннями будинку та сучасними інженерними системами для досягнення високого рівня енергозбереження
 - забезпечення необхідної повітряної щільності конструкції будівлі;
 - створення системи вентиляції для подачі свіжого повітря, видалення відпрацьованого повітря, розподілу тепла в приміщенні і організація регенерації тепла вентиляційного повітря та ін..

Якщо в у студентів з'явилися питання з теми заняття, викладач дає на них вичерпні відповіді. На деякі поставлені питання відповідь дають самі студенти.

б. Систематизація й узагальнення знань, умінь .

Викладач проводить тестове оцінювання рівня засвоєння навчального матеріалу заняття. Тести до заняття наведено у додатку А.

Викладач: Аналізує результати тестування студентів. Відмічає тих студентів, які брали активну участь в обговоренні матеріалу заняття. Повідомляє, що на наступному занятті розглядатимуться сучасні будівельні теплоізоляційні матеріали.

Підсумовуючи, зазначимо, що такі заняття сприяють інтеграції знань, умінь та навичок, формуванню професійної компетентності майбутніх магістрів професійного навчання у сфері будівництво.

ВИСНОВКИ

Проведене нами дослідження дозволяє сформувати такі висновки:

1. Актуальність енергозбереження в будівельній галузі пов'язана з постійно зростаючою вартістю енергетичних ресурсів і необхідністю доцільно використати непоновлювані джерела енергії. Також рівень енергоспоживання будівель має і екологічний аспект: зниження споживання теплової енергії будинками тягне збереження природних ресурсів і зменшення забруднення навколишнього середовища. У зв'язку із цим підвищення енергоефективності існуючих будинків будівель створення енергоефективної будинків і їхніх конструкцій та забезпечення надійної та безпечної експлуатації є пріоритетним напрямком будівництва.

2. *Енергетична ефективність будівлі* - властивість будівлі, що характеризується кількістю енергії, необхідної для створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі.

Енергоефективна будівля (energy efficiency building) – це будівля, в якій ефективно використання енергоресурсів досягається за рахунок використання інноваційних рішень, які можуть бути вирішені технічно, обґрунтовані економічно, а також прийняті з екологічної та соціальної точок зору і не змінюють звичайного способу життя.

Клас енергетичної ефективності будівлі - розрахунковий рівень енергетичної ефективності будівлі або її відокремлених частин, визначений за інтервалом значень показників енергетичної ефективності, що встановлюються відповідно до вимог законодавства з урахуванням гармонізованих стандартів Європейського Союзу у сфері енергетичної ефективності будівель;

3. Діючими нормами встановлені вимоги щодо енергоефективності під час проектування, експлуатації, реконструкції будівель, їх енергетичного обстеження та модернізації.

Основними з цих вимог є:

- вимоги зі зниження споживання теплової енергії на опалення будинків
- вимоги зі зниження споживання первинної енергії в житлових будинках;
- вимоги використання для опалення переважно внутрішніх теплових ресурсів будинку;
- вимоги з використання поновлюваних енергетичних ресурсів у будинках;
- вимоги до мінімізації теплообміну будинків з навколишнім середовищем за рахунок високоякісної теплоізоляції;
- вимоги з обмеження виділень парникових газів;
- вимоги з розробки енергетичних паспортів будинків;
- вимоги з проведення регулярного моніторингу витрат енергетичних ресурсів при експлуатації будівель.

На сьогоднішній день критерієм, за яким оцінюється енергетична ефективність будівель при новому будівництві, реконструкції, капітальному ремонті, термомодернізації об'єкта будівництва є показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні.

4. Основними методами підвищення енергоефективності будівель є розробка ефективних, архітектурно-планувальних рішень, будівельних і інженерних систем та конструкцій; використання нетрадиційних видів енергії.

Архітектурно-планувальними і об'ємно-просторові рішеннями, спрямованими на енергозбереження, є:

- вибір енергоефективної форми будинку, що забезпечує мінімальні теплові втрати;

- вибір оптимальної орієнтації будинку за сторонами світла;
- удосконалювання архітектурно-планувальних рішень житлових будинків із широким корпусом, що дозволяють значно знизити тепловтрати;
- скорочення площі зовнішніх огорожувальних конструкцій, шляхом зменшення периметра зовнішніх стін за рахунок відмови від прорізанності фасадів, виступів і т.п. "архітектурних прорізів";
- максимальне скління південних фасадів і мінімальне скління північних фасадів будинків;
- застосування світлопрозорих зовнішніх огорожувальних конструкцій з підвищеними теплозахисними характеристиками і обладнаних вентиляційними клапанами;
- максимальне використання природного освітлення приміщень для зниження витрат електричної енергії.

6. Енергоефективність будівель забезпечує підвищена термоізоляція огорожувальних конструкцій (фасадних систем, покриттів, підлоги та перекриттів), мінімізація температурних містків, енергоефективні вікна (з подвійним склінням та, або з заповненням інертним газом); застосування енергоефективних інженерних систем (сонячні колектори теплові насоси, , фотоелектричні установки, вітрові генератори, механічної припливно-витяжної вентиляції, кондиціонування, і т.п) .

