

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ  
КАФЕДРА ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ  
І ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

**«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МІСЦЕВОГО РОЗВИТКУ»**

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 281 «Публічне управління та адміністрування»

Одеса: 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ  
КАФЕДРА ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ  
І ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

**«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МІСЦЕВОГО РОЗВИТКУ»**

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 281 «Публічне управління та адміністрування»

Затверджено  
на засіданні кафедри ТЕСЕТ  
протокол №1 від 26.08.2022

Одеса: 2022

Конспект лекцій з дисципліни «Інноваційні технології місцевого розвитку» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 281 «Публічне управління та адміністрування» / Укладач: Лужанська Г.В., Одеса: Національний університет «Одеська Політехніка», 2022. –82 с.

Укладач: Лужанська Г.В. к.т.н., доц.

Конспект лекцій з дисципліни «Інноваційні технології місцевого розвитку» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 281 «Публічне управління та адміністрування» усіх форм навчання

## ЗМІСТ

	стр
ВСТУП.....	5
ЛЕКЦІЯ 1. ВВВЕДЕННЯ В ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ.....	6
ЛЕКЦІЯ 2. ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	10
ЛЕКЦІЯ 3. ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ІННОВАЦІЙНИХ РОЗРОБКАХ.....	14
ЛЕКЦІЯ 4. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ОСНОВІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ .....	18
ЛЕКЦІЯ 5. СОНЯЧНІ ТЕПЛОВІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	24
ЛЕКЦІЯ 6. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ГАЛУЗІ .....	28
ЛЕКЦІЯ 7. ІННОВАЦІЙНІ РОЗРОБКИ В ГАЛУЗІ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ.....	32
ЛЕКЦІЯ 8. ІНШІ ВИДИ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ОСНОВІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЙ .....	37
ЛЕКЦІЯ 9. ЕНЕРГОАКТИВНІ БУДІВЛІ.....	41
ЛЕКЦІЯ 10. КОГЕНЕРАЦІЙНІ ТА ТРИГЕНЕРАЦІЙНІ УСТАНОВКИ .....	47
ЛЕКЦІЯ 11. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ПРИВАБЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ .....	52
ЛЕКЦІЯ 12. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ .....	58
ЛЕКЦІЯ 13. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ ТА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	64
ЛЕКЦІЯ 14. ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛІ.....	70
ЛЕКЦІЯ 15. СУЧАСНІ СИСТЕМИ «РОЗУМНА БУДІВЛЯ», «РОЗУМНЕ МІСТО».....	76
ЛІТЕРАТУРА.....	80

## ВСТУП

Інновації та інноваційні технології багато в чому визначають добробут тих країн, де вони розробляються та впроваджуються. В енергетиці інноваційні технології підвищують економічні показники функціонування енергосистем, надійність енергопостачання споживачів, якість управління режимами енергетичних систем.

У сучасних умовах уряди різних країн інвестують величезні кошти в наукові дослідження та інноваційну діяльність.

Багатократне зростання енергоспоживання з врахуванням екологічних і ресурсних обмежень потребує не тільки інтенсифікації розвитку енергетичної сфери і тотальної модернізації застарілого обладнання, але й широкомасштабного впровадження високих технологій та принципово нової техніки.

Забезпечення енергетичними ресурсами і технологіями у достатньому обсязі, необхідної якості та за прийнятною ціною є невід'ємною складовою формування високого рівня конкурентоспроможності національної економіки і, відповідно, економічної та національної безпеки. Рівень енергетичної безпеки держави визначається потенціалом паливно-енергетичного комплексу і ступенем його інноваційного розвитку.

Термін «інновація» – слово латинського походження, означає оновлення, зміна; з англ. *innovation* – нововведення, новаторство; *innovator* – новатор, раціоналізатор.

У Законі України «Про інноваційну діяльність», інновації визначаються як «новостворені (застосовані) і (або) вдосконалені конкурентоздатні технології, продукція або послуги, а також організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого характеру, що істотно поліпшують структуру та якість виробництва і (або) соціальної сфери». Інноваційна діяльність тлумачиться як «діяльність, що спрямована на використання і комерціалізацію результатів наукових досліджень та розробок і зумовлює випуск на ринок нових конкурентоздатних товарів і послуг»

## ЛЕКЦІЙ 1. ВВВЕДЕННЯ В ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

### 1.1. Основи інноваційної діяльності в галузі енергозберігаючих технологій

### 1.2. Складові інноваційного потенціалу енергозбереження

#### 1.1 Основи інноваційної діяльності в галузі енергозберігаючих технологій

Впровадження інновацій в економіку України та перехід на інноваційний шлях розвитку країни є одним з першорядних завдань. Збільшення частки інноваційних технологій у загальному обсязі використовуваного енергетичного обладнання вимагає створення сприятливих інвестиційних умов і розвитку методів підтримки та стимулювання інновацій. Підтримка може бути здійснена з використанням державного регулювання інноваційної діяльності та удосконалення нормативно-правової бази, опираючись на загальносвітовий досвід і тенденції розвитку економіки країни.

Забезпечення енергетичними ресурсами і технологіями у достатньому обсязі, необхідної якості та за прийнятною ціною є невід'ємною складовою формування високого рівня конкурентоспроможності національної економіки і, відповідно, економічної та національної безпеки. Рівень енергетичної безпеки держави визначається потенціалом паливно-енергетичного комплексу і ступенем його інноваційного розвитку. Енергетична система є досить статичною, енергетичні об'єкти – капіталоемними і, як правило, мають тривалі терміни експлуатації. При цьому, модернізація енергетичної сфери потребує вкладання значних зусиль і коштів, що зумовлює необхідність розробки та реалізації стратегії інноваційного оновлення енергетичної сфери національної економіки.

Науково-технологічний прогрес в енергетиці є одним з найважливіших шляхів практичної реалізації результатів наукових досягнень, які й створюють базові умови (передумови) для інноваційного розвитку енергетичної основи економіки.

Прогрес у модернізації енергетики тісно пов'язаний з широким використанням інновацій у цій сфері. Вітчизняні та закордонні дослідники при розгляді питань оновлення та модернізації енергетичної сфери використовують категорії «інновації в енергетиці», «інноваційна діяльність в енергетиці», що переважно трактується як технічний, економічний процес забезпечення енергетичної сфери високоефективними технологіями й обладнанням, науково-технічними та новітніми рішеннями в такому обсязі, що гарантує забезпечення енергетичної безпеки країни.

Освоєння енергозберігаючих технологій при виробництві й передачі енергії вимагає значних капіталовкладень, що визначає важливість оцінки їх ефективності.

Інвестиційна діяльність являє вкладення інвестицій і здійснення сукупності практичних дій по їхній реалізації з метою одержання прибутку й (або) досягнення іншого корисного ефекту.

Суб'єктами інвестиційної діяльності є:

- інвестори,
- замовники й виконавці робіт,
- користувачі об'єктів інвестиційної діяльності,
- постачальники обладнання,
- інші учасники інвестиційного процесу

Джерелами фінансування інвестиційної енергетичної діяльності можуть бути:

- власні кошти;
- залучені кошти;
- заємні кошти;

- лізінг;
- бюджетне фінансування.

Капітальні витрати в енергетичні об'єкти залежать від призначення об'єкта (генерація, передача), характеру технології (ТЕС, АЕС, ГЕС, ПГУ, поновлювані джерела енергії), а також ряду інших виробничих і комерційних факторів.

## **1.2 Складові інноваційного потенціалу енергозбереження**

Сьогодні в науковій літературі можна зустріти досить багато визначень терміна «інновація». Згідно з «Стислим словником сучасних понять і термінів» під загальною редакцією В.А. Макаренка:

«Інновації - це

- 1) інвестуються в економіку, забезпечуючи зміну поколінь техніки;
- 2) нове обладнання, технологія - є результатом досягнень науково-технічного прогресу;
- 3) розробка, синтез нових ідей, створення нових теорій і моделей, їх реалізація;
- 4) політичні програми, які, як правило, мають індивідуальний, неповторний характер;
- 5) в лінгвістиці - новоутворення, відносно нове явище, переважно в морфології».

Вчені, серед яких Н. Мончев, І. Перлакі, В. Д. Гартман, Е. Менсфілд, Р. Фостер, Б. Твісс, Й. Шумпетер, Е. Ропгерс та інші, трактують це поняття в залежності від об'єкта і предмета їх дослідження.

Визначення терміна «інновація» можна вважати класичним, яке ввів австрійський економіст Й. Шумпетер:

Інновація - це непостійний процес впровадження нових комбінацій в наступних п'яти випадках:

1. впровадження нового продукту або створення нової якості, яке ще не відомо споживачам;
2. впровадження нового способу виробництва, практично не вивченого в цій галузі;
3. відкриття нового прориву, тобто ринку, на якому ця галузь промисловості цієї країни ще не була представлена, незалежно від того, чи існував цей ринок раніше;
4. завоювання нового джерела сировини або напівфабрикатів, незалежно від того, існувало воно раніше взагалі або просто не враховувалося, або вважалось недоступним, або ще не було створено;
5. впровадження нової організаційної структури.

Згідно з аналізу різних значень терміна «інновація» можна дати визначення інновацій у сфері енергозбереження як нові продукти або технології виробництва, передачі та використання енергії, що сприяють її заощадженню на основі використання результатів науково-технічного прогресу, і призначені для комерційної реалізації.

Для визначення пріоритетних енергетичних інновацій необхідно спочатку провести оцінку всього інноваційного потенціалу.

Інноваційний потенціал енергозбереження можна розглядати як сукупність ряду складових, кожна з яких вносить свою частку в загальний інноваційний розвиток (рис 1.1)  
Розглянемо докладніше складові інноваційного потенціалу енергозбереження:

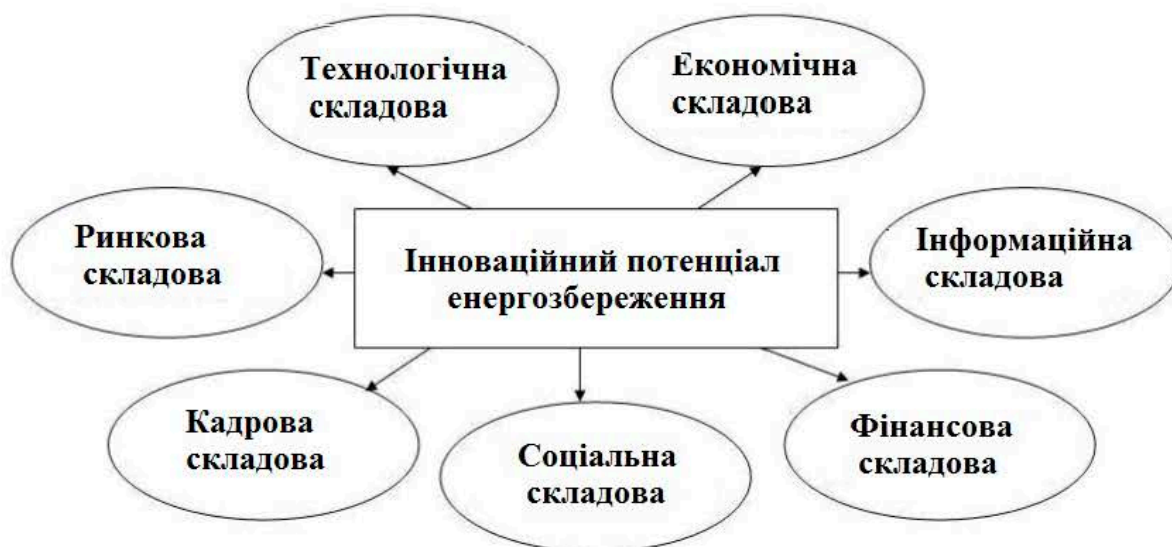


Рис 1.1 – Склад інноваційного потенціалу енергозбереження

- **технологічна складова**, яка визначається рівнем передових вітчизняних і світових енергозберігаючих технологій і обладнання;

- **економічна складова** потенціалу енергозбереження визначається можливостями та економічною доцільністю впровадження тих або інших технологій. Основним обмеженням економічної складової є її залежність від термінів служби та амортизації обладнання. Наприклад, устаткування замінюється раніше строку амортизації (економічні втрати);

- **соціальна складова** характеризує ступінь готовності співробітників і керівників конкретної організації до реалізації енергозберігаючих інноваційних проектів. Основним обмеженням соціальної складової є відсутність мотивації енергозбереження, що викликане в першу чергу недосконалістю нормативно-правовою бази енергозбереження, особливо на регіональному рівні;

- **ринкова складова** визначається ситуацією на ринку паливно - енергетичних ресурсів (ПЕР), в умовах якого формуються розв'язки про впровадження енергозберігаючих проектів і заходів. Саме ринок визначає строки окупності інвестицій, що залежать у великому ступені від цін на енергоносії;

- **кадрова складова** потенціалу енергозбереження відображає наявність кваліфікованих кадрів в області енергоменеджмента, а їх якісний і кількісний склад залежить від рівня організації й підготовки таких фахівців;

- **інформаційна складова** визначає ту частину потенціалу, яка представлена у вигляді техніко-економічних обґрунтувань проектів або розрахунками розв'язків окремих осіб. Але збір даних про енергоспоживання вимагає значних засобів на придбання й установку приладів обліку ПЕР і збору інформації. Застосування нових інформаційних технологій дозволить знизити витрати на ці потреби;



- **фінансова складова** потенціалу енергозбереження – це та частина техніко-економічних обґрунтувань проектів, під яку виділені фінансові ресурси. Саме це обмеження визначає розв'язок про реалізацію того або іншого енергозберігаючого проекту.

Проведення оцінки інноваційного енергетичного потенціалу дозволяє визначити оптимальний набір енергетичних інновацій для забезпечення енергетичної безпеки країни, адже створення й освоєння інновацій стає все більш складною справою, управління якою вимагає особливих знань. Це пояснюється тим, що будь-яке нововведення порушує порядок функціонування виробництва, його сформовані технічні, технологічні, організаційні та інші пропорції. Чим складніше та масштабніше виробництво та вища вартість його основних засобів, тим більше ризику та складностей при освоєнні інновацій. У зв'язку з цим серед проблем науково-технічного прогресу важливе місце займає проблема оцінки енергетичних інновацій та результатів їх упровадження, доцільності їх інвестування.

#### Питання до самостійної роботи

1. Поясніть взаємозв'язок інноваційних технологій, енергозбереження та науково-технічного прогресу.
2. Охарактеризувати складові інноваційного потенціалу енергозбереження.
3. Надати оцінки інноваційного енергетичного потенціалу.

## ЛЕКЦІЯ 2. ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### 2.1. Класифікація інноваційного енергозберігаючого обладнання

### 2.2. Пріоритетні напрямки інноваційної енергозберігаючої діяльності

### 2.3. Ефекти інноваційних енергозберігаючих технологій

#### 2.1 Класифікація інноваційного енергозберігаючого обладнання

Інноваційні енергозберігаючі технології можна систематизувати за такими характеристиками:

- за застосуванням енергії: при виробництві енергії, при передачі енергії, при використанні енергії
- за ступенем радикальності: базисні, поліпшуючі
- за обсягом фінансування: витратні і малозатратні
- за періодом реалізації: короткострокові, середньострокові, довгострокові
- за ступенем ризику: з високим рівнем ризику, із середнім рівнем ризику, з невеликою часткою ризику.

Для керування інноваційними енергозберігаючими обладнаннями введена класифікація у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Ознаки інноваційних енергозберігаючих технологій

Енергозберігаючі технології	Класифікаційна ознака								
	По ступеню радикальності		По обсягах фінансування		По строках реалізації			По ступеню ризику	
	базисні	поліпшуючі	Витратні	малозатратні	короткострокові	середньостроков	довгострокові	с високим рівнем ризику	із середньою незначною часткою ризику
Когераційні джерела енергії	+		+				+		
Поновлювані джерела енергії	+		+			+			+
Теплові насоси	+		+			+			+
Міні-ТЕЦ		+	+			+			+
Трубопроводи в пінополіуретановій ізоляції (ППУ) ізоляції	+		+			+			+
Використання паливних елементів на базі водню	+		+				+	+	
Парогазові й газотурбінні установки		+	+			+			+
Сучасні автоматизовані прилади обліку		+		+	+				+

## 2.2 Пріоритетні напрямки інноваційної енергозберігаючої діяльності

Поряд з перерахованими технологіями енергозбереження одним з перспективних напрямків раціоналізації енергобалансу є більш широке залучення у виробництво поновлюваних джерел енергії (гідроенергія, геотермальна, приливна, сонячна, вітрова енергія, енергія біомаси й ін.).

Крім того, до базисних енергозберігаючих інновацій можна віднести:

- принципово новий прорив у ядерній енергетиці (реактори на швидких нейтронах);
- водневу енергетику (виробництво водню з води й органічних палив і його подальше використання на основі паливних елементів у промисловості, енергетики, на транспорті, у житлово-комунальному господарстві й в інших сферах енергосектора).

Перехід до енергозберігаючих технологій і поновлюваним джерелам енергії повинен зайняти ключове місце в структурі енергосектора.

До пріоритетних енергозберігаючих технологій відносять:

- освоєння енергозберігаючих технологій у промисловості;
- збільшення частки поновлюваних джерел енергії;
- перехід до нових поколінь транспортних засобів, що споживають у кілька раз менше палива, що й багаторазово скорочують викид парникових газів;
- енергозбереження в житлово-комунальному господарстві, перехід до автономних опалювальних систем з високим КПД і регульованим опаленням, будівництво енергозаощадних будинків і інших засобів побутового споживання енергії.

Зміг, озонові діри, перевищення в атмосфері шкідливих металів, заражені опади, забруднення ґрунту й багато чого іншого, — усе це відбивається в першу чергу на людині, на його здоров'ї, на якості й тривалості життя. Усвідомивши це, люди почали використовувати альтернативні ресурси й енергозберігаючі технології, які усе ширше починають застосовуватися в побуті та у виробничому процесі різних сфер економіки.

Енергію раціонально одержувати з поновлюваних джерел і отримані ресурси витратити заощадливо. Енергозберігаючі технології розробляються на основі інноваційних розв'язків, вони на даний момент є здійсненними технічно й приносять економічну вигоду. Ці технології також повинні бути екологічно безпечні й не змінювати шляхи життя суспільства в цілому та звичного складу справ кожної людини окремо. Саме так визначила поняття економії енергії ООН.

Великі підприємства витрачають дуже велику кількість ресурсів, у тому числі й енергетичних. Вони стають значною частиною витрат, мінімізуючи загальний прибуток. У зв'язку із цим розробляють і впроваджують наступні технологічні заходи економії:

- застосування у виробництві загальних технологій енерго- та ресурсозбереження, це установка двигунів змінної частоти, використання теплообмінників, стисненого повітря, енергозберігаючих ламп освітлення, енергії пари й багато ін;
- виробництво енергії із застосуванням ефективних технологій, наприклад, будівництво й уведення сучасних індивідуальних котелень із устаткуванням конденсаційного типу згоряння, що сполучають енергію, газу й енергію водяної пари. Так само ефективні технології, засновані на тригенерації, які виробляють енергію тепла, холоду й електрики;
- використання альтернативних джерел енергії (сонця, води, вітру, ін.)

Деякі напрямлення у розвитку інноваційних технологій в енергозбереженні, технологіях виробництва та акумулювання енергії з відновлюваних джерел представлено у таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Напрямки інноваційних технологій в енергозбереженні

Вид інновації в енергетичній сфері	Зміст інноваційної технології
Паливні комірки	Виробники вантажних автомобілів Kenworth, Toyota та UPS почали інвестувати в розробку технології паливних елементів, які дозволять транспортним засобам працювати на водні та кисні, отримуючи тепло та воду як викиди. Сучасне виробництво водню вимагає значного використання палива з надр, але цей процес може незабаром здійснюватись на відновлюваних джерелах енергії, що робить транспортні засоби на паливних елементах альтернативою існуючим рішенням у сфері вантажних перевезень
Літій-кисневі акумулятори	Ці елементи зберігання, також відомі як паливні елементи з літій-киснем, розробляються для електромобілів у наукових лабораторіях у всьому світі. Їх масове використання гальмують два недоліки: непередбачувані короткі замикання та швидка втрата ними енергії. Вчені вже розв'язали другу проблему та ведуть пошук доступного вирішення першої
Розумна/цифрова мережа	Першим кроком у створенні надійної мережі буде встановлення інтелектуальних лічильників у кожному будинку. Нові лічильники надсилатимуть постачальнику інформацію on-line про використання електроенергії, змінюючи її доступність відповідно до потреб
Космічна сонячна енергія	Ця концепція здавалася фантастичною з 1970-х років через високу вартість транспортування панелей та іншого обладнання. Крім того, питання передачі виробленої енергії назад на Землю викликало занепокоєння. Сонячні панелі, встановлені на Землі, підключаються до місцевої енергосистеми. Це спонукає вчених розробляти технології бездротової передачі енергії, які вже починають впроваджуватися
Припливні турбіни	Використання сили морських припливів для вироблення електроенергії через велику вартість та протести рибалок ще не набуло розповсюдження і належного визнання. Однак у Канаді вже запланували збудувати найбільшу в світі приливну електростанцію потужністю 9 МВт, що буде проривом даного виду інновації
Сонячні батареї	Основою сонячних батарей є неорганічні напівпровідникові матеріали, причому найбільше значення має кристалічний та аморфний кремній
Ядерна енергетика	У рамках міжнародного співробітництва, що підтримується Generation IV International Forum (GIF), проводяться активні дослідження і розробки по внесенню істотних змін в існуючі реактори. Незважаючи на те, що багато країн розділяють політику, спрямовану на реалізацію програми GIF, на даному етапі розвитку ядерної енергетики ще не з'явилося реакторів четвертого покоління

## 2.3 Ефекти інноваційних енергозберігаючих технологій

Загальним принципом оцінки ефективності є зіставлення ефекту (результату) і витрат.

Економічний ефект – це результат якого-небудь нововведення, величина абсолютна, має одиниці виміру. Одиниці виміру можуть бути натуральні, грошові, трудові. Показник ефективності, розрахований як відношення «результат/витрати» може виявитися різним для однієї й тієї ж ситуації залежно від обраних одиниць виміру.

У цілому проблема визначення економічного ефекту й вибору найбільш кращих варіантів реалізації інновацій вимагає, з одного боку, перевищення кінцевих результатів від їхнього використання над витратами на розробку, виготовлення й реалізацію, а з іншого – зіставлення отриманих при цьому результатів з результатами від застосування інших аналогічних по призначенню варіантів інновацій. Залежно від результатів, що враховуються, і витрат для інноваційних енергозберігаючих технологій розрізняють наступні види ефектів (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 - Ефекти інноваційних енергозберігаючих технологій

Вид ефекту	Показники оцінки
Економічний	<ul style="list-style-type: none"><li>• зниження собівартості енергії</li><li>• поліпшення використання ресурсів</li><li>• скорочення строків окупності інвестицій</li></ul>
Технологічний	<ul style="list-style-type: none"><li>• підвищення економічності роботи обладнання</li><li>• поліпшення використання виробничих потужностей</li><li>• підвищення надійності</li><li>• зменшення енергоємності обладнання</li></ul>
Екологічний	<ul style="list-style-type: none"><li>• зниження шкідливих викидів і кількості забруднених стоків</li><li>• поліпшення екологічності продукції</li><li>• підвищення ергономічності виробництва</li></ul>
Соціальний	<ul style="list-style-type: none"><li>• підвищення безпеки умов праці</li><li>• поліпшення умов праці</li><li>• підвищення кваліфікації працівників</li></ul>

Основні засади комплексної оцінки ефективності інноваційних енергозберігаючих технологій (ІЕТ) формулюються в такий спосіб:

1. розгляд інноваційного проекту енергозбереження протягом усього життєвого циклу;
2. моделювання грошових потоків інноваційного проекту енергозбереження з урахуванням фактора часу;
3. облік економічних, екологічних і соціальних ефектів від реалізації інноваційного проекту енергозбереження;
4. оцінка впливу невизначеностей і ризиків, що супроводжують інноваційний проект енергозбереження;
5. порівнянність умов порівняння різних проектів інноваційних енергозберігаючих технологій.

Інновації в енергетиці – це результат наукової та науково-технічної діяльності на основі використанні нових ідей, що є об'єктом упровадження у сферу виробництва і управління енергетичною галуззю з метою отримання економічного, соціального, екологічного та науково-технічного ефекту.

Питання до самостійної роботи

1. Привести класифікацію інноваційного енергозберігаючого обладнання
2. Основні енергозберігаючі інноваційні напрямки
3. Охарактеризувати ефекти інноваційних енергозберігаючих технологій

## ЛЕКЦІЯ 3. ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ІННОВАЦІЙНИХ РОЗРОБКАХ

### 3.1. Причини використання нових нетрадиційних, альтернативних видів енергії в інноваційних розробках

### 3.2. Класифікація джерел енергії

### 3.3. Методи управління інноваційними технологіями на основі альтернативних джерел енергії

#### 3.1. Причини використання нових нетрадиційних, альтернативних видів енергії в інноваційних розробках

У зв'язку з повільним, але вірним використанням основних енергоносіїв (нафти та газу), а також обмеженістю перспектив розвитку гідро- та атомної енергетики, у багатьох країнах світу ведуться дослідження щодо розширення використання альтернативних енергоносіїв – енергії тепла Землі, Сонця, Місяця, вітру, океану, біосинтезу. У ряді країн у цьому напрямку досягнуто певних успіхів: з вугільних пластів видобувають метан, працюють сонячні, вітрові, гідротермальні електростанції, з відходів виробляють біогаз, з біомаси отримують моторне паливо. Роботи щодо використання альтернативної енергетики ведуться і в Україні.

Причини використання нових нетрадиційних, альтернативних видів енергії:

- безперервне зростання промисловості, як основного споживача енергетичної галузі;
- необхідність значних фінансових затрат на розвідку нових родовищ, так як часто ці роботи пов'язані з організацією глибокого буріння (зокрема, в морських умовах) і іншими складними і наукомісткими технологіями;
- екологічні проблеми, пов'язані з видобутком, переробкою, транспортуванням і зберіганням енергетичних ресурсів.

Потенційні можливості нових і поновлюваних джерел енергії дуже велик (таблиця 3.1) та складають на млрд тонн умовного палива.

Таблиця 3.1 - Потенціал відновлюваних джерел

№ п/п	Відновлювальні джерела енергії	Потенційні можливості нових і поновлюваних джерел енергії складають на рік (тонн умовного палива)
1	Енергія Сонця	2300 млрд. т у.п
2	Енергія вітру	26,7 млрд. т у.п
3	Енергія біомаси	10 млрд. т у.п
4	Тепло Землі	40000 млрд. т у.п .
5	Енергія малих річок	360 млрд. т у.п
6	Енергія морів і океанів	30 млрд. т у.п
7	Енергія вторинних низькопотенційних джерел тепла	530 млрд. т у.п

### 3.2. Класифікація джерел енергії

Нетрадиційні (відновлювальні) джерела енергії (НДЕ) – це джерела постійних або періодичних потоків енергії в навколишньому середовищі, які функціонують без участі людини.

Невідновлювальні джерела енергії – це природні запаси речовин і матеріалів, які можуть бути використані людиною для виробництва енергії. Прикладом можуть служити ядерне паливо, вугілля, нафта, газ. Енергія невідновлюваних джерел на відміну від поновлюваних знаходиться в природі у зв'язаному стані і вивільняється в результаті цілеспрямованих дій людини.

Порівняльна характеристика енергосистем на відновлювальних (альтернативних) та невідновлювальних (скінчених) джерел енергії наведена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Порівняльна характеристика енергосистем

Характеристика енергосистеми	Форма джерела енергії	
	альтернативні	скінчені
Де знаходиться	навколишнє середовище (сонце, вітер, припливи)	родовище (нефтя, газ, вугілля)
Форма існування	потік енергії	потенційно зв'язана енергія
Початкова інтенсивність	невелика інтенсивність, густина до 300 Вт/м <sup>2</sup>	велика інтенсивність, густина більше 100 кВт/м <sup>2</sup>
Час існування	безконечний	скінчений
Вартість енергії	безплатно	зростає безперервно
Стабільність	низька	висока
Обмеження використання	місцеві умови та попит	без обмежень
Безпека експлуатації	небезпечні зони під час роботи	небезпечні
Автономність	самозасезпечення	залежні від постачання
Екологічний фактор	незначно забруднюють, незначно погіршують	забруднюють воду і повітря

Використання відновлювальних джерел енергії представлено на рис 3.3

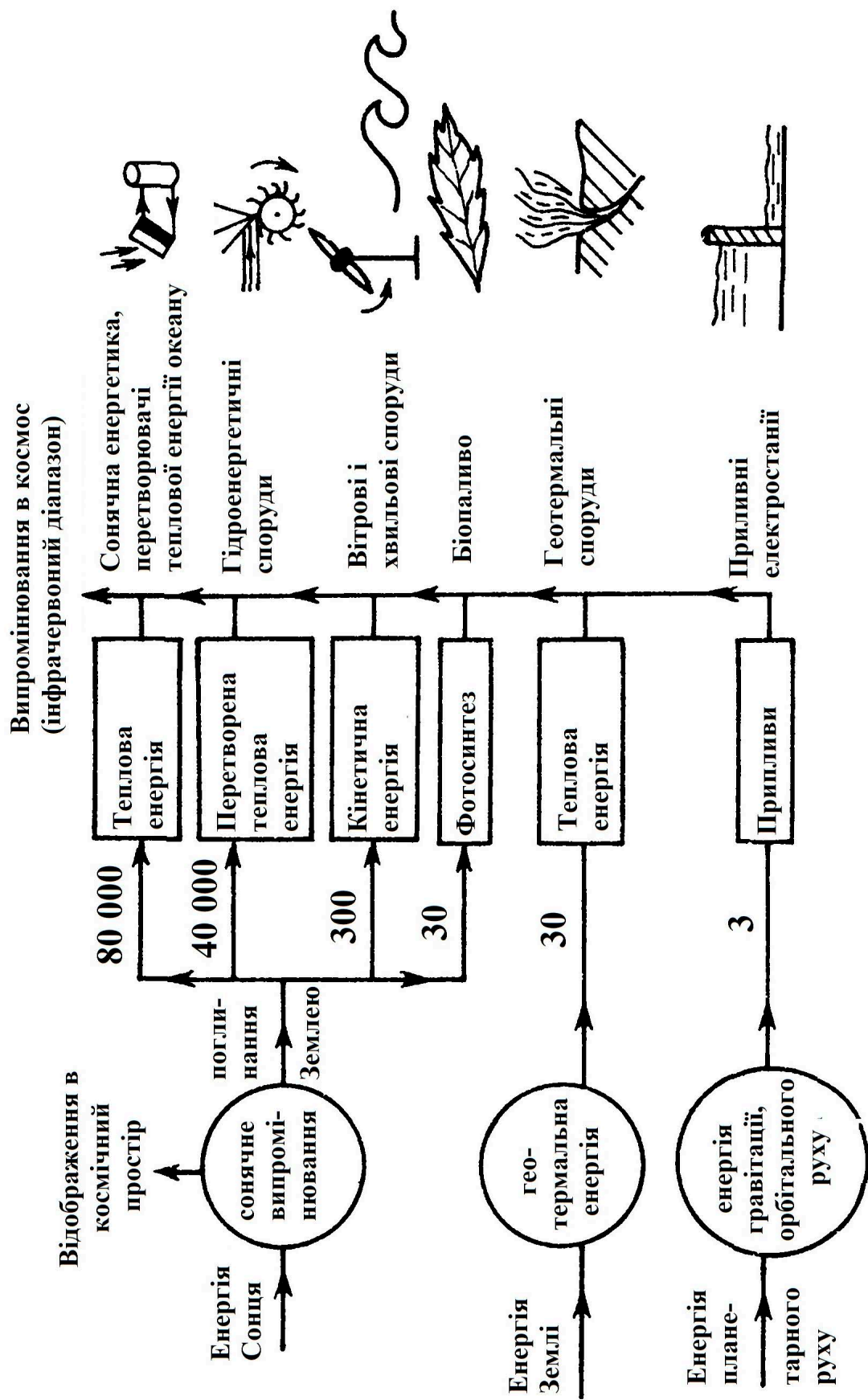


Рис 3.3 – Відновлювані джерела енергії та їх використання

**Відновлювані джерела енергії і їх використання.  
Числа позначають потужність джерела в терават (10<sup>12</sup> Вт)**



### 3.3 Методи управління інноваційними технологіями на основі альтернативних джерел енергії

Існує кілька методів управління інноваційними технологіями на основі альтернативних джерел енергії:

- скидання надлишків енергії;
- системи з регулюванням навантаження;
- системи з накопичувачами (акумуляторами) енергії.

Характеристики методів управління інноваційними технологіями на основі альтернативних джерел енергії наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Методи управління інноваційними технологіями на основі альтернативних джерел енергії

№	Метод управління інноваційними технологіями на основі альтернативних джерел енергії	Характеристика
1	Системи зі скиданням надлишків енергії	Потоки енергії відновлюваних джерел існують постійно, але якщо їх не використовувати, вони можуть бути безповоротно втрачені. Використовуються в гідроелектростанціях, у системах обігріву будівель сонячним випромінюванням з керованими заслінками та ін
2	Системи з регулюванням навантаження	Дані системи підтримують відповідність між попитом і пропозицією енергії за рахунок включення і відключення необхідного числа споживачів
3	Системи з накопичувачами (акумуляторами)	Накопичувачі можуть акумулювати енергію поновлюваних джерел як в її спочатковому не перетвореному вигляді, так і в перетвореному, після енергоустановки

Існують кілька типів акумулюючої енергії:

- електрична;
- електрохімічна;
- хімічна;
- механічна;
- теплова.

Питання до самостійної роботи

1. Причини використання нових нетрадиційних, альтернативних джерел енергії
2. Охарактеризувати відновлювані джерела енергії та їх використання
3. Описати різні методи управління інноваційними технологіями на основі альтернативних джерел енергії

## ЛЕКЦІЯ 4. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ОСНОВІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

### 4.1. Потенціал сонячної енергії. Розвіток сонячної енергетики в Україні

#### 4.2. Види сонячних колекторів

#### 4.3. Сонячне теплопостачання

### 4.1. Потенціал сонячної енергії. Розвіток сонячної енергетики в Україні

На Сонці відбувається термоядерна реакція. Чиста маса до і після процесу поділу або злиття негативна; іншими словами, в ядерній реакції відбувається втрата маси. Ця маса не просто зникає, а перетворюється в енергію. Ядерний синтез водню в гелій - це процес, завдяки якому сонце дає енергію. Фактично, Сонце, щосекунди перетворює близько 620 мільйонів метричних тонн водню в гелій. 99% від ядерного синтезу генерується всередині 24% радіуса Сонця, яке тече назовні через кілька різних шарів перш ніж піде як сонячне світло. Сонце горить вже кілька мільярдів років. Постійна втрата маси, викликана ядерним синтезом, означає, що Сонце повільно зникає. За даними, у світила залишилося ще 6,5 мільярда років термоядерних процесів, перш ніж воно вимкнеться.

Одна година опромінення поверхні планети еквівалентна світовому споживанню протягом усього року.

На жаль, приборкати всю цю енергію від неможливо.

Деякі порівняння, які допоможуть зрозуміти величезний потенціал енергії Сонця:

- один рік від сонячних променів, що досягають поверхні Землі, в два рази більше всіх невідновлюваних ресурсів, включаючи викопне паливо і ядерний уран;
- сонячна енергія, яка щосекунди потрапляє на Землю, еквівалентна 4 трильйонів 100-ватних лампочок;
- енергія, яка падає на одному квадратному кілометрі в рік, еквівалентна 3 мільйонам барелів нафти.

Сонячна енергія - це відмінне джерело для таких процесів:

- пасивний обігрів і охолодження будинку;
- вода нагрівається з допомогою сонячної енергії; застосування енергії сонячних променів для підігріву води - це найпростіший і дешевий спосіб, доступний людині;
- освітлення вулиць - це найпростіший і дешевий спосіб використання сонячної енергії; спеціальні пристрої, які поглинають за день сонячну радіацію, а в темний час доби освітлюють.

Сонячна енергетика – одне із найперспективніших і динамічних відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Щороку приріст потужностей, які вводяться в експлуатацію, становить приблизно 40-50%.

За останні п'ятнадцять років частка сонячної електрики в світовій енергетиці перевищила позначку в 5%.

Удосконалення технології виготовлення фотоелектричних модулів призвело до істотного зниження собівартості електроенергії. В понад 30 країнах світу (зокрема, Німеччині, Чилі, Австралії, Мексиці) сонячна енергія стала дешевше, ніж одержувана з традиційних джерел (нафта, газ, вугілля).

За останні 10 років інвестиції в сонячну енергетику склали близько 300 мільярдів доларів США.

Найбільш показовий приклад успішності застосування сонячних технологій – острів Тау (Американське Самоа). Раніше острів'яни повністю залежали від поставок дизельного палива, однак після встановлення сучасної сонячної електростанції (СЕС) стали повністю незалежними.

Україна робить важливі кроки для розширення використання ВДЕ та альтернативних видів палива в межах своєї більш широкої стратегії щодо зниження залежності від традиційних викопних видів палива. Підраховано, що країна має потенціал, щоб до 2030 року удесятеро збільшити використання відновлюваної енергії та на 15% скоротити споживання природного газу.

Варто зазначити, що клімат та географічне положення України сприятливі для розвитку сонячної енергетики і будівництва СЕС. Навіть північні області країни мають значний потенціал для розвитку даної галузі, який не поступається більшості європейських регіонів.

Наразі розвиток сонячної енергетики в Україні знаходиться на стадії, яку Європа пройшла 7-10 років тому. У той же час ми маємо одну з найпривабливіших інвестиційних структур в Європі для розвитку галузі.

Створені сприятливі умови:

- наявність ресурсів і земельних ділянок;
- пільговий тариф;
- державна підтримка і цільова енергетична стратегія, мета якої – досягти 25% виробництва чистої енергії до 2035 року.

В результаті інтерес до відновлюваної енергетики в Україні продовжує зростати.

## 4.2. Види сонячних колекторів

Сонячні колектори були розроблені більше 200 років тому. Плоский колектор був виготовлений у 1767 році швейцарським вченим Горацієм де Соссюр.

Сонячний колектор - пристрій, призначений для збору сонячної енергії, яка потрапляє на планету з видимим світлом і ближнім інфрачервоним випромінюванням.

Зазвичай застосовуються колектори, в яких циркулює теплоносії. Здебільшого це суміш води та антифризу гліколю.

Вода як теплоносії має гарні теплофізичні властивості - високу теплоємність, великий коефіцієнт теплопровідності, достатню густину. До недоліків води відноситься її корозійна активність до більшості конструкційних матеріалів, особливо в присутності кисню, а також можливість замерзання системи при низьких температурах.

Повітря як теплоносії не має недоліків води, проте його теплофізичні властивості значно поступаються воді. Крім того, рівень шуму вентиляторів у повітряних системах перевищує, як правило, рівень шуму водяних насосів в рідинних системах.

Поряд з водою в рідинних сонячних колекторах широко застосовуються 50% водні розчини етиленгліколю та пропіленгліколю, які замерзають тільки при низьких температурах. Їх недоліком є невеликий строк роботи, що не перевищує 5 років. Етиленгліколь ще й токсичний.

Теплоносії знаходиться в трубці. Залежно від того, як саме вони розташовані в трубці, виділяють два типи колекторів: вакуумні та плоскі (рис 4.1). Однак спільним для обох є те, що абсорбер поглинає сонячне випромінювання, далі відбувається нагрів теплоносія і використання тепла для приготування гарячого водопостачання чи/та підтримки системи опалення.

Спільним в цих видів колекторів є те, що вони використовують безкоштовну та майже всюди наявну сонячну енергію для підтримки опалення або для приготування

гарячої води. Вони виготовлені з матеріалів стійких до корозії та ультрафіолетових променів. Однак, відрізняються способом виготовлення та принципом роботи.



Рис 4.1 – Плоский та вакуумний сонячні колектори

Потужні плоскі колектори складаються з абсорбера (поглинач) і корпусу з захисною рамою, яка має ущільнувач. Це забезпечує герметичність і високу стійкість колектору до механічних пошкоджень.

Колектор має спеціальне захисне скло, такого складу, що дозволяє пропускати багато сонячної енергії, задню стінку та високоефективну теплоізоляцію. Але найважливішою складовою колекторів є абсорбер (поглинач) - теплообмінник, в якому знаходиться теплоносіє. Колектор має спеціальне покриття, котре запобігає закипанню колекторів.

У дуже сонячні дні плоскі колектори можуть поглинати багато енергії, яку зберігають у буферних ємкостях. Якщо протягом певного часу ця енергія не використовується, наприклад, коли мешканці будинку у відпустці, колектори можуть перегріватися, якщо накопичувальний бак більше не може поглинати енергію. Саме від такого перегріву спеціальний шар абсорберу захищає колектори.

Вакуумні колектори також більш ефективні в порівнянні з плоскими колекторами в холодну пору року, так як вакуум забезпечує мінімальні тепловтрати.

Сонячні колектори завдяки різним варіантам розташування можуть встановлюватись майже у всіх видах будівель, як при новому будівництві, так і при модернізації будівлі або поблизу неї. Їх можна встановити на скатних (похилих) дахах, плоских дахах і на фасадах, або розмістити поблизу будівлі. Колектор і кріплення утворюють чудову сонячну архітектуру.

Кількість енергії, яка може бути використана для вироблення тепла, найбільша, коли випромінювання потрапляє на поверхню колектора під прямим кутом. Цього не можна досягти в наших широтах на горизонтальній поверхні. Однак відповідний потрібний нахил поверхні колектора може допомогти. Крім того, для максимально ефективного використання сонячної енергії важливою є правильна орієнтація. У північній півкулі оптимальною є орієнтація на південь.

Найпростіші сонячні колектори це сонячні печі та сонячні дистиллятори.

**Сонячна піч** — пристрій, який використовує енергію сонячного світла для приготування їжі без затрат палива або електроенергії. Конструкція печі включає пристрій, що концентрує сонячну енергію у фокусі геліоконцентратора, та передає на приймач, де готується їжа.

Сонячні печі можуть мати різноманітний вигляд. Вони зустрічаються різні за розмірами - невеликі печі у вигляді ящиків або коробок і печі розміром як шафа або великі агрегати з додатковою системою лінз, які підсилюють концентрацію сонячної енергії. Бувають ящечні (рис 4.2) та з параболічним концентратором (рис 4.3).



Рис 4.2 – Ящечна сонячна піч



Рис 4.3 – Сонячна піч з параболічним концентратором

Найбільш поширений сонячний дистильатор являє собою герметично закритий резервуар з солоною або забрудненою водою, накритий похилим аркушем зі скла або пластику. Дно резервуара повинно мати чорний колір, для кращого збору тепла (рис 4.4).



Рис 4.4 – Сонячний дистильатор

Сонячна енергія проникає крізь кришку і випаровує воду. Вода конденсується на нижній стороні кришки (яка охолоджується повітрям із зовнішнього боку) і стікає по похилій площині в жолоб або трубу. Труба також розташована під нахилом, для того, щоб зібрана вода стікала до вихідного отвору.

### 4.3 Сонячне теплопостачання

Системами сонячного теплопостачання називаються системи, що використовують як джерело теплової енергії сонячну радіацію. Їх характерною відмінністю від інших систем низькотемпературного опалення є застосування спеціального елемента - геліоприймача, призначеного для уловлювання сонячної радіації і перетворення її в теплову енергію.

Системи сонячного теплопостачання бувають пасивні та активні. Можуть мати природну або механічну (примусову) циркуляцію теплоносія, з акумулятором теплової енергії або без нього. В якості теплоносія може виступати як повітря, так і рідина. Бувають одноконтурні, двоконтурні і багатоконтурні.

Пасивними називаються сонячні системи, в яких сама будівля або його окремі огорожі (колекторна будівля, стіна колектора, дах колектора) служать елементом, що сприймає сонячне випромінювання і перетворює його в тепло (рис 4.5).

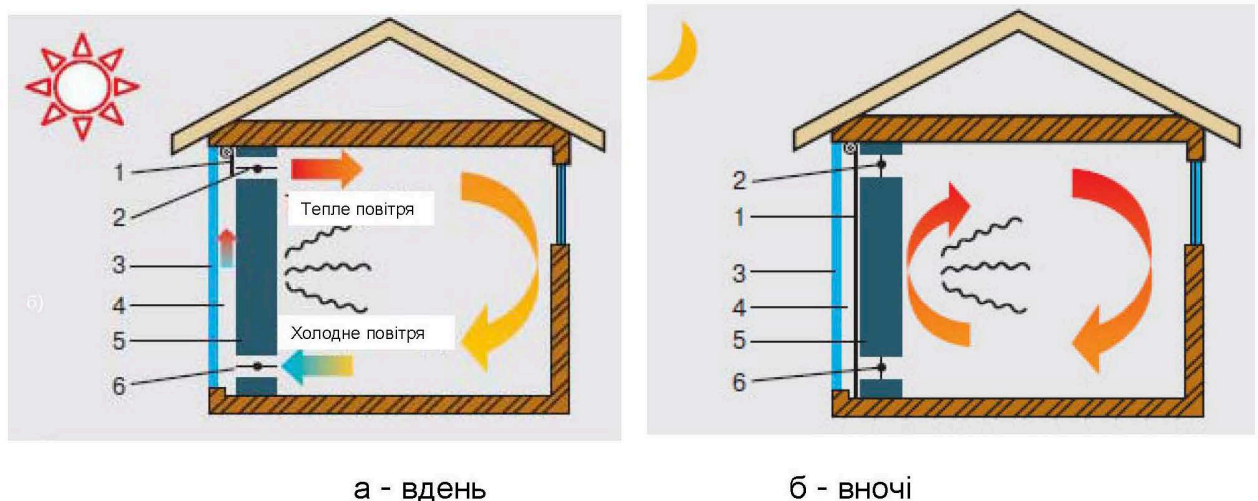


Рис 4.5 Пасивна низькотемпературна система сонячного опалення  
1- «стіна-колектор» штора; 2 верхній клапан; 3 скляна перегородка;  
4 - прошарок; 5 - масивна стіна; 6-нижній клапан

Активними називаються системи сонячного теплопостачання, в яких геліоприймач є самостійним окремим пристроєм, що не відноситься до будівлі.

Нагрітий в колекторі теплоносій, протікаючи по нижньому змійовику бойлера віддає тепло воді. Бойлер виступає акумулятором тепла. У сонячних системах зазвичай використовується двоконтурний бойлер, який може одночасно нагрівати воду від двох джерел енергії, під'єднують до системи з сонячним колектором і до газового котла. (рис 4.6).

Коли недостатньо сонячного випромінювання, і вода в бойлері не може нагрітися до потрібної температури, включається котел і догріває воду через верхній змійовик до заданої температури.

Влітку котел вмикається рідко або взагалі не використовується. Взимку, особливо в похмуру погоду, сонячна система не здатна підняти температуру води до розрахункового рівня, включається котел і відбувається догрів.

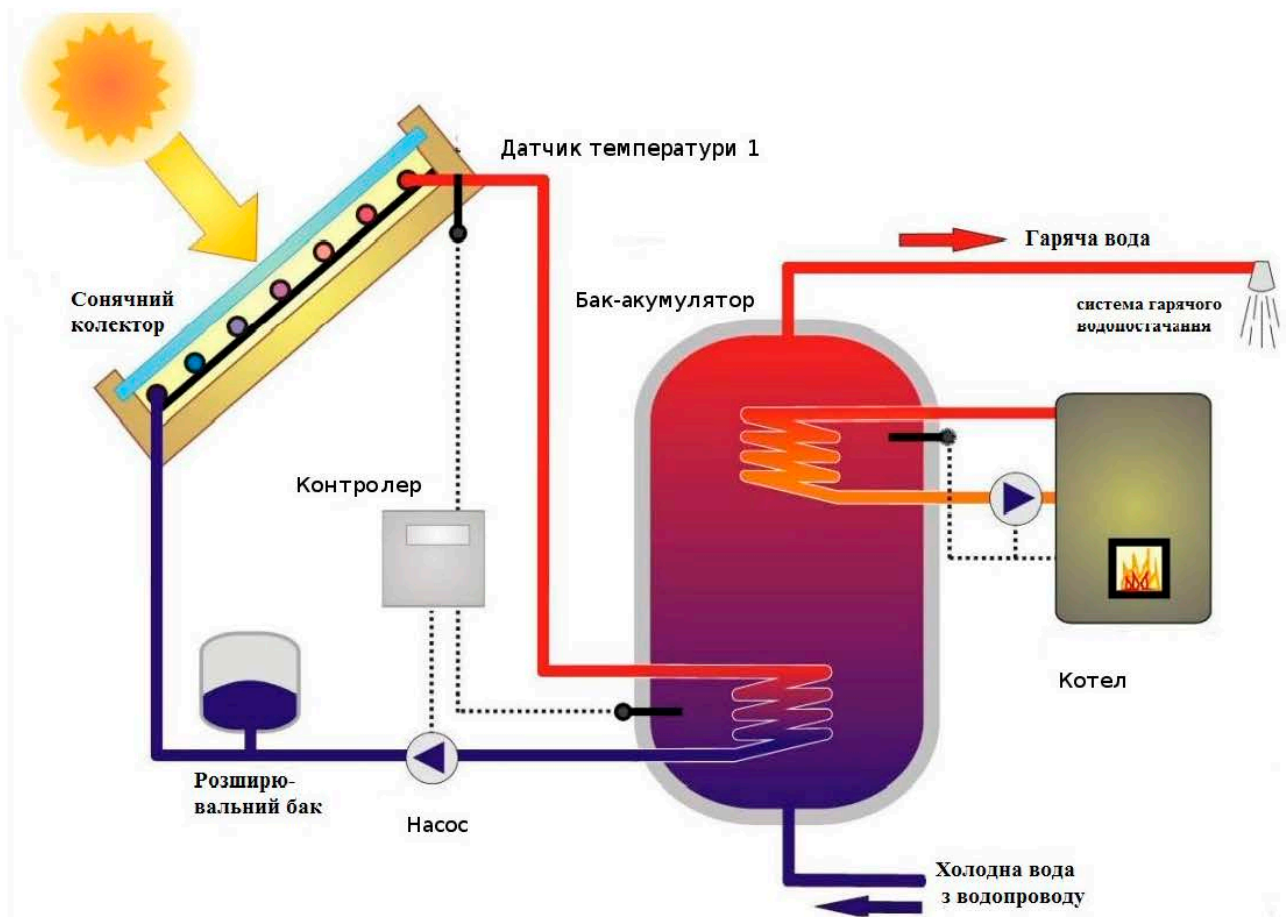


Рис 4.6 – Активна система сонячного теплопостачання

Питання до самостійної роботи

1. Пояснити привабливість сонячної енергетики для інноваційних розробок
2. Описати сонячні колектори
3. Охарактеризувати системи сонячного теплопостачання

## ЛЕКЦІЯ 5. СОНЯЧНІ ТЕПЛОВІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

### 5.1 Основні поняття

### 5.2. Сонячні теплові електростанції з концентраторами параболічного типу, тарілчастого типу та баштового типу з центральним приймачем

### 5.3 Сонячні пруди

#### 5.1 Основні поняття

На додаток до прямого використання сонячного тепла, в регіонах з високим рівнем сонячної радіації її можна використовувати для отримання пари, яка обертає турбіну і виробляє електроенергію.

Виробництво сонячної теплової електроенергії у великих масштабах є досить конкурентоспроможним. Промислове застосування цієї технології бере свій початок в 1980-х; відтоді ця галузь швидко розвивалася. В даний час енергокомпаніями США вже встановлено більше 400 мегават сонячних теплових електростанцій, які забезпечують електрикою 350 000 чоловік і заміщають еквівалент 2,3 млн барелів нафти на рік. Дев'ять електростанцій, розташованих в пустелі Мохаве (в американському штаті Каліфорнія) мають 354 МВт встановленої потужності і накопичили 100 років досвіду промислової експлуатації. Ця технологія є настільки розвинутою, що, за офіційними відомостями, може змагатися з традиційними електрогенеруючими технологіями в багатьох районах США.