7. Розроблена методика інтерактивного навчання з теми “ Методи підвищення енергоефективності будівель ” формує мотиви навчання; сприяє інтеграції знань, умінь та навичок та високому рівню їх засвоєнню, формуванню професійної компетентності майбутніх магістрів професійного навчання у сфері будівництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б В.2.6-34:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні. Технічні вимоги.
2. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель / Мінрегіон України. –Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2006. – 70 с.
3. ДСТУ Б EN 15217:2012 Енергоефективність будівель. Методики представлення енергетичних характеристик та енергетичного сертифікату.
4. ДБН В.2.2-9-2009 Громадські будинки та споруди. Основні положення.
5. ДБН В.2.2-15-2005 Житлові будинки. Основні положення.
6. ДБН В.2.6-33:2006 Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації.
7. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції.
8. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Проектування. Розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації об'єктів.
9. ДСТУ Б В.2.2-21:2008 Будинки і споруди. Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків.
10. ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99) Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі.
11. ДСТУ Б В.2.6-18-2000 (ГОСТ 26602.2-99) Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення повітро- та водопроникності.
12. ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентильованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови.

13. ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови.
14. ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.
15. ДСТУ Б EN 15232:2011 Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями.
16. ДСТУ Б EN 15316-1:2011 Система теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 1. За
17. ДСТУ Б EN 15316-2-3:2011 Система теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енерго-потреби та енергоефективності системи. Частина 2-1. Теплорозподілення в системі опалення.
18. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження.
19. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики будівель.
20. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту.
21. ДСТУ Б EN 15603:2012 Енергоефективність будівель. Загальне енергоспоживання та визначення енергетичних показників.
22. Альтернативная энергетика и энергосбережение: современное состояние и перспективы : учеб. пособие / [П. А. Капустенко, А. К. Кузин, Е. Л. Макаровский та ін.]. – Харьков : Вокруг цвета, 2004 .– 312 с.
23. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент : навч. посібник / Ю. І. Бакалін. – 3-тє вид., доп. та переробл. – Харків : Бурун і К, 2006. – 320 с.

24. Витвицкая Е.В. Современные энергосберегающие системы и конструкции зданий // «Региональные проблемы архитектуры и градостроительства: Состояние и перспективы развития» Сб. науч. тр. Вып. №7-8 Одесса: Астропринт, 2005. – 137 – 144 с.
25. Энергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи: Довідник. – К.: НДІ проектреконструкція, Deutsche Energie-Agentur GmbH(dena), Instituts Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), 2006. – 144 с.
26. Звіт про науково-дослідну роботу «Проведення досліджень щодо оптимізації технічних рішень теплового захисту будинків та розроблення рекомендацій для проектування енергоефективних (пасивних) будинків із мінімальним використанням теплової енергії», ДП «Український»//Електронний ресурс. – Режим доступу: <http://govuadocs.com.ua/docs/390/index-485500.html>.
27. Карапузов Є.К. Утеплення фасадів: підруч. / Є.К. Карапузов, В. Г. Соха. – К.: Вища освіта, 2007. — 319 с.
28. Керш В.Я. Энергозберігаючі технології у міському будівництві і господарстві: навч. посіб. / В. Я. Керш – Одеса: Астропринт, 2007. – 124 с.
29. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження: Підручник. – Харків: «Видавництво САГА», 2006. – 484 с.
30. Матросов Ю. А. Законодательство и стандартизация Европейского Союза по энергоэффективности зданий // Журнал АВОК. 2003 – № 8. – С. 2-5.
31. Менейлюк А.И., Соха В.Г., Бабий И.Н., Борисов А.А., Волканов В.К. Термомониторинг фасадов зданий утепленных различными теплоизоляционными системами / Вісник ОДАБА: зб. наук. праць, вип №29, частина 2. Одеса, ОДАБА, 2008. С-257-263.
32. Методичні рекомендації щодо практики застосування міжнародного та вітчизняного досвіду використання енергозберігаючих технологій у галузі будівництва на теренах Львівщини: «Аналіз міжнародного та вітчизняного досвіду використання енергозберігаючих технологій у галузі будівництва» /М.А.Саницький, О.Р.Позняк, І.В.Бідник та ін. – Львів, 2008 . – 134 с.

33. Напрямки енергозбереження в житлових будинках та удосконалення сучасних систем теплозахисту будівель. Режим доступа: <http://www.er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/11559/1>
34. Савйовский В.В., Болотских О.Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий. – Харьков: «Ватерпас», 1999. – 287 с.
35. Саницький М. А. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник / М. А. Саницький, О. Р. Позняк, У. Д. Марущак. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. - 236 с.
36. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий. // АВОК. – 1998. – № 1. – С. 5–10.