В інших регіонах світу також скоро мають бути розпочаті проекти з використання сонячного тепла для вироблення електроенергії. Індія, Єгипет, Марокко і Мексика розробляють відповідні програми, гранти для їх фінансування надає Глобальна програма захисту навколишнього середовища (GEF). У Греції, Іспанії та США нові проекти розробляються незалежними виробниками електроенергії.

За способом виробництва тепла сонячні теплові електростанції підрозділяють на сонячні концентратори (дзеркала) і сонячні ставки.

Описувані технології, окрім сонячних ставків, для досягнення високих температур застосовують концентратори, які відбивають світло Сонця з більшої поверхні на меншу поверхню приймача. Зазвичай така система складається з концентратора, приймача, теплоносія, акумулюючої системи і системи передачі енергії.

Великі дзеркала (концентратори) - з точковим або лінійним фокусом - концентрують сонячні промені до такої міри, що вода перетворюється на пару, виділяючи при цьому достатньо енергії для того, щоб обертати турбіну. Фірма "Luz Corp." встановила величезні поля таких дзеркал в каліфорнійській пустелі. Вони виробляють 354 МВт електроенергії. Ці системи можуть перетворювати сонячну енергію в електрику з ККД близько 15%.

Сонячне тепло можна зберігати різними способами. Сучасні технології включають параболічні концентратори, сонячні параболічні дзеркала і геліоенергетичні установки баштового типу. Їх можна комбінувати з установками, що спалюють викопне паливо, а в деяких випадках адаптувати для акумуляції тепла. Основна перевага такої гібридизації та теплоакумуляції - це те, що така технологія може забезпечувати диспетчеризацію виробництва електрики (тобто вироблення електроенергії може проводитися в періоди, коли в ній є необхідність). Гібридизація і акумулювання тепла можуть підвищити економічну цінність виробленої електрики і понизити середню вартість.



## 5.2. Сонячні теплові електростанції з концентраторами параболічного типу, тарілкового типу та баштового типу з центральним приймачем

У сонячних електростанціях параболічного типу (рис 5.1) використовуються параболічні дзеркала (лотки), що концентрують сонячну енергію на приймальних трубках, які розташовані в фокусі конструкції і вміщують в собі рідинний теплоносіє. Ця рідина нагрівається приблизно до  $400^{\circ}\text{C}$  і прокачується через ряд теплообмінників, при цьому виробляється перегріта пара, яка приводить в дію звичайний турбогенератор для вироблення електричної енергії

Станції параболічного типу використовуються все ширше завдяки більш простій системі слідування за Сонцем і меншій металоємності. Питома вартість станцій параболічного типу близька до питомої вартості АЕС.



Рис. 5.1- Сонячна електростанція параболічного типу

В установках тарілкового типу (рис. 5.2) використовуються параболічні тарілкові дзеркала (схожі за формою на супутникову тарілку), які фіксують сонячну енергію на приймачі, розташованому в фокусі кожної тарілки.

Рідина в приймачі нагрівається до  $1000^{\circ}\text{C}$  і її енергія використовується для вироблення електричної енергії в двигуні Стирлінга або в установці, що працює за циклом Брайтона. Установки мають систему слідування за Сонцем. Внаслідок ефекту аберації при відхilenні від ідеальної форми та інших конструктивних факторів максимальний діаметр тарілок не перевищує 20 м при потужності до 60-75 кВт. Питома вартість сонячної електростанції тарілкового типу може бути меншою, ніж електростанцій баштового і параболічного типів.



Рис. 5.2- Сонячна електростанція тарілкового типу

У цих сонячних електростанціях баштового типу використовується обертове поле відбивачів-геліостатів (рис 5.3). Вони фокусують сонячне світло на центральний приймач, споруджений на вершуні башти, який поглинає теплову енергію і приводить в дію турбогенератор. Керована комп'ютером двусна система стеження встановлює геліостати так, щоб відбиті сонячні промені були нерухомі і завжди падали на приймач. Циркуюча в приймачу рідина переносить тепло до теплового акумулятора у вигляді пари. Пар обертає турбіну для вироблення електроенергії, або безпосередньо використовується в промислових процесах. Температури на приймачі досягають від 538 С до 1482 С.



Рис. 5.3- Сонячна електростанція баштового типу

Сонячні електростанції баштового типу засновані на принципі отримання водяної пари з використанням сонячної радіації. У центрі СЕС стоїть вежа на вершині якої знаходиться резервуар з водою. Також в цій вежі знаходиться насосна група, що доставляє воду в резервуар від турбогенератора, який знаходиться поза вежі. По колу від вежі на деякій відстані розташовуються геліостати (рухливі дзеркала). Бойлер на верхівці вежі, освітлений сонячними променями, світиться як гігантська лампочка і видно на відстані десятки кілометрів.

У пустелі Негев (Ізраїль) завершилося будівництво найвищої в світі станції, яка має назву Megalim, серед інших подібних СЕС - висота вежі складає 240 метрів. Навколо вежі встановлені 50 000 дзеркал-геліостатів (площа - 400 футбольних полів). Управління роботою системи повністю замкнута на комп'ютерах. Особливість станції Megalim полягає в тому, що для встановлення зв'язку з дзеркалами використовується Wi-Fi, тобто система управління бездротова. Енергія, сфокусована дзеркалами, підігріває воду до 540°C в резервуарі, встановленому на вершині вежі.

Потужність станції в пустелі Негев становить понад 121 МВт. Нова СЕС здатна покрити близько 1% потреб Ізраїлю в електроенергії. Загальна вартість будівництва СЕС склала \$ 773 млн. Закінчилося будівництво у 2019 року.

### 5.3 Сонячні пруди

Ні фокусуючи дзеркала, ні сонячні фотоелементи не можуть виробляти енергію в нічний час. Для цієї мети сонячну енергію, накопичену вдень, потрібно зберігати в теплоаккумуляюючих баках. Цей процес природним чином відбувається в так званих сонячних ставках, для яких використовуються солені озера.

У замкнутих водосховищах нижні шари води містять підвищену концентрацію солі і під впливом сонячного випромінювання нагріваються більше ніж верхні.

Придонна вода високої солоності нагрівається сонячною енергією, не може піднятися з-за своєї високої щільності. Вона залишається у дна ставка, поступово нагріваючись, поки майже не закипає (в той час як верхні шари води залишаються відносно холодними). Гарячий придонний "розсіл" використовується вдень або вночі в якості джерела тепла, завдяки якому особлива турбіна з органічним теплоносієм може виробляти електрику. Середній шар сонячного ставка виступає як теплоізоляція, перешкоджаючи конвекції, і втратам тепла з дна піднятися на поверхню. Різниця температур на дні і на поверхні води ставка достатня для того, щоб привести в дію генератор.

Гаряча вода з нижніх шарів водойму з температурою 60-90°C подається насосом в теплообмінник і використовується для випаровування рідини з низькою температурою кипіння (фреон, пропан, аміак). Пари цієї рідини по паротурбінній схемою надають руху ротор турбогенератора. Відпрацьовані пари охолоджуються більш холодною поверхневою водою, конденсуються і знову випаровуються.

Сонячні водойми завдяки великій кількості нагрітої води мають кращі теплоаккумуляювальні характеристики, ніж теплові акумулятори.

#### Питання до самостійної роботи

1. Використання сонячних концентраторів
2. Види сонячних теплових електричних станцій
3. Використання сонячних станцій у світі

## ЛЕКЦІЯ 6. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ГАЛУЗІ

### 6.1. Типи фотоелектричних перетворювачів (сонячних батарей)

### 6.2. Сучасне вуличне освітлення на сонячних батареях: умови роботи і галузь застосування

### 6.3 Сонячна дорога

#### 6.1. Типи фотоелектричних перетворювачів (сонячних батарей)

Пристрої для прямого перетворення світлової або сонячної енергії в електроенергію називаються фотоелементами.

Перетворення сонячного світла в електричну енергію відбувається в фотоелементах, виготовлених з напівпровідникового матеріалу, наприклад, кремнію, які під впливом сонячного світла виробляють електричний струм.

В основі дії фотоелементів лежить фізичний принцип, при якому електричний струм виникає під впливом світла між двома напівпровідниками з різними електричними властивостями, що знаходяться в контакті один з одним.

Світло, що падає на верхню пластину, вибиває з неї електрони, посиляючи їх на нижню. Створюється постійний електричний струм.

За структурою кристалів сонячні панелі поділяються на полікристалічні і монокристалічні (рис 6.1). Відмінності в різній технології виробництва.

На практиці існує безліч суперечок, що краще. Найпоширеніша думка - монокристал працює краще в ясну погоду, але майже повністю не діє в похмуру. Полікристал працює гірше, ніж монокристал в ясну погоду, але такі панелі видають нехай і слабкий, але зарядний струм навіть в похмуру погоду.

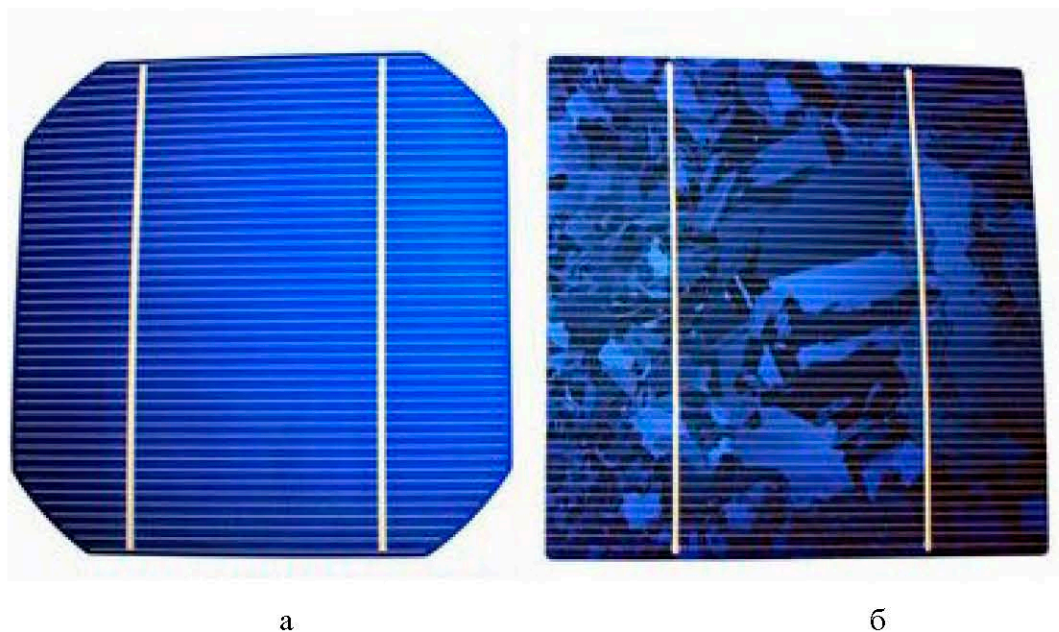


Рис. 6.1- Сонячна батарея, а-монокристал,б- полікристал

За будовою сонячні панелі поділяються на гнучкі та тверді.

У першому випадку кристали кремнію в осередках зроблені більш гнучкими, що дозволяє розміщувати панель на кривих формах. Позиціонувати її можна тільки на

вигинах з плавним, не більшим кутом або заокругленням. Такі панелі помітно легше, порівняно з твердими.

Тверді панелі виконані в рамі з анодованого алюмінію, зверху закриті загартованим склом і полімерною плівкою. Такі панелі мають більшу міцність і довговічність, краще оподожуються і коштують дешевше.

## **6.2. Сучасне вуличне освітлення на сонячних батареях: умови роботи і галузь застосування**

Автономне вуличне освітлення на сонячних батареях встановлюють на приватних ділянках, автомагістралях, міських вулицях.

Доцільно застосовувати в важкодоступних для підведення електрики місцях.

Освітлювальні прилади, в залежності від їх характеристик, використовують для освітлення місцевості або декоративного підсвічування.

Погодні умови різних регіонів впливають на функціональність освітлення:

1. у регіонах з короткими сонячними днями буде відбуватися не повний заряд акумуляторів, це істотно знизить час роботи ліхтарів в нічний час;
2. негативні температури піддають акумулятор до збоїв в роботі, сильна і тривала спека призведе до перегріву напівпровідників і виходу їх з ладу;
3. для правильного поглинання енергії сонячними батареями в жарких кліматичних умовах необхідно використовувати систему охолодження;
4. у вітряних регіонах з великою кількістю пилу в повітрі відбувається швидке забруднення захисного скла сонячної батареї, що знижує працездатність приладу.

### ***Автономне освітлення на сонячних батареях вулиць і доріг***

Автономне освітлення на сонячних батареях вулиць і доріг - це високі стовпи з закріпленими на них світлодіодними ліхтарями і фотомодуля (рис 6.2).



Рис. 6.2 - Автономне освітлення на сонячних батареях вулиць і доріг

Встановлюють опори методом заглиблення в ґрунт, закріпленням на твердому покритті.

Встановлені датчики освітленості дають команду контролеру для ввічлення світла в темну пору доби і ввічлення його днем. Автоматична робота системи дозволяє раціонально використовувати енергію акумулятора.

При надлишку електроенергії, що виробляється, її направляють для електропостачання світлофора або встановленого поруч кіоску.

### ***Підсвічування пішохідних переходів***

Обмеження видимості на дорогах в осінньо-зимовий період створює небезпеку на пішохідних переходах.

Усунути проблему допомагає підсвічування на сонячних батареях.

Встановлений на системі датчик руху спрацьовує при появі людини на пішохідному переході і відраховує час, необхідний для перетину дороги.

Сигнал пішохода висвітлює білий світ, який дає зрозуміти водієві про необхідність зменшити швидкість автомобіля (рис 6.3).

Додатковим попередженням для водія служить світлофор, який працює від сонячних батарей.

Кліпаючи в темряві жовтим кольором, світлофор звертає увагу водія на можливу появу пішохода на дорозі.



Рис. 6.3 - Принцип роботи переходу з освітленням

### **6.3 Сонячна дорога**

У світі існує три сонячні дороги:

- у Сполучених Штатах Америки: Брюсл - Сандпойнт, штат Айдахо (Solar Roadways);
- в Європі: однокілометрова дорога в Турувр-о-Перш (Colas Group, Франція);
- у Китаї: однокілометрова дорога в місті Цзинань (Qilu Transportation Development Group).

«Сонячні дороги» схожі в одному - вони займають всю ширину дороги. Захисне покриття буде зношуватися нерівномірно по всій довжині. Рух транспорту автошляхами часто йде в режимі пересування по постійній колії. Тільки мотоцикли і триколісні автомобілі можуть рухатися, порушуючи звичайну тенденцію (від чого в зимову пору року і страждають найбільше, так як колія для звичайного транспорту краще очищена від снігу, ніж вся дорога).

В Solar Roadways (США) використовуються модульні сонячні панелі, покриті загартованим склом. Скотт і Джулі Брюсо запустили цей проект кілька років тому з метою перетворення звичайних асфальтових доріг в енергогенеруючі транспортні артерії.

Однокілометрова дорога в Турувр-о-Перш (Франція) (рис 6.4) була створена завдяки компанії Solas Group. Вона покрита 2880 фотопанелі і генерує достатню кількість енергії для роботи вуличних ліхтарів в населеному пункті, де проживають 3400 чоловік.



Рис. 6.4 – Сонячна дорога (Франція)

У Китаї - однокілометрова дорога в місті Цзинань розроблена Qilu Transportation Development Group. Покриття дороги складається з трьох шарів: ізоляційного, сонячних панелей і прозорого бетону на поверхні.

#### Питання до самостійної роботи

1. Привабливість фотоелектричних перетворювачів
2. Сучасне освітлення за допомогою сонячних батарей
3. Використання сонячних доріг

## ЛЕКЦІЯ 7. ІННОВАЦІЙНІ РОЗРОБКИ В ГАЛУЗІ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ

### 7.1. Класифікація вітроенергетичних установок (ВЕУ)

### 7.2. Найбільш поширені типи вертикально-осьових вітроустановок

### 7.3. Особливості застосування вітроелектричних станцій (ВЕС)

#### 7.1. Класифікація вітроенергетичних установок

Променями сонця відбувається нерівномірний нагрівання земної поверхні.

Відбувається постійне переміщення повітря з більш холодних місць в тепліші. Нагріті повітряні маси піднімаються вгору (їх щільність менше), а на їх місце приходить повітря з меншою температурою, щільність якого вище. Переміщення відбувається як в горизонтальному так і у вертикальному напрямках.

Перетворення енергії в вітроенергетичних установках в два етапи:

- перетворення кінетичної енергії рухомих повітряних мас в механічну енергію;
- перетворення механічної енергії в електричну.

Основні елементи вітрової енергетичної установки (ВЕУ) (рис 7.1):

- ротор або лопаті, які перетворюють енергію вітру в енергію вала;
- кабіна або гондола, де розташований генератор або при необхідності редуктор;
- вежа, що підтримує ротор.

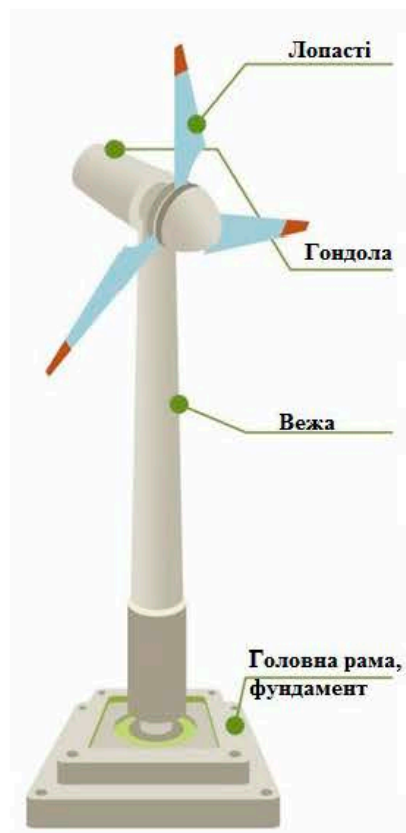


Рис 7.1 - Основні елементи вітрової енергетичної установки

Принцип дії вітроустановок зображено на рис 7.2 , а вітроустановка на рис 7.3



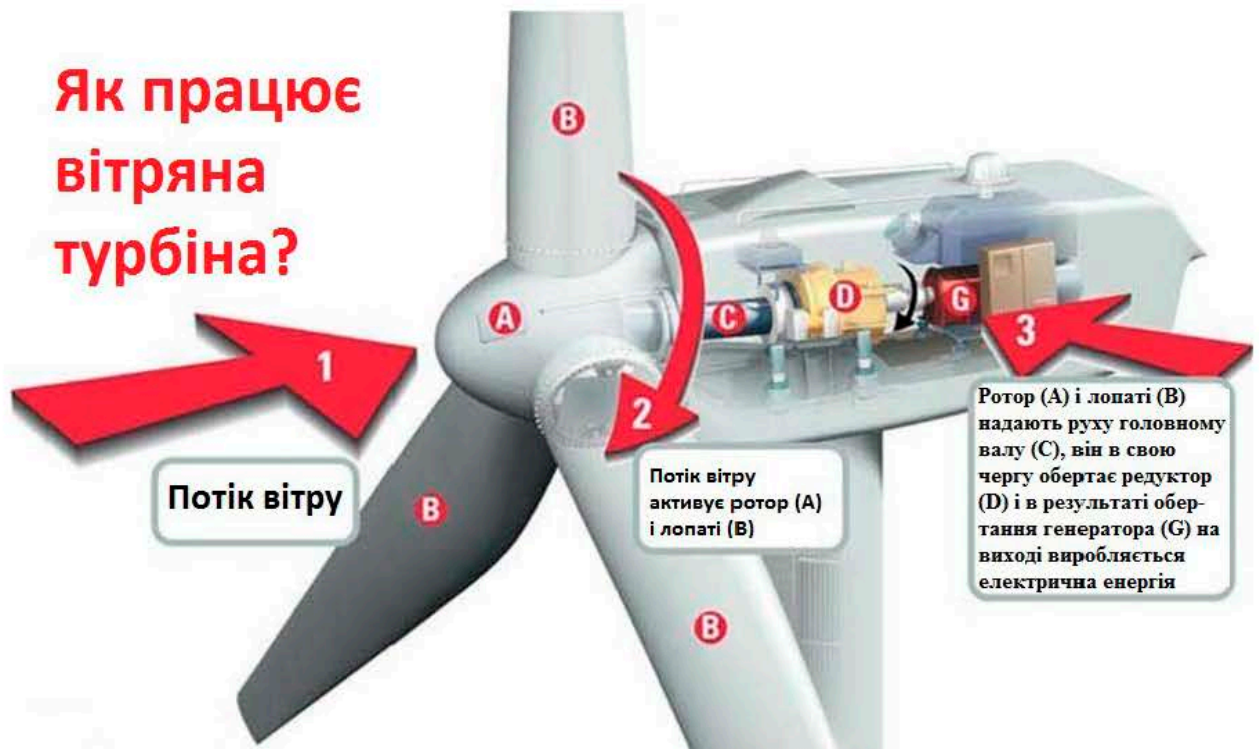


Рис 7.2 - Принцип дії вітроустановок



Рис 7.3 – Парк вітроколес

### *Класифікація ВЕУ*



1. За призначенням
  - для виробництва електроенергії - сукупність турбіни і електрогенератора (вітроелектрогенератор, аерогенератор)

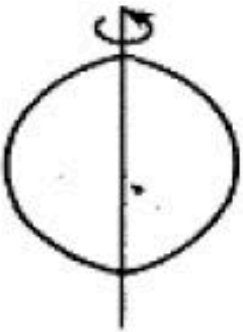
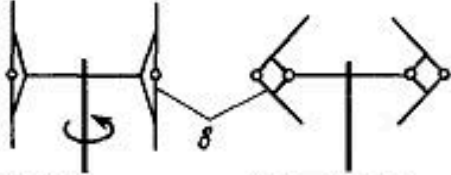
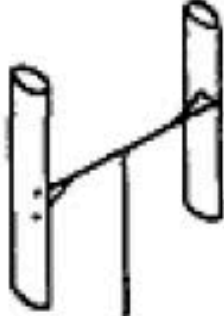
- для виробництва механічної роботи
- 2. За потужністю
  - малої до 100 кВт
  - середньої від 100 кВт до 500 кВт
  - мегаватного класу 0,5-4 МВт
- 3. По осі обертання
  - горизонтально-осьові
  - вертикально-осьові
- 4. За кількістю лопаток
  - двухлопастні
  - трилопастні
  - багатолопастні
- 5. За типом вітроколеса
  - крильчасті
  - роторні
- 6. За швидкохідності
  - тихохідні
  - швидкохідні

## 7.2. Найбільш поширені типи вертикально-осьових вітроустановок

Найбільш поширені типи вертикально-осьових вітроустановок наведено у таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Найбільш поширені вертикально-осьові вітроустановки

Назва вітроустановки	Характеристика вітроустановки	Схема вітроустановки
<i>Чашковий ротор (анемометр)</i>	Обертається силою опору, чашеобразна форма лопаті забезпечує практично лінійну залежність частоти обертання колеса від швидкості вітру	
<i>Ротор Савоніуса</i>	Обертається силою опору. Лопаті виконані з тонких вигнутих листів прямокутної форми. Момент, що обертає, створюється завдяки різному опору, що чиниться повітряному потоку вигнутою і вигнутою відносно нього лопатями ротора.	

<p><i>Ротор Дарье</i></p>	<p>Обертовий момент створюється підйомної силою, що виникає на тонких вигнутих несучих поверхнях. Підйомна сила максимальна в той момент, коли лопасть з великою швидкістю перетинає набігаючий повітряний потік. Розкручуватися самостійно ротор не може, тому для його запуску використовується генератор, що працює в режимі двигуна.</p>	
<p><i>Ротор Масгрува</i></p>	<p>Лопаті в робочому стані розташовані вертикально, але мають можливість обертатися або складатися навколо горизонтальної осі при відключенні при сильному вітрі.</p>	 <p>Робоче положення                      Виключене положення</p>
<p><i>Ротор Еванса</i></p>	<p>Лопаті в аварійній ситуації і при управлінні повертаються навколо вертикальної осі.</p>	

### 7.3. Особливості застосування вітроелектричних станцій (ВЕС)

#### 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 ВЕС. 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.

Ефективність вітрогенераторів слід розглядати як на рівні підприємства, що використовує вітрові турбіни, так і в масштабах економіки всієї країни.

Це обумовлює необхідність розгляду економічної ефективності вітрогенераторів на мікро- і макрорівнях. (таблиця 7.2)

Таблиця 7.2 – Матриця економічної ефективності ВЕУ

Вид економічного ефекту	Мікрорівень	Макрорівень
1. Виробничо-технологічний	Економія витрат на електроенергію та паливо; заміна потужності; зниження втрат потужності в енергосистемі	Економія паливно-енергетичних ресурсів; покращення ситуації в енергосистемі
2. Екологічний	Зниження екологічних платежів; скорочення втрат робочого часу, викликаних захворюваннями працівників	Зменшення втрат; витрат і втрат, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища
3. Комерційний	Прибуток від продажу електроенергії	Поліпшення фінансового стану підприємств; зростання доходів бюджету
4. Гуманітарний	Додатковий дохід; збільшення вартості гудвілу	Підвищення людського та наукового потенціалу; поліпшення іміджу країни
<b>КІНЦЕВИЙ ЕФЕКТ</b>	Підвищення рентабельності підприємства	Поліпшення економічної та екологічної ситуації

#### Питання до самостійної роботи

1. Пояснити принцип дії вітроустановок
2. Сучасні вітроустановки (типи, характеристика, використання)
3. Економічна ефективність ВЕУ

## ЛЕКЦІЯ 8. ІНШІ ВИДИ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ОСНОВІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЙ

### 8.1. Космічні сонячні електростанції КСЕС

### 8.2. Використання теплової енергії океану

### 8.3 Осмотичні електростанції

### 8.4 Використання біомаси

#### 8.1. Космічні сонячні електростанції КСЕС

Сонячна електростанція розміщена на супутнику. Супутник запускається на орбіту (35000 км) в районі екваторіальній площині і обертається синхронно з планетою, цілодобово висвітлюється Сонцем. Щільність сонячної енергії на орбіті становить  $1,4\text{кВт}/\text{м}^2$ , а на поверхні Землі в 5-7 разів менше.

При такому розташуванні вони рухаються з тією ж кутовою швидкістю, що і Земля, і для спостерігача, що знаходиться на Землі, будуть здаватися нерухомо в польоті, в небі. Подібно вже застосовується супутникам глобального зв'язку.

Сонячна енергія, сконцентрована на супутнику, після перетворень в електричну, через спеціальну антену, вузьким пучком в мікрохвильовому діапазоні електромагнітного випромінювання передається на Землю і приймається відповідною антеною, перетворюється на змінний струм промислової частоти і надходить в енергосистему.

На 2040 рік уже заплановано перший пуск електростанції на земну орбіту. Звичайно, це тільки пробна модель, і вона далека від тих глобальних споруд, які плануються побудувати в подальшому. Суть такого запуску - подивитися на практиці - як буде працювати така електростанція в робочих умовах. Країна, яка взяла на себе настільки нелегку місію - Японія

#### 8.2. Використання теплової енергії океану

Океани покривають більше 70% поверхні Землі і є найбільшими в світі колекторами сонячної енергії. Потенціал океанів в енергетиці великий. Для порівняння, щільність енергії сонячної радіації -  $1400\text{Вт}/\text{м}^2$ , енергії вітру -  $1700\text{Вт}/\text{м}^2$ , а теплової енергії океанів тропічних широт -  $300\ 000\text{Вт}/\text{м}^2$ .

Світовий океан - найбільший природний колектор сонячного випромінювання. Різниця між теплими поверхневими водами, що поглинають сонячне випромінювання, і холодними придонними досягає десятки градусів. Це забезпечує безперервний поповнювальний запас теплової енергії.

Океанічна тепла електростанція (ОТЕС) - це тепла машина, що приводиться в дію різницею температур між холодною глибинною водою та поверхневою водою.

Робоча рідина з дуже низькою температурою кипіння (до  $22^\circ\text{C}$ ) циркулює по замкнутій схемі, відбирає тепло в теплообміннику випарника, переходить в газоподібний стан і паром пускає в хід турбіну, пов'язану з генератором, а потім конденсується в конденсаторі, охолоджену холодною водою з океанічних глибин. Газ стискається і цикл повторюється знову.

### 8.3 Осмотичні електростанції

**Осмотична електростанція (ОЕС)** — стаціонарна енергетична установка, заснована на принципі дифузії води (осмос) різної солоності.

Вся електростанція являє собою камеру, розділену напівпроникною мембраною. В одну частину камери закачується солоніша вода, а в іншу прісна. Молекули прісної води починають рухатися в бік частини камери, де морська вода, тому що там концентрація солі набагато вище. В області камери з морською водою збільшується об'єм, а з ним створюється тиск. Цей тиск і є осмотичним. Осмотичний тиск впливає на гідротурбіну. Вона починає обертатися і приводить в дію електрогенератор, а він вже починає виробляти електроенергію.

Побудована електростанція компанією Statkraft (en:Statkraft) в норвезькому містечку Тофте (комуна Хурум), на території целюлозно-паперового комбінату «Södra Cell Tofte» (рис 8.1) виробляє 2 - 4 кВт електроенергії - її ефективність поки становить 1 Вт з 1 м<sup>2</sup> мембрани, і основне її призначення - відпрацювання технології та підвищення ефективності до 5 Вт/м<sup>2</sup>мембрани.



Рис 8.1 – Перша в світі осмотична електростанція

Світовий запас осмосу дуже великий. Використання 10% його, могло б забезпечити половину Європи електроенергією, а це 1,5 ТВт/год. Осмотичні електростанції абсолютно екологічні і не залежать від кліматичних або погодних умов. І головне, палива для генерації завжди в надлишку, так як 94% нашої планети покрито водою. З недоліків можна виділити лише те, що таку електростанцію можна побудувати тільки в гирлах річок.

### 8.4 Використання 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).

Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору відновлюваних джерел енергії, враховуючи високу залежність країни від імпорту енергоносіїв, в першу чергу, природного газу, і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії.

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). Одним із напрямків використання біомаси є її переробка у рідке біопаливо: біодизель та біоетанол.

Біодизель - метилові та/або етилові етери вищих органічних кислот, отриманих із рослинних олій або тваринних жирів, що використовуються як біопаливо чи біокомпонент.

Біоетанол - спирт етиловий зневоджений, виготовлений з біомаси або спирту етилового-сирцю для використання як біопалива.

Біогаз, отриманий з біомаси, використовується як паливо. Виробництво енергії з біогазу не шкідливе для оточуючого середовища, оскільки не спричиняє додаткову емісію парникового газу CO<sub>2</sub> і зменшує кількість органічних відходів. На відміну від енергії вітру і сонячного випромінювання, біогаз можна отримувати незалежно від кліматичних і погодних умов, а на відміну від викопних джерел енергії, біогаз в Україні має дуже великий відновлюваний потенціал.

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. Утилізація відстоїв міських і промислових стічних вод забезпечує вирішення важливих екологічних, енергетичних і соціальних проблем міст, особливо мегаполісів. Відстої міських і промислових стічних вод мають у своєму складі велику кількість органічних речовин.

За рахунок використання біогазу отриманого в результаті анаеробної ферментації біомаси, можна замінити наступні види палива:

- природний газ та зріджені гази, що використовуються для енергозабезпечення промислових і побутових потреб;
- бензин, дизельне паливо та газ у двигунах внутрішнього згорання.

Застосування біогазу дає змогу отримувати теплову та електричну енергію, що є особливо привабливим для фермерських господарств.

Методи переробки біомаси представлено на рис 8.2

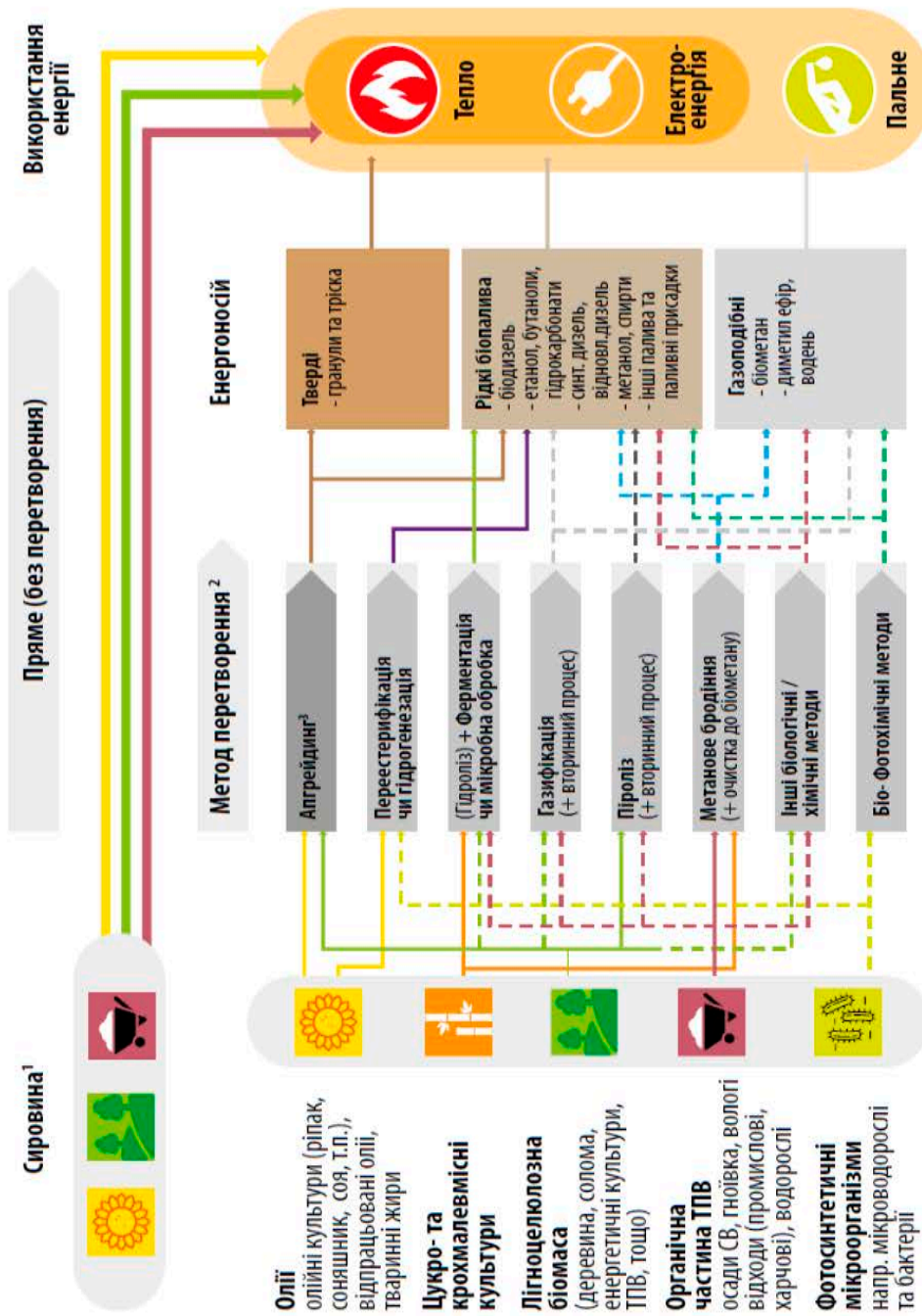


Рис 8.2- Методи переробки біомаси

Питання до самостійної роботи

1. Енергія майбутнього - КЕСЕС
2. Ефективність застосування енергії океану та розробка і впровадження осмотичної електростанції
3. Використання біомаси, як одне з стратегічних напрямків розвитку країни

Примітка: суцільні лінії представляють комерційні технології, пунктирні – технології, що розвиваються.

1 - частини кожного виду вихідного матеріалу, напр., залишки рослин, також можуть бути використані в інших методах;

2 - кожен метод приводить до утворення побічних продуктів;

3 - агрейдинг біомаси включає в себе будь-який метод ущільнення енергії (гранулювання, піроліз, торрефікація тощо)



## ЛЕКЦІЯ 9. ЕНЕРГОАКТИВНІ БУДІВЛІ

### 9.1. Характеристика енергоактивної будівлі

### 9.2. Проектування та реалізація енергоактивних будівель у світі

#### 9.1. Характеристика енергоактивної будівлі

При прогнозуванні енергетичних перспектив розвитку суспільства, найбільш вигідні сьогодні два шляхи підвищення енергоефективності об'єктів будівництва:

1. економією енергії (зниженням енергоспоживання і енерговитрат, у т.ч. утилізацією енергетично цінних відходів);

2. залученням поновлюваних природних джерел енергії.

Заходи, відповідні переважній орієнтації на один з цих шляхів, мають принципові відмінності і дозволяють виділити два класи енергоефективних будівель - використовують і не використовують енергію природного середовища.

Енергоекономічні будівлі - не використовують енергію природного середовища (тобто альтернативних джерел) і забезпечують зниження енергоспоживання, здебільшого, за рахунок удосконалення систем їх інженерного забезпечення (як найбільш "енергоємних" складових енергетичного "каркасу" будівлі), конструктивних елементів, які визначають характер та інтенсивність енергообміну із зовнішнім середовищем (зовнішніх огорожень, вікон тощо), а також оптимізації архітектурних рішень, спрямованої на скорочення енерговитрат (підвищення компактності обсягів, скорочення площі остікління, використання містобудівних прийомів і архітектурних форм, нівелюють негативні впливи природно-антропогенних факторів зовнішнього середовища - вітру, сонця тощо).

Енергоактивні будівлі - орієнтовані на ефективне використання енергетичного потенціалу зовнішнього середовища (природно-кліматичних факторів зовнішнього середовища) з метою часткового або повного (автономного) енергозабезпечення за допомогою комплексу заходів, заснованих на застосуванні об'ємно-планувальних, ландшафтно-містобудівних, інженерно-технічних, конструктивних засобів, які припускають орієнтованість просторів, архітектурних форм і технічних систем на енергетичні джерела зовнішнього середовища (сонце, вітер, ґрунт та ін).

Ідея енергоактивних будівель стала результатом пошуку шляхів найбільш економічних засобів енергопостачання об'єктів будівництва і має на увазі досягнення цієї мети завдяки можливості виробництва енергії безпосередньо на об'єкті, що є перспективою повної відмови від будівництва дорогих і ненадійних в експлуатації зовнішніх інженерних мереж (тепло-, електромереж, мереж гарячого водопостачання).

Відмова від пристрою підведення мереж, у свою чергу, означає виключення величезних втрат енергії, що мають місце при її транспортуванні. Сумарна величина цих та інших можливих економічних "виграшів", співвіднесена з вартістю необхідних для їх отримання заходів і засобів, визначає в результаті доцільну ступінь енергоактивної проекрованої будівлі. Практика показує, що в сучасних умовах далеко не завжди економічно виправдано повне заміщення традиційних енергоносіїв поновлюваними; в більшості випадків це пояснюється невисоким ККД наявних сьогодні технологічних засобів утилізації енергії природного середовища при досить значній їх вартості. Тому, найбільш доцільними визнаються різноманітні комбіновані схеми енергопостачання, вони поєднують використання традиційних і одного (або кількох) видів альтернативних засобів.

Таким чином, потужність і доступність наявних на місці будівництва природних та інших енергетичних ресурсів, характер, продуктивність і вартість засобів їх використання визначають доцільну ступінь енергоактивності об'єкта. За цією ознакою розрізняють будівлі:

- з малою ступеню використання енергетичних ресурсів (заміщення до 10% енергонадходжень);
- з середньої ступеню використання енергетичних ресурсів (заміщення 10 - 60%);
- з високою ступеню використання енергетичних ресурсів (заміщення більш 60%);
- енергетично автономні (заміщення 100%);
- з надлишковою ступеню використання енергетичних ресурсів (енергонадходження від природних джерел перевищують потреби будинку і дозволяють передавати надлишки енергії іншим споживачам).

## **9.2. Проекти та реалізація енергоактивних будівель у світі**

### **Принципи проектування енергоактивних будівель.**

#### **1. На рівні містобудування:**

1. виявлення сприятливих і несприятливих з енергетичної точки зору факторів зовнішнього середовища (природно-кліматичних і антропогенних) в районі будівництва та оцінка їх можливих впливів на енергетичний баланс проєктованого об'єкта (у т.ч. з метою використання в якості джерела енергії);
2. вибір майданчика будівництва з найбільшим потенціалом енергетично сприятливих факторів і найбільш високим ступенем природної захищеності від несприятливих;
3. цілеспрямоване використання існуючих та організація нових природних та антропогенних форм ландшафту з метою концентрації енергетично сприятливих і захисту від несприятливих впливів факторів зовнішнього середовища.

#### **2. На рівні об'ємно-планувального рішення:**

1. підвищення компактності об'ємних форм будинків з метою зниження питомої площі поверхні тепловіддачі;
2. оптимізація форми та орієнтації об'єкта, спрямована на максимальне використання сприятливих і нейтралізацію несприятливих впливів зовнішнього середовища щодо енергетичного балансу будівлі;
3. забезпечення об'ємно-просторової трансформативності будівлі як засобу адаптації до мінливих впливів зовнішнього середовища;
4. включення (передбачення можливості включення) в об'ємно-просторову структуру будівлі елементів, що забезпечують приплив і ефективне використання енергії зовнішнього середовища.

#### **3. На рівні конструктивного рішення:**

1. оптимізація енергетичної проникності (ізолюючих властивостей) огорожень з метою захисту від несприятливих умов і використання сприятливих впливів зовнішнього середовища;
2. надання конструкцій будинку додаткових функцій (введення додаткових конструктивних елементів), що забезпечують ефективний регульований розподіл зовнішніх і внутрішніх енергетичних потоків у процесі експлуатації об'єкта;
3. забезпечення геометричній трансформативності конструкцій як основних засобів адаптації об'єкта до зміни умов зовнішнього середовища.

#### **4. На рівні інженерно-технічного забезпечення:**

1. зниження енергоспоживання системами інженерно-технічного забезпечення будівель і територій за рахунок поліпшення їх техніко-експлуатаційних параметрів;
2. утилізація вторинних енергетичних ресурсів, що утворюються в процесі функціонування систем інженерно-технічного забезпечення будівель і територій;
3. забезпечення автоматичного контролю і регулювання процесів розподілу енергії в системах інженерно-технічного забезпечення будівель.

## 5. Об'ємно-планувальне та конструктивне вирішення енергоактивних будівель.

### Реалізація енергоактивних будівель у світі

Британські архітектори Девід Арнольд і Алекс Ратцлафф вважають, що хмарочос - ідеальне місце для установки вітрогенераторів.

Архітектори спроектували спіральну мегаструктуру, що використовує вітер як відновлюване джерело енергії для виробництва електроенергії. Будівля отримала назву Вітрова вежа. Хмарочос має особливу аеродинамічну форму для ефективного використання переважаючих вітрів (рис 9.1).



Рис 9.1- Вітрова вежа

Компанія NL Architects виступила зі своїм проектом Tower of Power на конкурсі Taiwan Tower Competition, що проводиться в Тайвані. Проект передбачає будівництво 300 метрової вежі для цілей видовищ та відпочинку. Крім того, у вежі є 2000 вітрових турбін у формі квітів, які генерують сумарну потужність до 8МВт. Турбіни вміло замасковані у загальний вигляд будівлі. Башта є яскравим прикладом того, як можуть виглядати електростанції майбутнього (рис 9.2).



Рис 9.2 - Tower of Power (Тайвань)

У Дежоу, область Шангдонг в північно-західному Китаї була представлена найбільша у світі офісна будівля на сонячній енергії. Офісна будівля площею 75 000 м<sup>2</sup> має подібність до стародавніх дисків Сонця та Місяця і нагадує відвідувачам про важливість відновлюваних джерел енергії.

Сучасний дах та системи ізоляції стін зменшують витрати енергії більш ніж на 30% порівняно з національним стандартом енергозбереження (рис 9.3).



Рис 9.3 – Офісна будівля (Китай) Himin Solar

Всесвітній торговий центр в Бахрейнї - це 240-метровий (787-футовий) комплекс веж-близнюків, розташований в Манамі, Бахрейн. Побудован в 2008 році будівельною фірмою Atkins. Ці вежі мають повітряні мости з використанням вітрогенераторів (рис 9.4).

Енергоефективний хмарочос – Китайська Перлинна Річкова вежа в Гуанчжоу, відкрита в 2011 році, являє собою 309-метрову вежу на 71 поверхах (рис. 9.5). Для вироблення електроенергії в будівлі використовуються сонячні батареї нового покоління, а для її збереження передбачені спеціальні колектори. Вітрогенератори інтегровані в конструкцію технічних поверхів - вони служать додатковим джерелом енергії. Незвичайний дизайн стін дозволяє максимально ефективно використовувати енергію повітряних мас. Всього вітрогенераторів чотири, кожне з вітроколів яких має 6-метровий діаметр.

#### Питання до самостійної роботи

1. Пояснити доцільність використання енергоекономічних та енергоактивних будівель
2. Охарактеризуйте методи проектування енергоактивних будівель
3. Побудова енергоактивних будівель у світі



Рис 9.4 - Бахрейнський всевітній торговий центр



Рис 9.5 - Китайська башня Pearl River Tower

## ЛЕКЦІЯ 10. КОГЕНЕРАЦІЙНІ ТА ТРИГЕНЕРАЦІЙНІ УСТАНОВКИ

### 10.1 Загальна характеристика. Використання когенераційних установок

### 10.2 Застосування тригенераційних систем

### 10.3 Привабливість когенерації і тригенерації

#### 10.1 Загальна характеристика. Використання когенераційних установок

Промислові об'єкти залежать від безперебійної подачі теплової, електричної, а іноді і холодильної енергії на виробничі об'єкти. Джерелом можуть бути розподільчі мережі, оператори яких встановлюють тарифи на енергоносії: як правило, завищені щодо економічно обґрунтованих. Альтернативний варіант - автономний об'єкт генерації.

Здійснюється процес пільного виробництва електроенергії та тепла в середині одного пристрою - когенераційної установки (міні ТЕЦ, КГУ).

Головна перевага когенерації перед звичайними теплоелектростанціями полягає в тому, що перетворення енергії тут відбувається з більшою ефективністю.

Звичайна електростанція виробляє електроенергію за допомогою досить неефективного процесу. Викопне паливо, таке як нафта, вугілля або природний газ, спалюється в гігантській печі для виділення теплової енергії. Тепло використовується для перетворення води в пар, пар приводить в рух турбіну, турбіна розкручує генератор, а генератор виробляє електроенергію.

Мінусом є те, що енергія витрачається даремно на кожному етапі процесу – іноді дуже суттєво. Наприклад, вода, перетворена в пар для приводу парової турбіни, охолоджується назад через гігантські градирні під відкритим небом, витрачаючи величезну кількість енергії, значна частина якої буквально зникає в повітрі.

Когенераційні установки (когенератори) застосовуються в промисловості малої розподіленої генерації (міні-ТЕЦ, міні-ТЕС) в локальних енергосистемах. Такий розвиток подій пояснюється рядом факторів, основними з яких є близькість розміщення до споживача, незалежність від зовнішніх енергопостачань, підвищення надійності енергопостачання.

Когенерація дозволяє уникнути значних втрат, зберігаючи до 40% палива і значно збільшуючи загальний ККД енергосистеми до 92%, перетворюючи енергію значних втрат в один з видів необхідної, корисної, дорогої енергії.

Іншими словами, система когенерації дозволяє використовувати те тепло, яке зазвичай просто губиться.

При цьому знижується потреба в покупній енергії на величину вироблених теплової та електричної енергії, що сприяє зменшенню виробничих витрат.

Основу когенераційної системи складають газопоршнєві (ГПУ) або газотурбінні (ГТУ) установки.

Когенераційна установка складається з:

- газового поршневого двигуна;
- генератора;
- системи відбору тепла;
- системи управління.

У когенераційних установках енергія газового палива на вході перетворюється в механічну енергію шляхом спалювання газу в циліндрах двигуна, і в результаті їх дії при повороті колінчастого вала двигуна. Ця механічна енергія, в свою чергу, передається генератору для отримання електроенергії. Теплова енергія виробляється за рахунок

утилізації тепловтрат (рекуперация тепла теплоносія, мастила, стисненої газоповітряної суміші і вихлопних газів) первинного приводного двигуна.

Теплова енергія, що виробляється когенераційними установками, використовується для виробництва гарячої води, пари, в холодильних установках, а також в технологічних процесах сушіння гарячим повітрям (рис 10.1).

Головним фактором, що визначає економіку когенерації, є вартість палива.

Теплова здатність палив, застосовуваних в поршневих двигунах, може коливатися в значних межах, що дає можливість вибрати найбільш дешеве газове паливо.

Газовий двигун може мати кілька карбюраторів, що дозволяє працювати на різних сортах газу:

- природному,
- бутані,
- пропані,
- біогазі,
- сміттєвому газі,
- попутному газі нафтових свердловин.

Залежно від вироблюваної електричної потужності, когенераційні електростанції поділяють на такі групи:

- мікро електростанції (потужність від 1 до 250 кВт);
- міні (потужність від 250 до 1000 кВт);
- малі (потужність від 1 до 60 МВт) - цю групу для простоти часто об'єднують з попередньої;
- середні (потужність від 60 до 300 МВт);
- великі (потужність понад 300 МВт).

## Процес когенерації

(вироблення  електроенергії,  тепла)

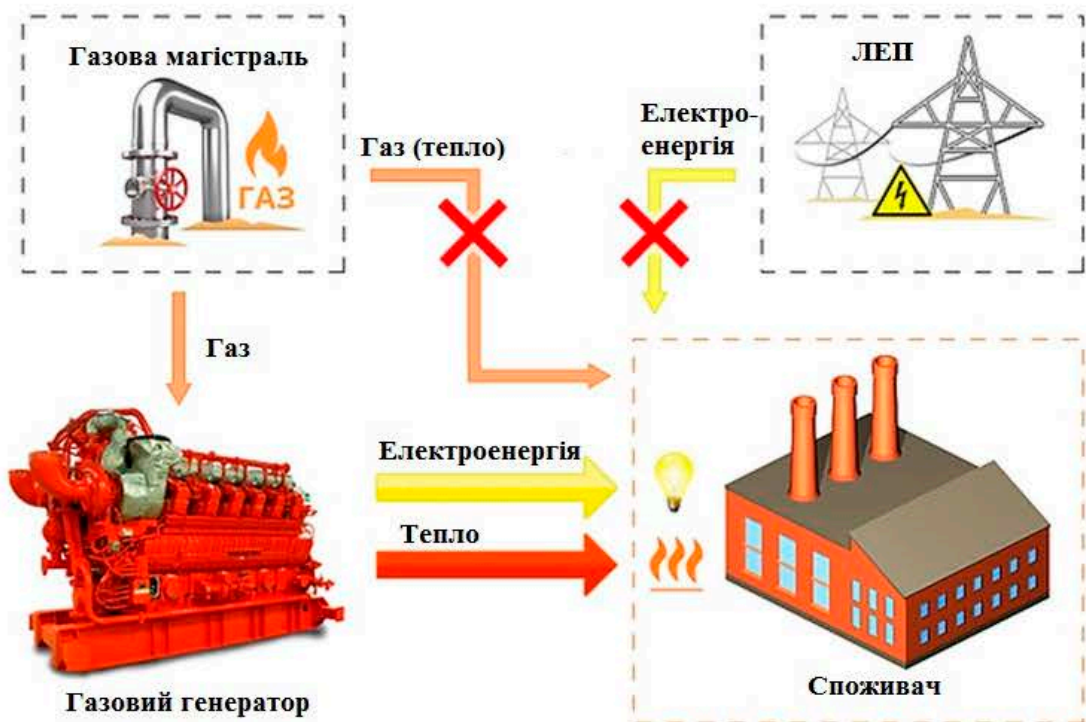


Рис 10.1 – Схема когенерації



## 10.2. Застосування тригенераційних систем

В даний час особлива увага приділяється питанням енергозбереження в життєдіяльності країни на всіх рівнях, а для суб'єктів господарювання це також необхідність у зв'язку з підвищенням тарифів на енергоносії, що в свою чергу підвищує собівартість виробленої продукції та послуг.

Крім електрики, користуватися прісною водою стає дуже дорого, якої в світі стає все менше. Однією з можливостей забезпечення ефективного і раціонального використання енергетичних ресурсів є впровадження новітніх енергозберігаючих технологій або модернізація існуючого обладнання, задіяного в технологічних процесах. Наприклад, при використанні тригенерації.

Тригенерація - це процес, за допомогою якого частина теплової енергії, виробленої ТЕЦ, використовується для отримання охолодженої води для кондиціонування повітря або для інших потреб охолодження, тобто одночасного виробництва електроенергії, тепла і холоду. На відміну від когенерації, вона дозволяє ефективно використовувати такі джерела теплової енергії, як стічні гарячі води, відпрацьована пара і вихлопні гази, тим самим підвищуючи ефективність установок. По суті, це вільні продукти енергетичного і промислового виробництва для споживача, вони здатні значно знизити витрати на схеми холодного виробництва для сучасних установок кондиціонування і холоду, що використовуються в технологічних процесах промислового виробництва.

Одним з компонентів установки тригенерації є абсорбційна холодильна машина. У поєднанні з тепловою електростанцією або когенераційною установкою абсорбційна холодильна установка дозволяє використовувати сезонне надлишкове тепло для виробництва холоду.

Тригенерація - безпечна для навколишнього середовища, так як вода використовується в якості холодоагенту. Ще однією перевагою є використання абсорбційного чиллера, при цьому знижений рівень шуму і вібрації, відсутні рухомі частини, що в свою чергу збільшує термін служби чиллера і знижує витрати на обслуговування і експлуатацію.




В якості джерела тепла, для певної лінійки абсорбційних установок, служить використання енергії стічної гарячої води ( $95\text{ }^{\circ}\text{C} - 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), наприклад, води з охолоджуючих газопоршневих агрегатів автономних газових електростанцій. В цьому випадку можна отримати холодну воду з температурою  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , яка передається споживачеві. В цьому випадку витрати на виробництво холоду будуть мінімальними, що значно скорочує терміни окупності обладнання.

Не можна обійти увагою теплову енергію вихлопних газів від тих же газопоршневих установок. В якості джерела тепла пар також може використовуватися, наприклад, влітку з котелень, коли падає його витрата. Крім чиллерів, що працюють на гарячій воді, використовуються також вузли прямого нагріву, які працюють на природному газі, біо- і дизельному паливі, маслі та ін.

Чиллери працюють в двох режимах: для отримання холоду і тепла. У спеціальній лінійці є адсорбційні чиллери, які працюють в циклах адсорбції/десорбції і дозволяють використовувати теплову енергію не дуже гарячої води ( $80\text{ }^{\circ}\text{C} - 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), наприклад, нагріту воду в сонячних колекторах. Це актуально в південних регіонах, де потреба в холоді вище, а електрики не вистачає, особливо в періоди пікових навантажень.

У підсумку можна сказати, що абсорбційні чиллери забезпечують підвищення паливної ефективності когенераційних установок і ТЕС в енергетичних центрах, а також економічну і екологічну альтернативу традиційним системам охолодження (рис 10.2).

# Процес тригенерації

(вироблення  електроенергії,  тепла  холода)

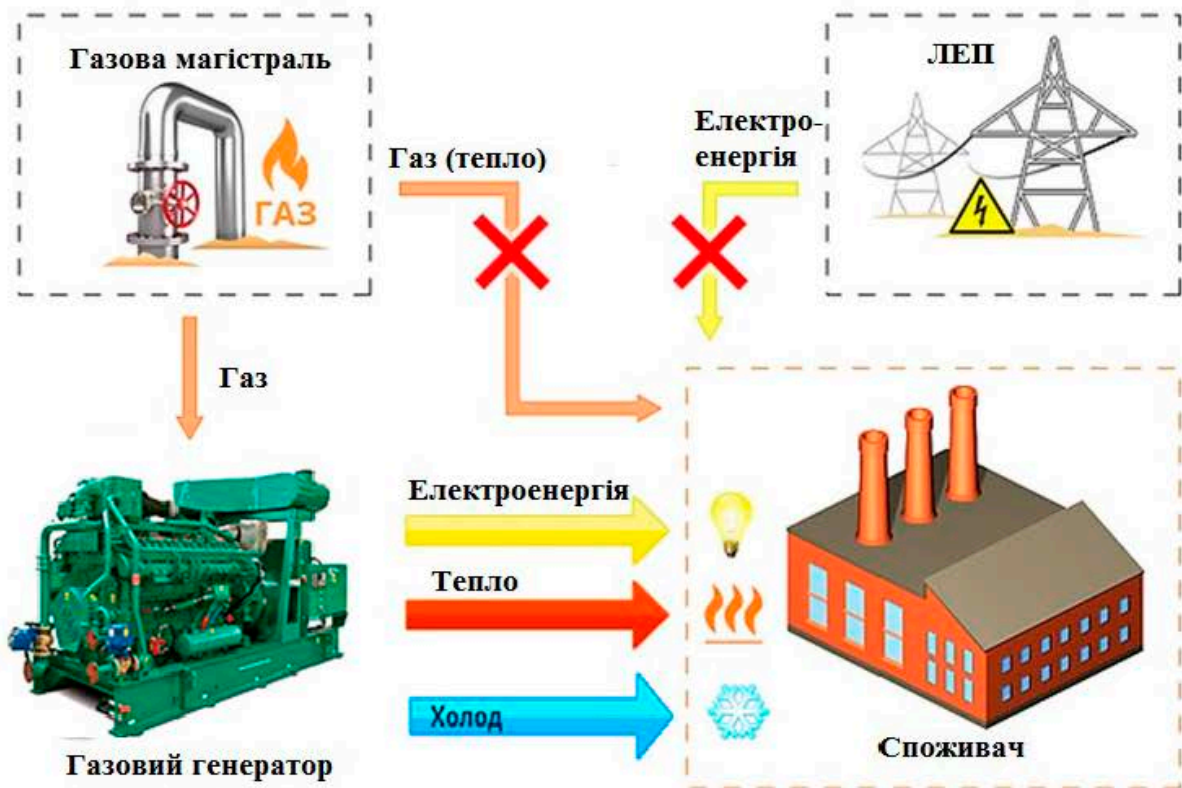


Рис 10.2 – Схема тригенерації

Застосування тригенерації має ряд переваг. Основні з них такі:

1. економіка: надлишок теплової енергії використовується для виробництва холоду, який має найнижчу собівартість;
2. додавання циклу тригенерації на когенераційну установку збільшує коефіцієнт навантаження агрегату протягом усього року, що скорочує термін його окупності і підвищує ефективність вкладень;
3. експлуатація тригенераційної установки обходиться майже в два рази дешевше, ніж робота компресійних холодильних машин;
4. система поглинання працює практично безшумно: рівень шуму на  $Q_0 = 1500$  кВт не перевищує 65 дБА на відстані 1 метра;
5. довговічність: за рахунок відсутності рухомих частин в холодильній установці і їх зносу;
6. тригенераційні установки відповідають вимогам міжнародних протоколів захисту озонового шару атмосфери, так як фреони не використовуються в абсорбційних машинах.

### 10.3 Привабливість когенерації та тригенерації

Когенерація і тригенерація привертають увагу з наступних причин:

1. висока енергоефективність;
2. виробництво електричної та рефрижераторної енергії за собівартістю;
3. розвиток бережливого виробництва, що передбачає мінімальні втрати сировинної бази в процесі виробництва;
4. високий рівень екологічності;
5. створення умов для динамічного розвитку технологій, підвищення енергоємності продукції, що випускається на виробництві;
6. підвищення загального економічного потенціалу та інвестиційної привабливості промислового об'єкта;
7. відсутність необхідності взаємодіяти з розподільчими організаціями, постійно збільшувати бюджети на енергопостачання слідом за підвищенням тарифів;
8. можливість регулювати кількість енергії, що генерується і споживається в режимі онлайн.

#### Питання до самостійної роботи

1. Привабливість когенераційних систем
2. Економічність використання тригенерації
3. Ефективність роботи когенераційних та тригенераційних установок

## ЛЕКЦІЯ 11. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ПРИВАБЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

### 11.1. Призначення теплових насосів

### 11.2 Класифікація теплових насосів

### 11.3 Принцип дії. COP теплового насоса

#### 11.1. Призначення теплових насосів

Застосування теплових насосів - один з важливих шляхів утилізації теплоти вторинних енергетичних ресурсів

Теплові насоси дозволяють одночасно вирішувати такі проблеми, як енергозбереження, зменшення ендегенного впливу на довкілля, економія енергетичних ресурсів і поліпшення умов роботи теплоенергетичних виробництв.

Тепловий насос - пристрій, що дозволяє передати теплоту від більш холодного тела до більш нагрітого за рахунок використання додаткової енергії (найчастіше - механічної).

Відомо, що теплота низького потенціалу є продуктом технічної діяльності людини, причому, чим нижче її температурний рівень, тим більше цієї теплоти безповоротно втрачається, розсіюючись в навколишньому середовищі.

Прикладом носіїв такої теплоти може служити нагріте повітря, що ухоче до атмосфери з систем вентиляції та кондиціонування, або тепло побутових та промислових стічних вод, які мають температуру приблизно 20 - 40 °С.

Дуже часто єдиним економічно виправданим способом утилізації теплоти таких вторинних енергетичних ресурсів є застосування теплових насосів.

Теплові насоси можуть використовувати не тільки теплоту, вироблену в різних технічних пристроях, так і теплоту природних джерел - повітря, води природних водойм, ґрунт (рис 11.1).

Джерела низькопотенційної теплової енергії:

- тепло природного походження;
- тепло штучного походження.

Природні джерела низькопотенційного тепла:

- тепло землі (тепло ґрунту);
- підземні води (ґрунтові, артезіанські, термальні);
- зовнішнє повітря.

Штучні джерела низько потенційного тепла:

- видаляється вентиляційне повітря;
- каналізаційні стоки (стічні води);
- промислові сброси;
- тепло технологічних процесів;
- побутові тепловиділення.

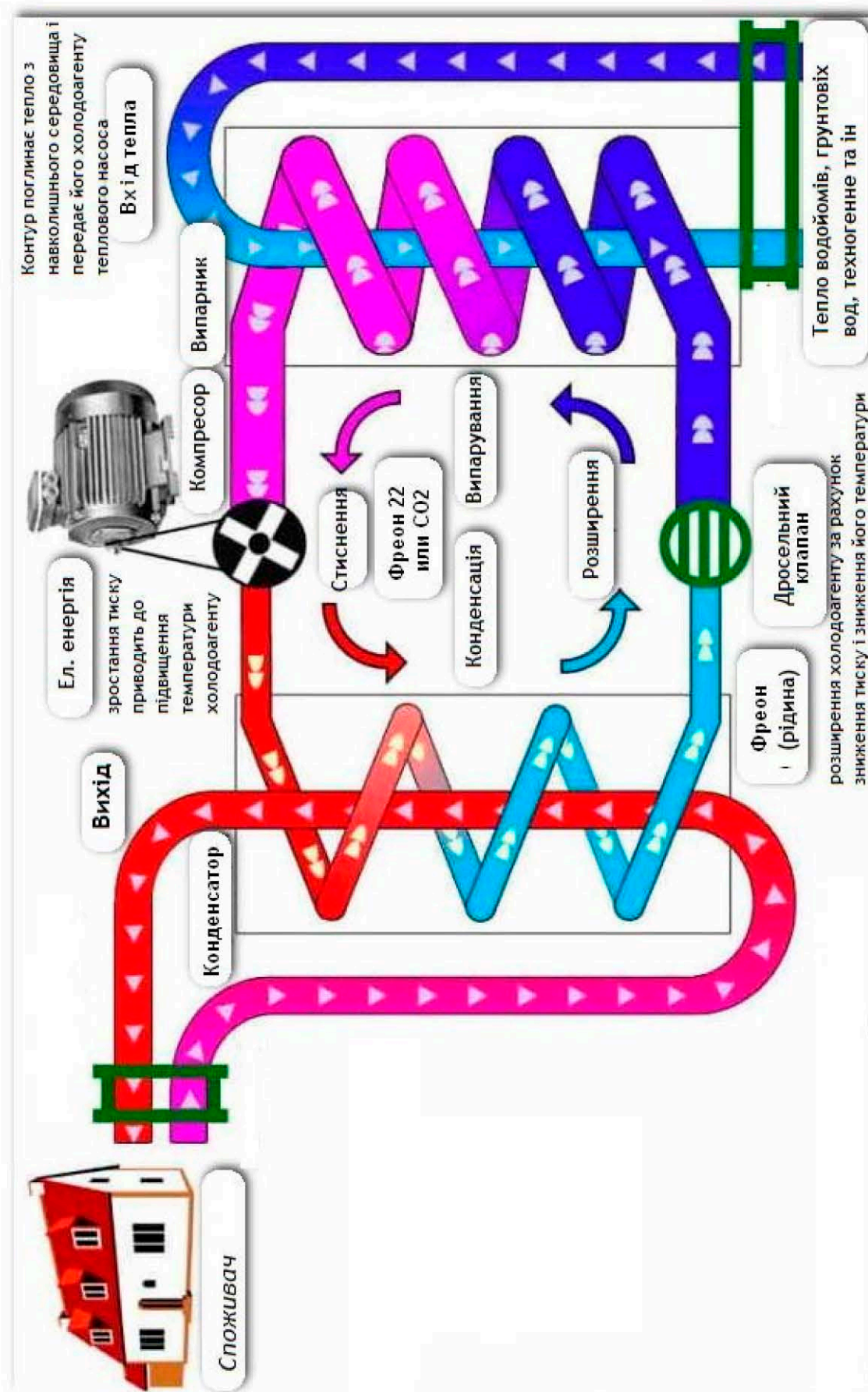


Рис 11.1- Схема теплового насосу

## 11.2 Класифікація теплових насосів

Ідеальне джерело тепла повинно:

- давати стабільну високу температуру протягом опалювального сезону,
- бути рясним,
- не бути корозійним і забрудненим,
- мати сприятливі теплофізичні характеристики, не вимагати істотних інвестицій і витрат на обслуговування.

Зовнішнє та відподиме повітря, ґрунт і підґрунтова вода - це джерела тепла, які широко використовувані в невеликих системах на базі теплових насосів.

Морська, озерна і річкова вода, геотермічні джерела і ґрунтові води застосовуються для систем великої потужності.

Всі теплові насоси за принципом взаємодії робочих тіл можна об'єднати у дві основні групи:

1) відкритого циклу, у яких робоче тіло забирається й віддається в зовнішнє середовище;

2) замкнутого циклу, у яких робоче тіло рухається по замкнутому контуру, взаємодіючи із джерелом і споживачем теплоти лише за допомогою теплообміну в апаратах поверхневого типу.

За оперативними функціями теплові насоси бувають:

- теплові насоси тільки для опалення та/або гарячого водопостачання, що застосовуються для забезпечення комфортної температури в приміщенні або приготування гарячої води;

- інтегровані системи на основі теплових насосів, що забезпечують опалення приміщень, охолодження, приготування гарячої санітарної води і іноді утилізацію відводячого повітря.

По виду теплоносія у вхідному і вихідному контурах насоси ділять на шість типів (рис 11.2-11.4):

«ґрунт-вода», «вода-вода», «повітря-вода»,

«ґрунт-повітря», «вода-повітря», «повітря-повітря».

Інший важливий вид класифікації теплових насосів - тип джерела енергії, який використовується для перетворення теплоти. Це може бути електродвигун, газова турбіна, двигуни внутрішнього згоряння, механічна енергія струменя пари і т.д.

По призначенню: стаціонарні й пересувні, для акумулювання теплової енергії і її транспорту та утилізації тепла, що скидається.

По продуктивності: великі, середні, малі.

По температурному режиму: високотемпературні, середньотемпературні й низькотемпературні.

По режиму роботи: стаціонарні, нестаціонарні, безперервні або циклічні, нестаціонарні з акумулятором теплової енергії.

По виду холодильного агента: повітряні, аміачні, фреонові, на сумішах холодильних агентів.

По виду споживаної енергії: із приводом від електродвигуна або газової турбіни або від газової турбіни, що працює на вторинних енергоресурсах і ін.

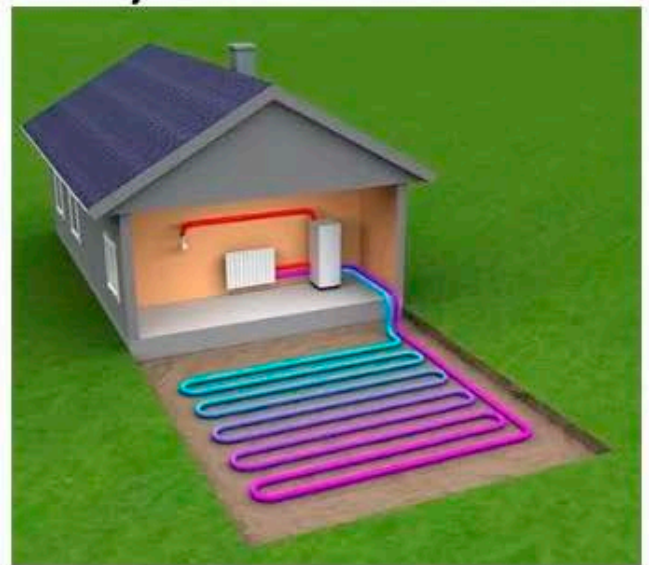


Рис 11.2 – Грунтовий тепловий насос  
(вертикальне та горизонтальне розрашування трубок)

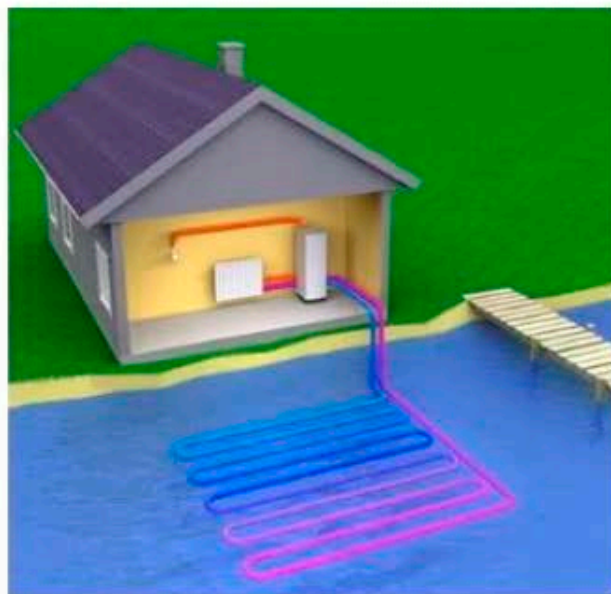


Рис 11.3 – Тепловий насос «вода-вода»



Рис 11.4 – Тепловий насос «вода-повітря»

### 11.3 Принцип дії. COP теплового насоса

Тепловий насос складається з випарника, конденсатора, розширювача (дросель-клапана), що знижує тиск, і компресора, який тиск підвищує.

Всі ці пристрі 'єднані в один замкнутий контур трубопроводом. По трубах циркулює холодоагент - інертний газ з дуже низькою температурою кипіння, тому в одній частині контуру, холодній, він являє собою рідину, а в другій – теплій частині, він переходить в газоподібний стан.

Точка кипіння, як відомо з фізики, може змінюватися в залежності від тиску, для цього потрібні в системі розширювач і компресор.

П'ять основних фізичних явищ дозволяють зрозуміти принцип роботи теплового насоса:

1. тепло міститься в повітрі і землі, навіть, при негативних температурах;
2. теплота надходить від джерела з високою температурою до середовища з низькою температурою;
3. стиснення газу підвищує температуру, розширення знижує температуру;
4. фазовий перехід робочого середовища;
5. температура випаровування і конденсації робочої середовища залежить від тиску.

Основні характеристики теплового насоса:

- коефіцієнт перетворення (трансформації) тепла;
- термодинамічний ККД;
- питома вартість, тобто вартість, віднесена до теплопродуктивності теплового насоса.

Виробляючи теплову енергію, тепловий насос споживає електроенергію.

Співвідношення між виробленої і спожитої енергією називається COP теплового насоса.

COP (англ. Coefficient of Performance) - коефіцієнт перетворення або теплової коефіцієнт.

Отже, це коефіцієнт перетворення тепла, який являє собою відношення одержуваної теплової потужності до затрачуваної потужності на привід компресора.

Це значення показує у скільки разів тепловий насос виробляє більше енергії, ніж споживає сам, тобто визначає різницю між виробленої і споживаної тепловим насосом енергією.

COP вище одиниці, і істотно залежить від температури холодного джерела теплоти  $T_1$  і температури одержуваного гарячого теплоносія  $T_2$ .

В результаті роботи теплового насоса можемо отримати приблизно в 2 - 8 разів більше теплоти (рис 11.5).

Будь-який тепловий насос — це ефективне обладнання, що має безліч сильних сторін:

- використовуються інноваційні технології для теплопостачання, кондиціонування та гарячого водопостачання (ГВП);
- витрати на опалення та ГВП знижуються у кілька разів;
- тепловий насос характеризується екологічною чистотою: немає викидів  $CO_2$ , тому навколишнє середовище не забруднюється;
- не потрібні нагляд, узгодження, постійний контроль за безпекою обладнання;
- контроль мікроклімату здійснюється за допомогою спеціальних датчиків температури та вологи.

Питання до самостійної роботи

1. Пояснити необхідність використання теплового насоса
2. Охарактеризувати види теплових насосов
3. Пояснити значення коефіцієнта COP



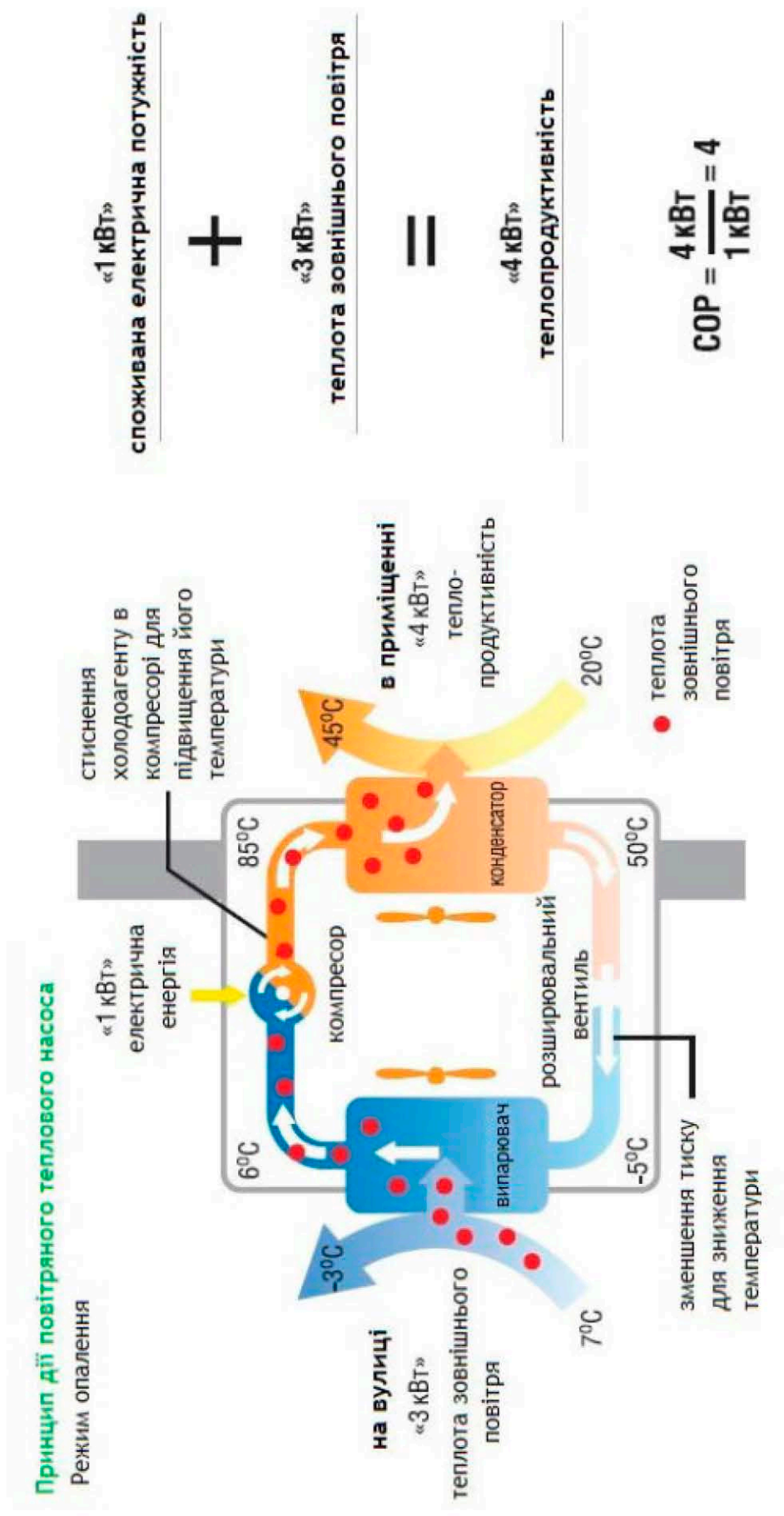


Рис 11.5 – Принцип дії та COP повітряного теплового насоса

## ЛЕКЦІЯ 12. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ

### 12.1. Застосування рекуператорів. Класифікація

### 12.2. Використання повітряних завіс

#### 12.1. Застосування рекуператорів. Класифікація

Рекуперация тепла – це процес повернення тепла з відпрацьованого витяжного повітря. Тепле повітря, що виводиться з приміщення, потрапляє в теплообмінник, де віддає більшу частину свого тепла холодному повітрю, що надходить в будинок для його провітрювання і вентиляції з вулиці. Завдяки цьому процесу на вулицю виходить охолоджене повітря, а в приміщення потрапляє свіже та нагріте.

Рекуперация – це теплообмін, при якому відбувається нагрівання холодного припливного повітря теплим виведеним повітрям. Пристрій рекуператора передбачає розмежування повітряних потоків, але гарантує теплообмін, холодообмін і вологообмін між повітряними масами, що виходять та надходять. Завдяки цьому скорочуються втрати тепла в вентиляційних мережах (рис 12.1).

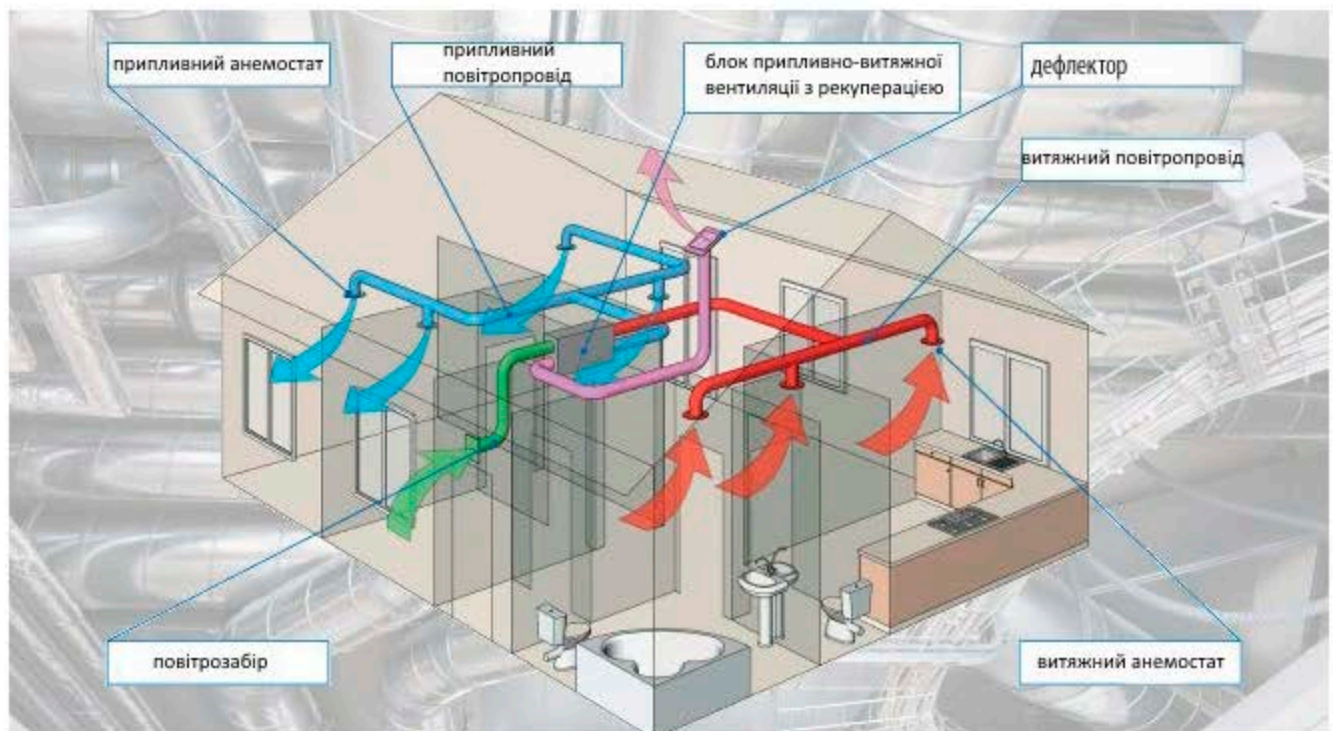


Рис 12.1 – Система вентиляції з рекуперацією тепла

Схема напрямку повітряних потоків у рекуператорів може бути різна.

У перехреснотечійних - потоки спрямовані перпендикулярно один одному, у протитечійних — приплив і витяжка спрямовані протилежно відносно один одного, а в прямотечійних — потоки паралельні та односпрямовані.

Високотемпературними вважаються рекуператори з температурою теплоносія від 600 °С і вище. Середньотемпературними — рекуператори з температурою теплоносія в діапазоні від 300 °С до 600 °С. Температура теплоносія низькотемпературних рекуператорів менш як 300 °С.

Необхідність виробництва таких рекуператорів викликана тим, що в умовах деяких виробничих процесів температура теплоносія може бути різною, і діапазон її значень досить великий.

Матеріал теплообмінника — важливий параметр рекуператора.

Керамічний - ефективно акумулює тепло, має тривалу тепловіддачу, не боїться вологи, при шестигранній структурі пір у формі сотів площа матеріалу теплопроводу стає максимально широкою. З недоліків — тривале нагрівання.

Мідний і алюмінієвий - швидко реагують на зміну температури — охолоджуються і нагріваються, але також швидко конденсують у вологому середовищі.

Пластик застосовується не так давно і досить рідко.

Целюлозний - працює за умов низької та середньої вологості, і завдяки цьому підтримує її рівень в приміщенні, не сушить повітря. Недоліки: чутливий до вологи, замерзає при температурі близько  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Класифікація рекуператорів за будовою та теплоносієм — найбільш розповсюджена, при цьому комплексна та всеохопна. Саме конструктивне рішення та тип теплоносія, як правило, визначають основні властивості та принцип роботи приладу.

Розрізняють:

- рекуператори кожухотрубні;
- рекуператори спіральні;
- рекуператори роторні;
- рекуператори пластинчасті;
- рекуператори пластинчасті оребрені;
- рекуператори з проміжним теплоносієм;
- рекуператори камерні;
- рекуператори фреонові;
- рекуператори трубчасті.

Найчастіше використовують пластинчасті, роторні та трубчасті рекуператори.

У роторних рекуператорах передача тепла від витяжного повітря припливному здійснюється з допомогою рухомої матриці з різними типами покриттів. Матриця роторного рекуператора складається з двох шарів алюмінієвої фольги, гладкої та гофрованої, по черзі нанесеною одна на одну. Ефективність рекуперації змінюється в залежності від висоти гофрованої стрічки та швидкості обертання колеса (рис 12.2). Зниження теплообмінних площ і швидкість обертання в 10 об/хв дозволяє знизити енергоспоживання на 80%.

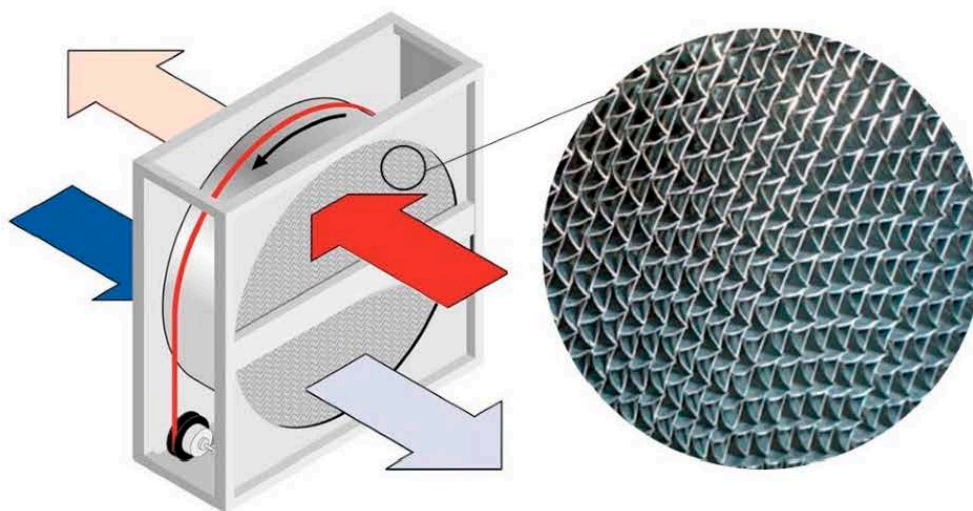


Рис 12.2 – Роторний рекуператор

Пластинчастий рекуператор — один із найбільш популярних різновидів цього приладу. У ньому передача теплоти від гарячого теплоносія до холодного середовища відбувається через сталеві, мідні, графітові, титанові пластини, стягнуті в пакет. Гарячі та холодні шари перемежуються один з одним (рис 12.3).

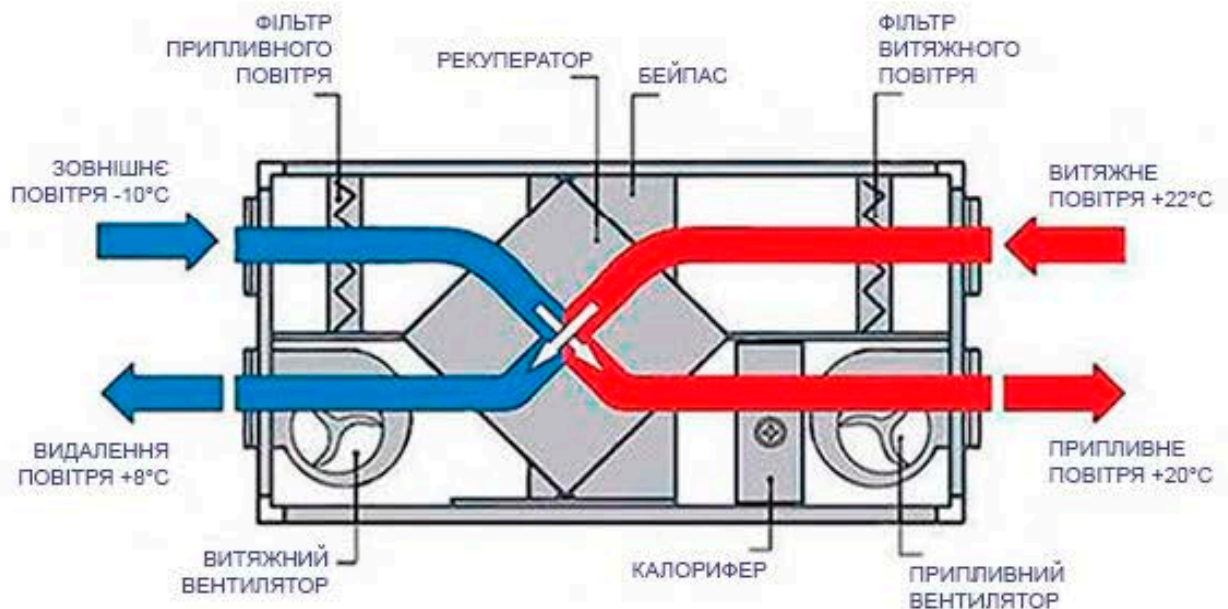


Рис 12.3 – Приточно-витяжна установка з пластинчастим рекуператором

Трубчасті рекуператори - являють собою один великий канал, в якому прокладені кілька трубок меншого діаметру. Для досягнення площі теплового контакту, порівняної з пластинчастою конструкцією, потрібно збільшення довжини каналів, що призводить до підвищення матеріаломісткості, негативно позначається на габаритах і вартості приладу. Але є і позитивний аспект: завихрення повітря при русі через систему трубок сприяють більш ефективній теплопередачі, що не сповільнюючи витяжної потік (рис 12.4).



Рис 12.4 – Трубчасті рекуператори

## 12.2. Використання повітряних завіс

Створення комфортних умов перебування в приміщенні при будь-якій зовнішній температурі – основне завдання господарів цього приміщення. Однак, заходи по встановленню опалення, утеплення вікон можуть бути недостатніми, якщо тепло буде легко заходити через двері. Це особливо актуально в тих місцях, де входні двері з різних причин часто відкриваються або бувають відкритими довгий час (рис 12.5).



Рис 12.5 – Повітряна завіса

Для таких приміщень існують спеціальні пристрої, які служать для створення потужного повітряного загородження між зовнішнім і внутрішнім повітряним простором – теплові завіси. Цей прилад запобігає втраті теплової енергії в зимовий час і забезпечує збереження прохолодного повітря в літній час.

Встановлена в отворах приміщень, повітряна завіса поділяє внутрішній і зовнішній простір, виконуючи функцію закритих дверей. При цьому двері залишаються відкритими, допускаючи вільний вхід до приміщення і візуальне спілкування. Виробляючи однорідний потік повітря, повітряна завіса захищає приміщення від теплових втрат, ізолює його від погодних змін, що відбуваються у зовнішньому середовищі. Це дозволяє створити в приміщенні комфортний мікроклімат і одночасно економити енергетичні витрати, вироблені тепловим устаткуванням або кондиціонерами, від 60 до 90% (рис 12.6).

Слід пам'ятати, що призначення повітряної завіси - підтримання мікроклімату в приміщенні, захист від несприятливих впливів зовнішнього середовища (протяги, газу, пил, комахи) та енергозбереження; обігрів є додатковою функцією.

Крім того, її встановлюють в магазинах, кафе, а також в офісах і приватних будинках.

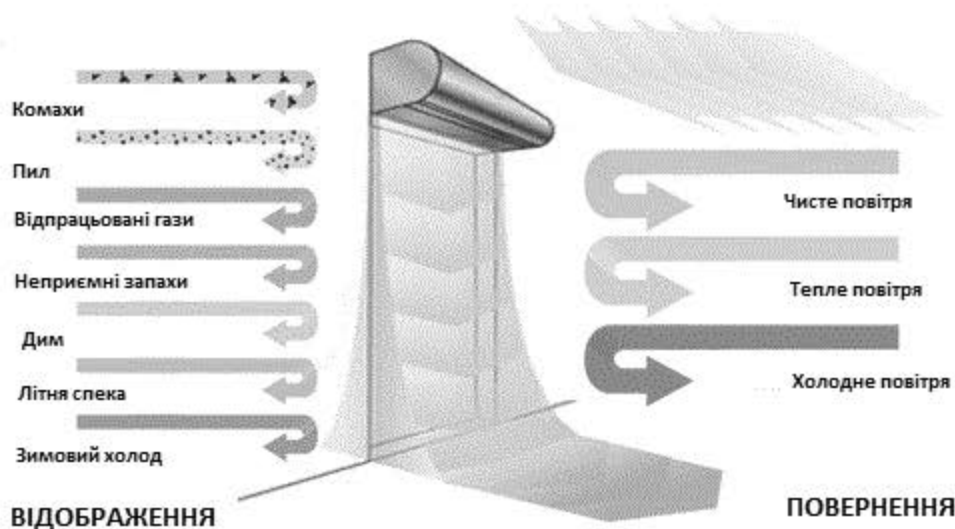


Рис 12.6 – Захисна функція повітряних завіс

Зовні побутова теплова завіса нагадує звичайний кондиціонер. Хоч влаштована вона ще простіше. Всередині корпусу з листової сталі знаходяться двигун з редуктором, вентилятор, нагрівальний елемент і сопло для виходу повітря. Після включення живлення і запуску приладу починає працювати двигун. Він крутить вентилятор, створюючи потужний повітряний потік. Цей потік проходить через нагрівальний елемент, і температура потоку підвищується. Тепле повітря, що виходить з сопла завіси прямо або під невеликим кутом, встановлює так звану «повітряну стіну» – невидимий бар'єр біля отвору, що захищено приладом. Все це управляється за допомогою зручного дистанційного пульта.

Сучасні пристрої оснащуються вбудованими фільтрами, що очищають повітряну масу, яка проходить через них. Електронні системи сучасних моделей мають захист від перегріву, коротких замикань, а також оснащуються спеціальними модулями управління температурою і швидкістю обдування.

Завіси можуть бути з електричним, водяним, паровим, газовим нагріванням, а також без нагріву.

За типом нагрівання підрозділяють:

- нагріванням (завіси з нагріванням прийнято називати повітряно-тепловими або ж тепловими завісами, так як екранування дверного отвору здійснюється підігрітим повітрям);
- без нагріву (завіси без нагріву прийнято називати повітряними завісами, так як екранування отвору здійснюється потоком повітря з температурою приміщення ("холодним потоком")).

По розташуванню до дверного отвору повітряні завіси бувають (рис 12.7).

- горизонтальні. Це класичні моделі, які ставляться горизонтально над вікном або отвором дверей.
- вертикальні. Часто з різних причин установка горизонтальної повітряної завіси неможлива. У таких випадках використовують вертикальні виконання, які монтують з однієї або з двох сторін вхідних дверей у вигляді своєрідних колон.

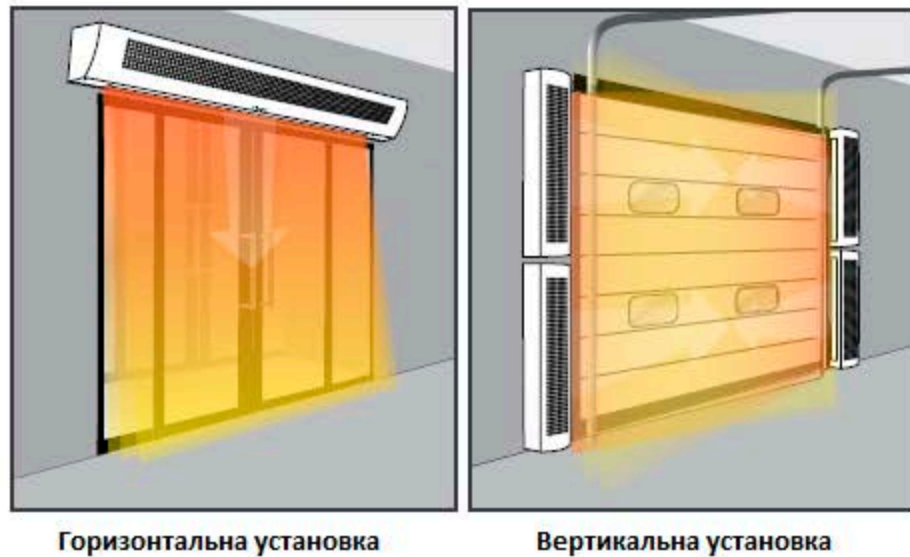


Рис 12.7 – Горизонтальна та вертикальна установка повітряних завіс

- універсальні. Багато модифікацій мають універсальну конструкцію, що дозволяє встановлювати їх у вертикальному і горизонтальному положенні, в залежності від специфіки приміщення.

Основні критерії підбору повітряних завіс:

1. тип і призначення будівлі - магазин, склад і т.д.;
2. висота отвору, висота установки,
3. ширина отвору, загальний розмір завіс;
4. установка: горизонтально або вертикально;
5. тип завіси: без нагріву (А), з електронагрівом (Е), на гарячій воді (W).

Питання до самостійної роботи

1. Енергоефективна робота рекуператорів тепла систем вентиляції
2. Охарактеризувати сучасні типи рекуператорів, що використовуються найчастіше
3. Описати захисну функцію повітряних та повітряно-теплових завіс

## ЛЕКЦІЯ 13. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ ТА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

### 13.1. Сучасна теплова ізоляція

### 13.2. Енергозберігаючі технології систем опалення, теплопостачання

#### 13.1. Сучасна теплова ізоляція

Сучасна інфраструктура як у промисловій, так і в комунальній сферах, немислима сьогодні без ефективної теплоізоляції. Масове застосування металу, бетону, скла та інших матеріалів, з яких складаються комунікації, будівлі і споруди, різне обладнання та інші елементи інфраструктури вимагають для збереження об'єктів у робочому стані тривалий час і для зниження теплових втрат застосування різних типів ізоляції поверхонь і теплоізоляційних матеріалів.

Сучасна галузь виробництва і постачання матеріалів для теплової ізоляції різних об'єктів дає широкий вибір експлуатуючим організаціям і компаніям. Останні 10 років характеризуються в нашій країні динамічним зростанням споживання сучасної теплоізоляції, яка виробляється вітчизняними та іноземними компаніями.

Прикладами сучасної енергозберігаючої ізоляції в промисловості служать різні типи теплоізоляції з використанням полімерних матеріалів - пінополіуретану (ППУ), пінополістиролу (ППС), спінених полімерів різного типу, в тому числі конструкцій з ефектом відображення. Новий рівень за якісними характеристиками досягнутий і у виробництві теплоізоляції на основі мінеральної кам'яної вати.

Теплоізоляційні матеріали - це вироби, що мають низький коефіцієнт теплопровідності, за рахунок чого відтік тепла від ізольованих поверхонь в навколишнє середовище знижується багаторазово.

Застосування якісної теплової ізоляції знижує витрати тепла і енергії, які в нашій країні через низьку забезпеченості теплоізоляцією багаторазово перевищують аналогічні втрати в розвинених країнах Європи, США, Канаді та інших країнах.

Теплоізоляційними називаються будівельні матеріали для теплової ізоляції огорожувальних конструкцій будівель, промислового та енергетичного обладнання й трубопроводів. Ці матеріали повинні мати теплопровідність не вищу ніж  $0,18 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  та середню щільність не більш як  $600 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Для виготовлення теплоізоляційних матеріалів витрата палива в 10...11, а трудомісткість у 20...25 разів нижчі порівняно із взаємозамінюваною за тепловим опором кількістю глиняної цегли, а маса готової продукції майже в 20 разів менша.

Основна технічна характеристика теплоізоляційних матеріалів – це теплопровідність, тобто здатність матеріалу передавати тепло. При цьому величина теплопровідності теплоізоляційних матеріалів залежить від щільності матеріалу, виду, розміру, розташування пір і т.д. Також сильний вплив на теплопровідність надає температура і вологість матеріалу.

Крім цього, важливими додатковими властивостями теплоізоляційних матеріалів є – міцність на стиск, водопоглинання, сорбційна вологість, морозостійкість, паропроникність та вогнестійкість.

Теплоізоляційні матеріали та вироби можна систематизувати за основними ознаками:

По виду вихідної сировини: неорганічні (мінеральна і скляна вата, ніздрюваті бетони, матеріали на основі азбесту, керамічні та ін) і органічні (деревно-волокнисті плити, пінно-і поропласти, торф'яні плити та ін.). Також виготовляються комбіновані матеріали, з використанням органічних і неорганічних компонентів.



За структурою: волокнисті (мінеральна, скляна вата, шерсть тощо), ніздрюваті (ніздрюваті бетони і полімери, пінно-і газокераміка та ін.), зернисті або сипкі (керамічний і шлаковий ґравій, пермзвий і шлаковий пісок та ін.).

За формою: пухкі (вата, перліт, тощо), плоскі (плити, мати, тощо), фасонні (циліндри, полуциліндри, сегменти, тощо), шнурові (шнури з неорганічних волокон: азбестові, мінерального і скляного волокна).

За займистістю (горючістю): вогнетривкі (керамзит, ніздрюваті бетони, тощо), важкоспалимі (цементно-стружкові, ксилоліт) і спаленні (комірчасті пластмаси, торфопліти, очерети і пр.).

За змістом сполучної речовини: що містять речовину (ніздрюваті бетони, фіброліт і т. д.) і не містять речовину (скловата, мінеральне волокно).

Найбільш часто теплоізоляція застосовується в наступних системах:

- теплоізоляція трубопроводів,
- тепловий захист газоходів і повітроводів,
- теплоізоляція труб і фасонних елементів на теплотрасах, теплоізоляція житлових і промислових будівель і споруд,
- захист від проникнення тепла в системи морозильних установок, тепла ізоляція вентиляційних каналів,
- енергетичний захист індустриального обладнання.

Використання теплової ізоляції залежить від типу ізолюваних поверхонь та об'єктів теплоізоляції.

Прикладом першої системи служать криогенні системи і системи штучного промислового холоду (холодильники). Для теплоізоляції другого типу - найчастіше це комунальні системи тепло-і водопостачання - також застосовуються різні теплоізоляційні матеріали.

Технологія виробництва і монтажу теплоізоляційних матеріалів істотно відрізняється. Найбільш часто вживані за формою теплоізоляційні матеріали - це плити, рулони, сегменти, наплення, а також монтаж попередньо ізолюваних систем (труби ППУ ізоляції, сендвіч-панелі і інші (рис 13.1).



Рис 13.1 – Види сучасних теплоізоляційних матеріалів

### 13.2. Енергозберігаючі технології систем опалення, теплопостачання

Кліматичні умови України не дозволяють забезпечити максимально комфортні умови проживання у будинку без використання додаткової енергії для опалення у холодну пору року. Між тим, вартість теплової енергії, незалежно від способу її отримання, досить висока. А це означає, що утеплення будинку є найбільш ефективним способом мінімізувати витрати на опалення.

Як відомо, комфортність проживання людини у приміщенні залежить від багатьох параметрів. Зокрема, велике значення має температура у будинку. У холодну пору року зростає здатність житла максимально зберігати наявне тепло. Витрати тепла у середньому будинку можна розподілити на такі складові (рис 13.2):

- 30-40% тепла йде через стіни;
- 10-15% - через вікна;
- 15-20% - через дах;
- 5-10% - через холодний неутеплений фундамент, сходові клітини та холодні підвали.



Рис 13.2 – Розподіл витрат тепла на складові

За останні роки на будівельному ринку з'явилися десятки нових теплоізоляційних матеріалів, завдяки чому стався значний прорив в першу чергу в сфері енергозбереження. З розвитком нових технологій, сучасні ізоляційні матеріали стали більш ефективними, екологічно безпечними і різноманітними, і відповідають конкретним технічним завданням будівництва – можливість будівництва висотних будівель, зменшення товщини огорожувальних конструкцій, зниження маси будівель, витрат будівельних матеріалів, а також економії паливно-енергетичних ресурсів при забезпеченні в приміщеннях нормального мікроклімату.

Заходи щодо утеплення житла передбачають комплексний підхід. Варто мінімізувати втрати тепла у всіх можливих місцях будинку. Як правило, варто приділити увагу таким моментам:

- утеплення вікон та дверей у будинку;
- утеплення даху будівлі;
- утеплення стелі;
- утеплення стін;
- утеплення підлоги;
- утеплення цоколю та фундаменту.

Для створення в приміщенні комфортного мікроклімату, застосовуються терморегулятори. Вони в змозі автоматично регулювати температуру. Іноді мешканці у своїх квартирах відкривають балкони або кватирки взимку. Пояснюється це тим, що вони не можуть інакше регулювати тепловіддачу радіаторів опалення. Для зниження надмірного тепла в приміщенні їм доводиться відкривати доступ холодного повітря ззовні. Для того щоб не займатися постійно провітрюванням і були створені автоматичні терморегулятори, які встановлюються на опалювальні батареї (рис 13.3).



Рис 13.3 – Терморегулятор

Існує два методи регулювання мікроклімату в приміщеннях — якісний і кількісний. У першому випадку змінюється сама температура води в системі. Робиться це з допомогою змішувального вузла, встановленого в котельні. Кількісний метод передбачає контроль над надходженням теплоносія в батарею. Це і є основна функція терморегулятора для радіатора опалення.

Терморегулятор - це пристрій, що є невід'ємною частиною обігрівальної системи, є запірно-регулюючою арматурою. З її допомогою здійснюється автоматичне регулювання опалювального обладнання, підключення пристрою до обігрівача або радіаторів опалення дозволяє підтримувати температуру на заданому користувачем рівні. Перший кімнатний термоконтролер (термостат) був розроблений в кінці 40-х років минулого століття в Данії.

Механізм приладу складається із двох частин — чутливої теплової головки і клапана. Вони взаємодіють один з одним без участі будь-якої енергії. Термоголовка (сильфон) являє собою порожнистий гофрований циліндр, заповнений газом або рідиною. Якщо в кімнаті підвищилася температура повітря, то рідина в циліндрі розширюється, і сильфон збільшується. Цим приводиться в рух шток, затворяючий клапан. Потік теплоносія в батарею частково перекривається, що дозволяє скорегувати температуру повітря в бік зниження. Якщо стало прохолодно, об'єм робочої середовища в голівці зменшується. Шток встає на місце, клапан відкриває прохід теплоносію. Батарея нагрівається.

Терморегулятори бувають ручні та автоматичні.

Вручну температурний режим регулюється за допомогою ручного терморегулятора. Він недорого коштує, однак має ряд недоліків, які відіграють вирішальну роль при виборі покупців. Найістотніше мінус те, що його доводиться перевіряти самостійно, а від цього захисний ковпачок на ньому часто ламається.

Щоб не повертати регулятор вручну, проводиться установка терморегуляторів на радіатори опалення, які автоматично здійснюють регулювання температурного режиму, причому вони здатні фіксувати навіть зміни температури всього в кілька градусів. Даний прилад схожий принцип - розширення і звуження середовища. При нагріванні прилад висовується і перекриває теплоносію можливість вільно текти через радіатор, а при охолодженні - втягується, дозволяючи гарячої рідини вільно протікати по трубі.

При розробці інвестиційних програм з енергозбереження та підвищення енергоефективності систем тепlopостачання необхідно орієнтуватися на конкурентоспроможні системи з використанням всього арсеналу відомих передових інноваційних технологій.

Такі технології являють собою системи, в яких усуваються або зводяться до мінімуму проміжні зв'язки між джерелом тепла і споживачем:

- на джерелах встановлено нове енергоефективне, екологічно чисте обладнання та автоматизовані системи контролю якості;
- використання сучасного енергозберігаючого обладнання;
- диспетчерське управління дозволяє забезпечити баланс виробленого і спожитого тепла і мінімізувати технологічні і трансмісійні втрати, підвищити економічну зацікавленість споживача в енергозбереженні.

Використання пінополіуретану для теплової ізоляції труб дозволяє автоматизувати цей процес і виконувати його в заводських умовах.

Пінополіуретаном (ППУ) називається продукт хімічної реакції полімеризації, між ізоціанатом і поліолів. В процесі їх взаємодії проводиться пропускання через реакційну масу газу, що володіє низьким коефіцієнтом теплопровідності (фторхлорметани). В результаті зовнішній вигляд ППУ представляє собою пористу структуру, внутрішні пори якої замкнуті і заповнені газом. Саме така пориста структура і забезпечила пінополіуретану ефективність використання в якості теплоізоляції труб.

Попередньоізольовані труби забезпечують:

- експлуатаційну довговічність в кілька десятків років, навіть при впливі агресивних зовнішніх факторів (наприклад, ґрунтових вод при підземному прокладанні, або температурних і вологісних коливань – при наземної),
- зниження витрат на ремонт і обслуговування,
- скорочення теплових втрат при транспортуванні матеріалу (на порядок, в порівнянні з традиційними утеплювачами),
- простоту монтажу трубопроводів (не потрібно спеціальне обладнання і обслуговуючий його персонал).

Однак всі переваги попередньої теплоізоляції труб гарантуються лише при ретельному дотриманні наступних вимог:

- при придбанні труб необхідно контролювати їх якість,
- при навантаженні і транспортуванні використовувати спеціальні пристосування,
- на об'єкті будівництва контролювати розвантаження,
- зберігати труби з ППУ-ізоляцією в сухому, темному і негарячому місці,
- запобігти механічне пошкодження оболонки та інших конструктивних елементів при виконанні попередніх робіт.

Теплова ізоляція влаштовується на трубопроводах, арматурі, фланцевих з'єднаннях, компенсаторах та опорах для наступних цілей (рис 13.4):

- зменшення втрат тепла при його транспортуванні, що знижує встановлену потужність джерела тепла та витрату палива;
- зменшення падіння температури теплоносія, що подається до споживачів, це знижує необхідну витрату теплоносія та підвищує якість тепlopостачання;

- зниження температури на поверхні теплопроводу і повітря в місцях обслуговування (камерах, каналах), це усуває небезпеку опіків і полегшує обслуговування теплопроводів.



Рис 13.4 - Труби теплопостачання з тепловою ізоляцією з пінополіуретану

Основні вимоги до теплоізоляційних конструкцій систем теплопостачання полягають у наступному:

- низька теплопровідність як у сухому стані, так і у стані природної вологості;
- мале водопоглинання та невелика висота капілярного підйому рідкої вологи;
- мала корозійна активність;
- високий електричний опір;
- лужна реакція середовища ( $\text{pH} > 8,5$ );
- достатня механічна міцність.

Не допускається використовувати матеріали, схильні до горіння і гниття, а також речовини, що містять речовини, здатні виділяти кислоти, міцні луки, шкідливі гази і сірку.

Найбільш важкі умови для роботи теплопроводів виникають при підземній каналній і особливо безканалній прокладці внаслідок зволоження теплової ізоляції ґрунтовими та поверхневими водами і наявності у ґрунті блукаючих струмів. У зв'язку з цим до найважливіших вимог теплоізоляційних матеріалів відносяться мале водопоглинання, високий електроопір, а при безканалній прокладці висока механічна міцність.

Сучасні світові тенденції такі, що виробники котельних установок є одними з лідерів з інновацій в енергетиці. Ця галузь за останні роки зробила великий крок вперед в плані розвитку технологій виробництва промислових котлів.

До іноваційних напрямків енергозбереження в котельнях відносять:

- економія теплової енергії за рахунок глибокої утилізації тепла вологих газів;
- переведення парових котлів у водогрійний режим;
- раціональний розподіл навантаження між декількома котлами, які працюють одночасно;
- редукування пари з одночасним виробленням електричної енергії;
- використання теплової енергії безперервного продування котлів.

Питання до самотійної роботи

1. Привабливість сучасної теплової ізоляції. Її характеристика.
2. Інноваційні технології в системах опалення
3. Охарактеризуйте інноваційні технології в системах теплопостачання

## ЛЕКЦІЯ 14. ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ

### 14.1. Поняття термомодернізації

### 14.2. Поліпшення енергоефективності будівлі

### 14.3 Джерела термомодернізації будівлі

#### 14.1. Поняття термомодернізації

Заходи з підвищення енергоефективності бюджетних установ є одним із напрямків діяльності держави для досягнення енергетичної незалежності України.

Термомодернізація будівель – один з важливих напрямків роботи з енергоефективності, який вже частково подолали близькі до нашої держави країни Східної Європи. Це гарантує зниження енергоспоживання і підвищення комфорту. В Україні підготовлено відповідні нормативні документи для проведення такої роботи, реалізовано пілотні проекти, а, крім того, низка банків вже почали видавати кредити на ці цілі.

Відповідальними за здійснення термомодернізації в Україні є: Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства, а також Держенергоефективність. При цих органах створені відповідні робочі групи та технічні комітети для розробки нормативно-правових актів.

Сенс термомодернізації багатоповерхового чи приватного малоповерхового будинку полягає у застосуванні енергоефективних заходів, які дають значне скорочення енергоспоживання. В результаті, при неминучому підвищенні вартості енергоносіїв, плата за комунальні послуги зменшується, а їхня якість покращується. Реалізують термомодернізацію шляхом додаткового утеплення будівлі із обов'язковою модернізацією системи опалення. Утеплення будівлі без модернізації системи опалення часто не дає позитивного результату в економії енергії, і навіть призводить до негативного результату – збільшення енергоспоживання. При термомодернізації модернізують також системи гарячого водопостачання та освітлення.

Термомодернізація потребує фінансових витрат. Але при повному виявленні всіх проблем будівлі та виборі правильного способу їх усунення термомодернізація призводить до зменшення плати за комунальні послуги, і ця економія значно перекриває початкові фінансові витрати

Велике споживання теплової енергії також певною мірою викликане відсутністю її обліку для кожного споживача (квартири/користувача), що не стимулює індивідуальне економне споживання тепла. Індивідуальний облік споживання тепла, в свою чергу, вимагає надання користувачеві можливості індивідуального регулювання кожного опалювального приладу (застосування автоматичних терморегуляторів на радіаторах), тобто можливості впливу на зниження споживання теплової енергії. Це вже давно реалізовано в енергоємних приладах - холодильниках, електрочайниках, духових шафах, електронагрівальних приладах і т.д. Всі вони мають терморегулятори, які автоматично не дозволяють їм перевитрачати енергію. Опалювальні прилади старих систем такої можливості не мають.

У всіх будівлях, побудованих за старими будівельними нормами (введені в експлуатацію до 1993 року), а також в значній кількості будівель, введених в експлуатацію пізніше, необхідна термомодернізація для зниження витрат на оплату комунальних послуг.

#### 14.2. Поліпшення енергоефективності будівлі

Термомодернізація включає в себе реалізацію заходів, що знижують енергоспоживання і зменшують оплату комунальних послуг:

- утеплення стін, даху, комбінованого покриття і стелі над неопалюваним підвалом і підлогою на землі;
- заміна або ремонт вікон і зовнішніх дверей;
- модернізація теплового пункту з централізованим теплопостачанням з установкою сучасних засобів автоматичного регулювання;
- модернізація або заміна системи опалення;
- модернізація або заміна системи гарячого водопостачання з використанням водозабірної обладнання, що зменшує витрату води;
- модернізація вентиляційної системи;
- заміна індивідуального джерела теплопостачання на сучасне, особливо таке, що використовує енергію відновлюваних ресурсів, наприклад, сонячний колектор, тепловий насос тощо.

У деяких випадках можливе цільове використання енергії з відновлюваних джерел.

Будинки і громадські будівлі в переважній більшості обладнуються центральними системами водяного опалення - однотрубними, з нижньою або верхньою розводкою в тепловому пункті. Найчастіше такі будівлі підключають до теплової мережі. Існуючі системи опалення старих будівель мають ряд конструктивних недоліків, які спочатку не дозволяють економити теплову енергію і забезпечують тепловий комфорт в приміщеннях протягом усього опалювального періоду.

Системи центрального опалення виготовляються зі сталевих труб, які вичерпали свій термін служби - близько 25 років. Тому в будівлях, побудованих до 80-х років, рекомендується перевірити стан трубопроводів і при необхідності замінити їх. При цьому в найбільш поширених системах опалення - з нижньою розводкою (II-подібної) - рекомендується змінити схему підключення системи опалення: або на T-образну, або з верхньою розводкою при наявності мансарди або технічного поверху, або на двотрубну. Застарілі опалювальні прилади - конвектори і сталеві штамповані радіатори рекомендується замінити на сучасні. Чавунні радіатори ще можуть служити після заміни прокладок між секціями в них і позитивного результату тесту на тиск.

Основні заходи модернізації системи опалення (рис. 14.1-14.6) :

а) встановлення автоматичних терморегуляторів на кожному радіаторі. Ці пристрої знижують споживання теплової енергії системою опалення за рахунок внутрішніх припливів тепла в приміщення, автоматично підтримуючи комфортну температуру повітря, задану користувачем. Терморегулятор реагує на подачу тепла від електроприборів і зменшує кількість теплоносія в опалювальному приладі, знижуючи його потужність. З 1999 року використання автоматичних терморегуляторів в Україні є обов'язковим;

б) установка автоматичних балансувальних клапанів на стояках з обмеженням температури теплоносія. Більшість жителів змінили опалювальні прилади, повністю розбалансували систему - в одних квартирах тепло, в інших - холодно. Особливо незбалансовані системи в будинках, де частково перейшли на квартирне опалення газовими котлами. Автоматичні балансувальні клапани виправляють цю ситуацію рівномірним розподілом теплоносія по всіх стояках системи. Обмеження температури теплоносія, що виходить, на цих клапанах дозволяє не виділяти тепло в неопалювані підвали і не перегрівати будівлю, особливо навесні. З 1999 року в Україні використання автоматичних балансувальних клапанів на стояках системи є обов'язковим;

в) заміна елеватора в тепловому пункті будівлі насосом і регулятором теплової витрати для погодних умов з регулятором диференціального тиску. Така заміна забезпечує споживання рівно стільки теплової енергії від теплової мережі, скільки необхідно при конкретній температурі зовнішнього повітря. В Україні з 1999 року використання автоматичних регуляторів теплового потоку для погодних умов є обов'язковим.

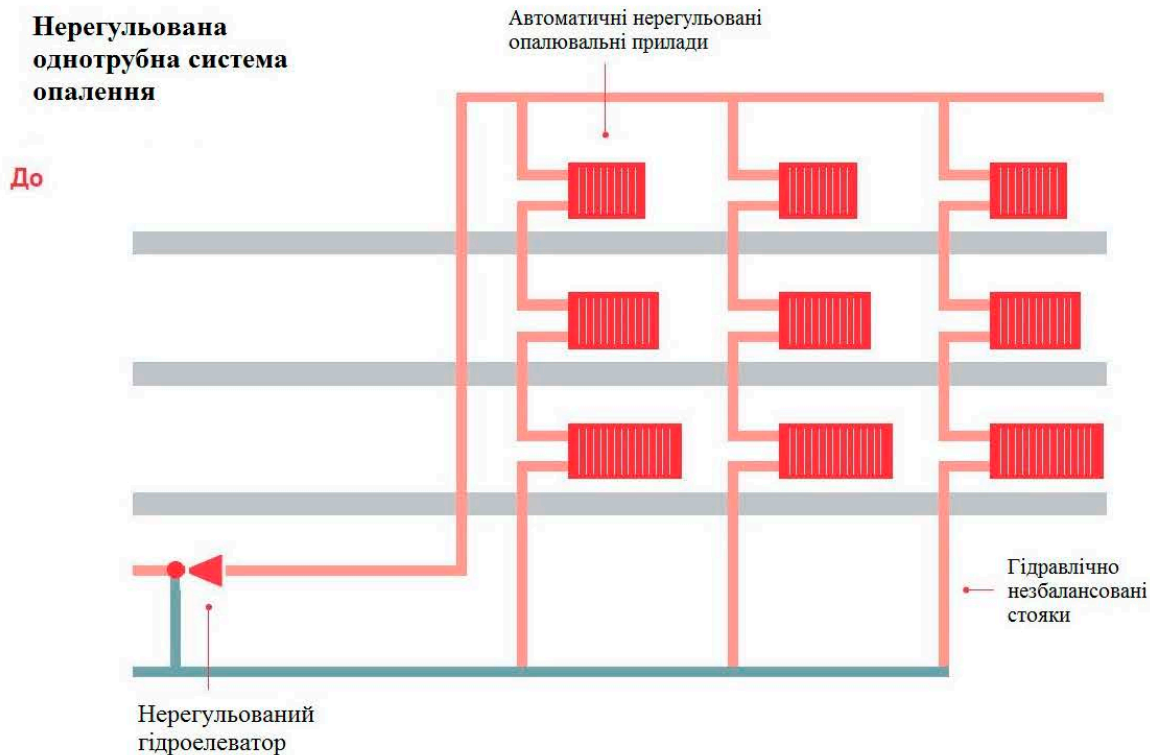


Рис 14. 1 – Нерегульована однотрубна система водяного опалення до модернізації

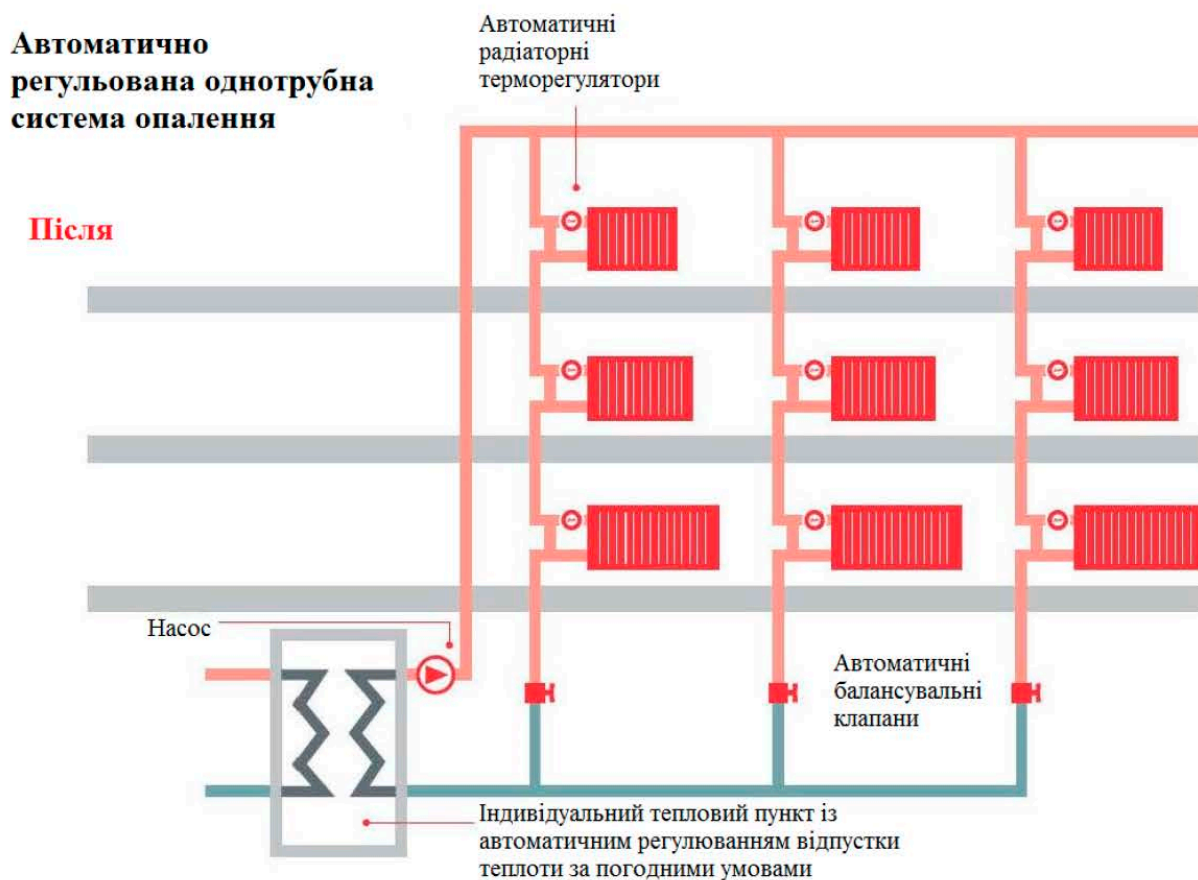


Рис 14.2 – Однотрубна система водяного опалення після модернізації



**Нерегульована  
однотрубна П-подібна  
система опалення**

**До**

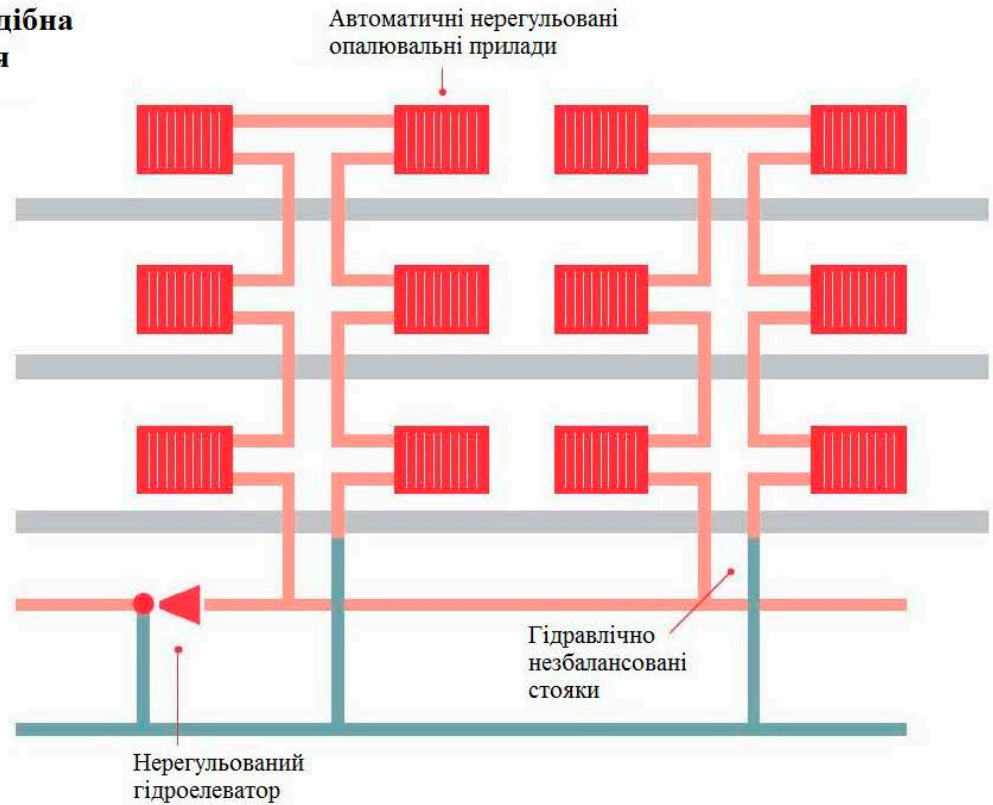


Рис 14.3 – Однотрубна система «П» подібна водяного опалення до модернізації

**Автоматично регульована  
однотрубна П-подібна  
система**

**Після**

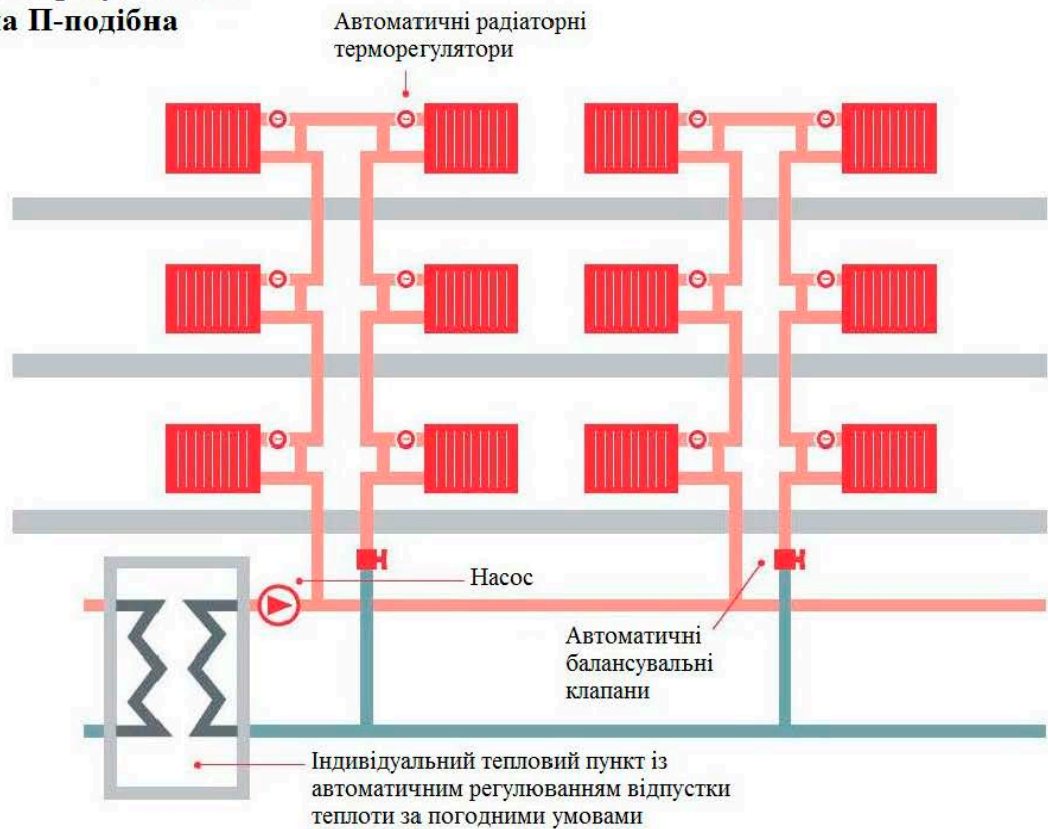


Рис 14.4 – Однотрубна система «П» подібна водяного опалення після модернізації

## Нерегульована двотрубна система опалення

До

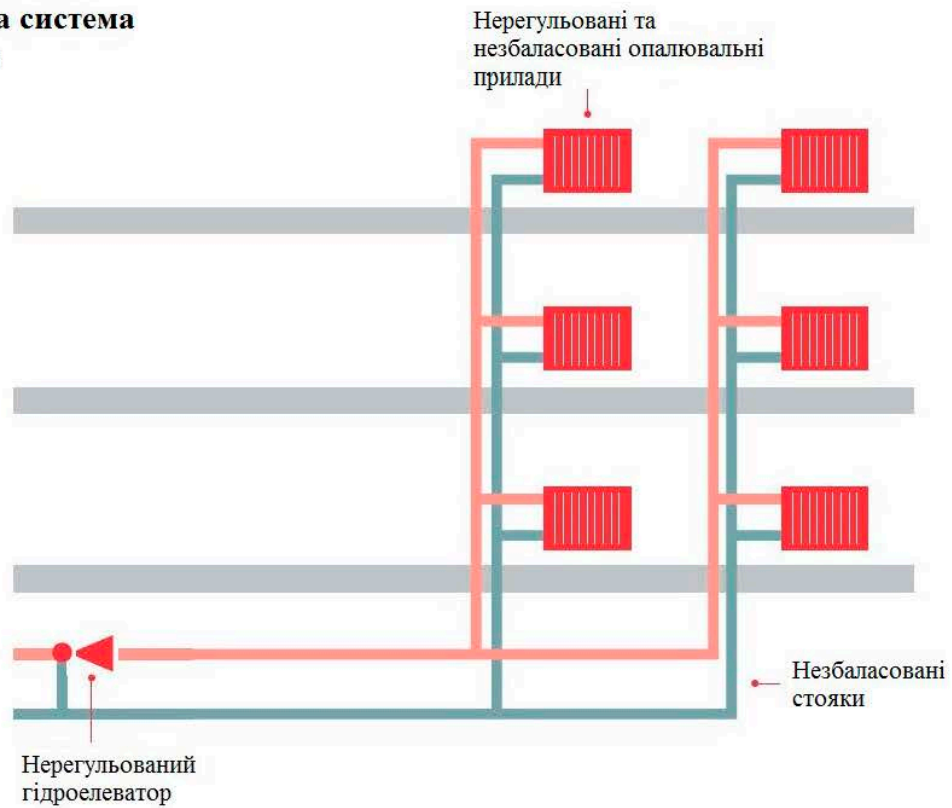


Рис 14.5 – Двотрубна система подібна водяного опалення до модернізації

## Автоматично регульована двотрубна система опалення

Після

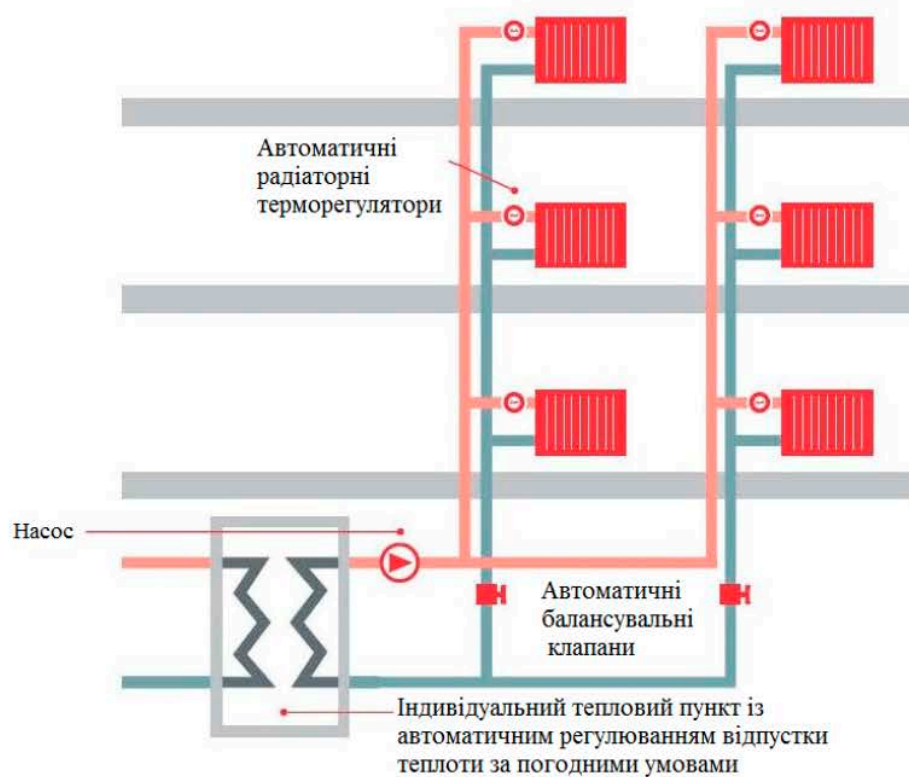


Рис 14.6 – Двотрубна система подібна водяного опалення п модернізації

### 14.3 Джерела термомодернізації будівлі

Держава не має коштів для 100% фінансування термомодернізації житлового фонду і не повинна повністю фінансувати приватну власність. Його завдання - допомогти власнику, і залучити інвесторів до процесу термомодернізації.

Як показує світовий досвід, найбільш ефективним і доступним варіантом залучення коштів є співфінансування держави і ОСББ або ЖКГ.

Рішення про проведення термомодернізації багатоквартирного будинку приймається виключно власниками квартир (співвласниками) на загальних зборах ОСББ.

Перелік доступних джерел фінансування проектів термомодернізації досить широкий (рис. 14.7).

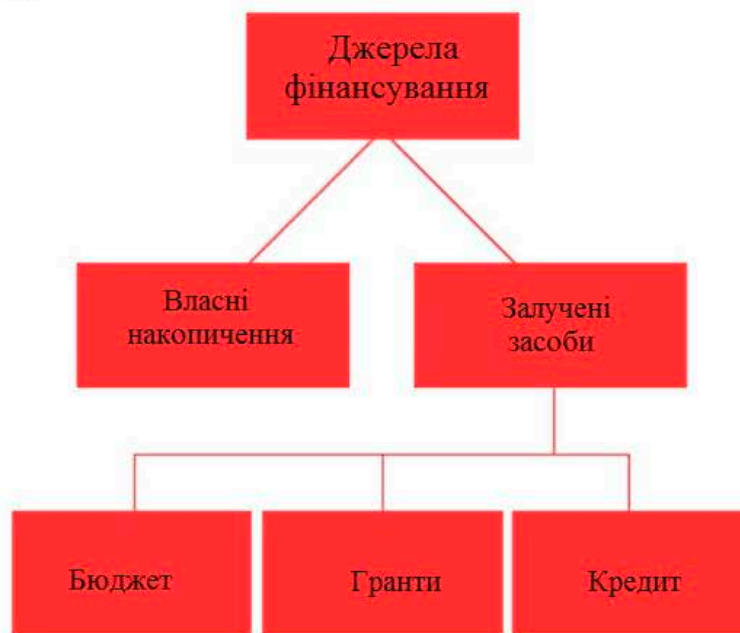


Рис 14.7 – Джерела фінансування термомодернізації будинку

Прийнято вважати, що при проведенні масштабних ремонтних робіт, в тому числі термомодернізації, найвигідніше використовувати виключно власні кошти.

Сьогодні в Україні за гроші донорських організацій реалізуються так звані демонстраційні або пілотні проекти з термомодернізації будинків. Водночас слід зазначити, що грантодавці встановлюють досить жорсткі умови відбору реципієнтів для таких проектів. Однією з умов часто є обов'язкове співфінансування, тобто внесок власних коштів на реалізацію проекту в розмірі 20-50% від вартості проекту.

Переваги використання кредиту для фінансування модернізації:

- немає необхідності накопичувати повну вартість проекту;
- реалізація проекту можлива відразу після прийняття рішення про модернізацію та отримання кредиту;
- комфортні умови проживання відразу після реалізації проекту;
- зниження споживання теплової енергії;
- отримання економії на оплаті теплової енергії;
- платежі по кредиту розтягнуті в часі.

Питання до самостійної роботи

1. Пояснити необхідність проведення термомодернізації
2. Сучасні методи поліпшення енергоефективності будівлі
3. Існуючі джерела фінансування заходів з термомодернізації

## ЛЕКЦІЯ 15. СУЧАСНІ СИСТЕМИ «РОЗУМНА БУДІВЛЯ», «РОЗУМНЕ МІСТО»

### 15.1 Загальна характеристика розумної будівлі

### 15.2 Принцип дії системи «Розумна будівля»

### 15.3 Інноваційна система «Розумне місто»

#### 15.1 Загальна характеристика розумної будівлі

Протягом тисячоліть людина намагалася створити максимально комфортні умови для проживання. Під розумним будинком розуміється комплекс рішень, що дають змогу автоматизувати повсякденні дії, позбавляючи власника від рутини. Причому це скоріше не набір пристроїв, якими можна «командувати» віддалено, а єдина система керування ними. Вона забезпечує конкретні переваги користувачеві, в тому числі наочність контролю, зручність, економію сил і часу.

Розумний будинок (*smart home*, також *home automation*) — система домашніх пристроїв, здатних виконувати дії і певні завдання без участі людини. Це високотехнологічна система, яка може об'єднати всі комунікації дому, і керувати ними одним натисканням кнопки. Освітлення, опалення, сигналізація, відеонагляд –далеко не всі системи, якими можна керувати з допомогою «розумного будинку».

Основні функції розумного будинку (рис 15.1):

- Підвищення комфорту. Домашня автоматизація дає змогу людині витратити менше сил і часу на різні рутинні дії. З її допомогою в будинку буде світло ввечері, прохолодно влітку і тепло взимку, в потрібний час включиться улюблена музика, і все це без зусиль користувача.
- Забезпечення безпеки. Розумний будинок дає змогу захиститися або мінімізувати від загоплень, витоків газу, загорянь, дій хуліганів і злодіїв.
- Економія та енергозбереження. Продумана система сприяє зниженню як потенційних витрат у зв'язку з аварійними та іншими форс-мажорними ситуаціями (оплата ремонту загопленим сусідам, купівля нової техніки на заміну вкраденої), так і реальних рахунків на електроенергію, газ та інші ресурси, оскільки основні їх споживачі не будуть працювати вхолосту.

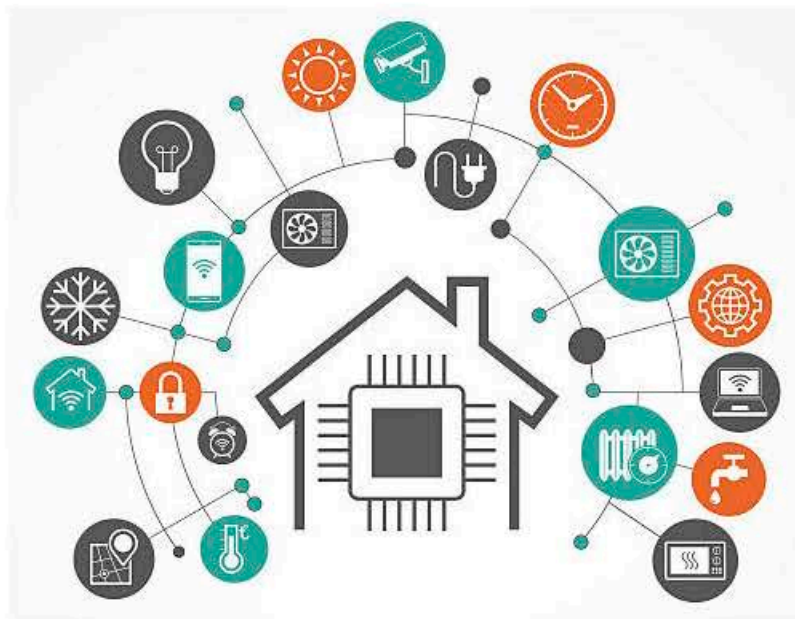


Рис 15.1 – Образ розумного будинку

Система «Розумний будинок» здатна підлаштовуватися під звички своїх власників і таким чином «підключатися» про них.

Наприклад, після того, як всі заснули, система самостійно вимкне світло у всьому будинку, а також вимкне непотрібні розетки, а тепла підлога і система клімат-контролю перейдуть в режим економії.

Отже, розумний будинок - це сукупність наступних систем, об'єднаних в єдину систему управління будівлею:

- система електропостачання будівлі;
- система освітлення;
- система опалення, вентиляції та кондиціонування;
- системи управління і зв'язку;
- система безпеки та моніторингу.

Історія «Розумного будинку» почалася в середині ХХ століття. Уже тоді багаті американці замислювалися про те, як зробити своє життя комфортніше. Основна ідея тоді полягала в наступному: передавати по одному кабелю відразу кілька видів інформації. Однак при таких темпах розвитку технологій, як це було на той момент, тодішній «Розумний будинок» вже вважався застарілим, зведення будівлі ледь завершилося. Справа в тому, що кабельна система не могла встигати за розвитком комп'ютерної системи, телефону, а також системи безпеки.

До початку 70-х років термін з'явився «Smart Home» - «Розумний будинок». На розробку «Розумного будинку» було витрачено чимало коштів, адже проект виглядав дуже і дуже вигідно.

1978 рік можна вважати роком народження сучасного «Розумного будинку», так як історія «Розумного будинку», яким ми його знаємо сьогодні (з «розумною» побутовою технікою, з різними системами освітлення, безпеки, опалення ...) почалася саме в тому році. Тоді була запущена ідея управління різними системами і датчиками через електропроводку будинку.

Технологія «Розумний будинок» стала інтенсивніше впроваджуватися тільки в 2000-х роках, у зв'язку з активним розвитком комп'ютерних технологій і телекомунікацій.

Це рішення було зручним та інноваційним і швидко припало до душі заможнішим людям - системи безпеки, відеоспостереження, контролю освітлення, кліматична, аудіо- та відеоапаратура швидко стали незамінним атрибутом «хорошого життя» та показником статусу власника приватного «Розумного» будинку».

## **15.2 Принцип дії системи «Розумна будівля»**

Система «Розумного будинку», як правило, передбачає наявність трьох типів пристроїв:

- хаб— пристрій, що об'єднує всі елементи розумного будинку в єдине ціле і дає змогу віддалено управляти роботою системи, в тому числі в будь-якій точці світу через Інтернет;
- датчики і сенсори - компоненти надають екосистемі інформацію про зовнішні умови, в тому числі температуру повітря, наявність руху або дим, рівні освітлення, герметичному закритті вікон і дверей;
- виконавчі пристрої - найчисленніша група приладів, яка відповідальна за виконання різних команд і здійснює керування конкретними домашніми приладами; до них відносяться розумні розетки, вимикачі та диммери, клапани для труб, різні реле, клімат-контролери та інше.

До додаткових компонентів відносяться пристрої зворотного зв'язку (універсальні кнопки, пульти ДУ, сенсорні панелі і т.д.), хоча завдяки підтримці голосового керування деякі екосистеми можуть взагалі обходитися без них.

В системі кожен вузол має свій інтелект, який спілкується в загальну керовану мережу і обмінюється інформацією один з одним. А управління всіма підсистемами і побутовою технікою, які є в будинку, здійснюється за допомогою пульта дистанційного керування, комп'ютера або телефону. Екран панелі відображає всі пристрої, підключені до системи «Розумний будинок», управляти якими можна одним дотиком екрану. Навіть є можливість створити власні скрипти для будинку, кожен з яких буде включений одним натисканням кнопки (рис. 15.2).



Рис 15.2– Способи управління системою «Розумний будинок»

Сучасна техніка розумного будинку передбачена не тільки для будинків і заміських котеджів. При бажанні таку систему легко можна встановити в звичайній міській квартирі, за бажанням замовника. Вартість залежить від побажань і функцій, які буде виконувати система.

Наприклад, центральний контролер отримує інформацію про роботу всіх приладів і систем в будинку за допомогою спеціальних датчиків. Наприклад, датчики системи освітлення передають інформацію про рівень природного освітлення в конкретний момент часу. Контролер визначає, чи є цей рівень достатнім. Якщо немає, то автоматично включається певну кількість освітлювальних приладів. При цьому, система визначає, чи є люди в конкретних приміщеннях. І включає додаткове освітлення тільки в разі їх присутності

Приблизно таким же чином працює і система опалення та вентиляції.

### 15.3 Інноваційна система «Розумне місто»

Розумне місто (*Smart city*)- це забезпечення сучасної якості життя за рахунок застосування інноваційних технологій, які передбачають економічне і екологічне використання міських систем життєдіяльності.

Це нові стандарти життя на базі новітніх технологій, безпечне міське середовище, забезпечення ефективного управління міськими ресурсами і постійне зростання рівня життя мешканців.

Дана концепція передбачає інтеграцію інформаційних та комунікаційних технологій, включно з IoT (Інтернетом речей), з метою ефективного управління інфраструктурою міста (транспорт, безпека, медицина, комунальна система, і ін). Мета - підвищити якість життя мешканців міст та знизити витрати робочих процесів, використовуючи сучасні технології для задоволення потреб городян.

Сьогодні чимало мегаполісів перенаселені. В цих умовах не завжди вдається ефективно справлятися з такими завданнями як забезпечення безпеки, прибирання сміття, ефективне використання комунальних ресурсів та ін. Тому в містах все частіше впроваджують інформаційні системи - вони забезпечують збір і передачу даних представникам управління, дозволяють налагодити зворотній зв'язок між громадянами і адміністрацією. Джерелами для отримання цих даних можуть слугувати різноманітні датчики, сенсори, відеокамери і т. д.

Для підвищення ефективності роботи транспортної розв'язки, системи охорони здоров'я, промисловості та інших сфер, а також для забезпечення безпеки в місті можуть використовуватися різні інструменти збору даних:

- відеоспостереження;
- фотофіксація;
- єдина система екстреного виклику;
- інтернет (IoT) (концепція інтернету передбачає збір і аналіз даних для подальшого підвищення якості життя);
- біометрія;
- інтелектуальні транспортні системи тощо.

Система може включати в себе такі компоненти:

- Розумне міське середовище. Застосування інтелектуальних засобів відеоспостереження й фотофіксації, датчиків освітлення, безкоштовних точок Wi-Fi по місту та ін.
- Розумний транспорт. Використання інтелектуальних транспортних систем, електронних систем оплати за проїзд, розумних парковок, сервісів каршерінгу тощо.
- Розумний будинок. Інтегрована автоматизація, дистанційне керування будинком/квартирою, розумні прилади, енергоефективне проектування будівлі, застосування датчиків температури та вологості, датчиків відкриття/закриття дверей та ін.
- Розумні вода, газ, електроенергія. Використання розумних лічильників споживання електрики, води, газу, датчиків виявлення витікання, інноваційних методів очищення та ін.

#### Питання до самостійної роботи

1. Історія розвитку системи «Розумний будинок»
2. Пояснити функції розумного будинку
3. Охарактеризувати інноваційну систему «Розумне місто»

## ЛІТЕРАТУРА

1. Аналіз ефективності інвестиційної та інноваційної діяльності підприємства: Учеб. посібник по економ. спец. / Е.І. Крилов, В.М. Власова, І.В. Журавкова - 2-е изд., Перераб. і доп. - М.: Фінанси і статистика, 2003. - 608 с
2. Бондаренко Г. В. Енергетична безпека як визначальна складова економічної незалежності України / Г. В. Бондаренко, В. О. Щерба // Вісник Черкаського університету. – 2009. – Вип. 152. – Серія ек. науки. – С. 98-108.
3. Будівельне матеріалознавство: Навчальний посібник//Т.М.Пащенко, З.І.Світла– К.: Аграрна освіта, 2009. –434 с.
4. Будівельне матеріалознавство: Навчальний посібник//Т.М.Пащенко, З.І.Світла– К.: Аграрна освіта, 2013. –330 с
5. Буднікевич І.М. Становлення регіонального ринку інновацій в Україні / Буднікевич І.М., Школа І.М. – Чернівці: Зелена Буковина, 2002. – 200 с.
6. Використання відновлювальних джерел енергії : Навч. посібник / В.Р. Нікульшин , В.В. Височин –О.: Наука і техніка, 2006.- 244 с
7. Державна цільова економічна програма енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2015 рр.: Постанова Кабінету Міністрів України від 1.03.2010 р. № 243 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF/page> .
8. Екологічна безпека джерел енергії. Від традиційних до сучасних і перспективних : навч. посібник / І.А. Вінклер, Я.Ю. Тевтуль – Л.: Новий світ – 2012 -277 с
9. Енергетична безпека країни: умови збереження та шляхи досягнення (інноваційний чинник) / За ред. О.В.Ткача, Олексюка В.М.: Монографія. - Івано-Франківськ: Вид-во ПП Корольчук В.Ф., 2016. – 189 с.
10. Енергетична стратегія України на період до 2030 року із змінами і доповненнями, внесеними розпорядженням Міністерства палива та енергетики України від 26 березня 2008 року [Електронний ресурс]. - [http:// search.ligazakon.ua/ 1\\_doc\\_2.nsf / link 1 /FIN3853Z.html](http://search.ligazakon.ua/1_doc_2.nsf/link1/FIN3853Z.html) – 129с.[http://search.ligazakon.ua/1\\_doc2.nsf/link1/fin38530.LHT](http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/fin38530.LHT) - +2006.03.15
11. Енергоактивні будівлі / Н. П. Селіванов, А. І. Мелуа, С. В. Зоколей та ін; Під ред. Е. В. Сарнацький і Н. П. Селіванова. - М.: Стройиздат, 1988. - 376 с.
12. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування /А.Максимов, І.Вахович, Т.Гутніченко, П.Бабічева, Н.Вакуленко, Н.Ігольнікова, Т.Цифра, О.Молодід, О.Молодід, О.Беленкова, Ю.Ячменьова, Ю.Дорошук, А.Скрипник, А.Ваколюк, В.Бойко, М.Сегедій, Д.Вахович/ Асоціація міст України – К., ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ»»,2015. –184 с.
13. Інноваційні форми регіонального розвитку: навчальний посібник для вузів /Д.М.Стеченко. – Київ : Вища школа, 2002 . – 254 с.
14. Каталог інноваційних пропозицій в галузі енергозбереження Під ред.. Уляна Коваль, Іван Кульчицький . -Львів,ЛьЦНТЕІ, 2008.- 108 с.
15. Князева О.А. Оцінка ефекту від впровадження інноваційних проектів підприємства зв'язку на мікро- та макроекономічному рівнях / О.А. Князева, А.Д. Петрашевська, М.А. Дем'янчук//Економічний вісник університете – 2013. – Вип. 20(1). С. 16-19
16. Коваленко Н.А. Система экономических эффектов от использования ветроэнергетических установок. Экономика и управление №4-5, 2005, с 91-94
17. Краус, Катерина Миколаївна и Краус, Наталія Миколаївна и Голобородько, Олександр Петрович (2019) Інституціоналізація інноваційної складової сфери енергозбереження на засадах цифровізації In: Building innovations – 2019, 23-24 травня 2019 р., Полтавський національний технічний університет.



18. Кудря С.О., Головка В.М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії – Київ: , 2009. – 201с
19. Магамедова М.А. Сутність інноваційно-інвестиційного розвитку підприємств малої енергетики / М.А. Магамедова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: Зб. наук. праць. – Харків: НТУ«ХПІ». – 2009. - №36-2.-С.76-81
20. Магамедова М. Активізація інноваційно-інвестиційних процесів енергозбереження на підприємствах центрального теплопостачання. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук . Харків 2011, 23 с
21. Максимов А.С. Підвищення енергоефективності об'єктів ЖКГ: Монографія/ Максимов А.С., Вахович І.В., Бойко В.О. та інші – К.: ЦК «Компринт». – 2015.
22. Матвійчук О. Підвищення частки нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі країни – важливий фактор зниження антропогенного впливу на навколишнє середовище (законодавчі аспекти) / О. Матвійчук // Юридична Україна. – 2009. – №11. – с. 77-83.
23. Методичні вказівки по виконанню контрольної роботи з дисципліни «Інноваційні технології місцевого розвитку» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти по спеціальності – 281 публічне управління та адміністрування./ Укл: Лужанська Г.В. , Одеса, Національний університет «Одеська політехніка», 2022- 23 с.
24. Методичні вказівки по виконанню розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Інноваційні технології та джерела місцевого розвитку» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти по спеціальності – 281 публічне управління та адміністрування, за освітньою програмою – публічне управління та адміністрування/Укл: Лужанська Г.В. , Одеса, ОНПУ, 2021- 16 с.
25. Мунтіян В. І. Економічна безпека України: монографія /В. І. Мунтіян. – К.: КВІЦ. – 1999. – 464с.
26. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі : навч. посібник / Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа, Я.М. Гнатишин – Л.: Магнолія, 2008-188 с
27. Нікітін Є.Є. Економічні оцінки енергозберігаючих заходів // Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітико-довідкові матеріали в 2-х томах: Загальні засади енергозбереження / За ред. Жовтянського В.А, Кулика М.М., Стогнія Б.С. – К.: Академперіодика, 2006. –Т.1. – 510с.
28. Олексюк В.М. Енергетичні інновації як фактор досягнення енергетичної незалежності економіки України / В.М. Олексюк // Електронне наукове видання Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету : Ефективна економіка. – Дніпропетровськ, 2014. - № 3. – Режим доступу до журналу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=2886&p=1> .
29. Олексюк В.М. Механізми реалізації ефективної енергетическої політики в Україні / В.М. Олексюк // International Scientific Journal Progress. – Тбіліси, 2014. – № 3-4. – С. 75-79.
30. Олексюк В.М. Напрями інноваційного оновлення енергетичної сфери / В.М.Олексюк // Aktualne naukowe badania. Od teorii do praktuku: Zbiór raportów naukowych, 30.03.2014 – 31.03.2014. - Białostok, 2014. Część 2. – С. 48-52.
31. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 176 с.
32. Про інноваційну діяльність [Електронний ресурс]: закон України від 04.07.2002 № 40-IV – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/40-15>.
33. Проектування теплової ізоляції обладнання і трубопроводів : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / І. О. Мікульонок. – 2-ге вид., випр. і допов. – К. : НТУУ «КПІ», 2013. – 188 с.: іл. – Бібліогр.: с. 185.
34. Розрахунок основних елементів системи сонячного гарячого водопостачання [Текст]: метод. рек. до викон. домашньої контрольної роботи для студ. напряму пі-

- дготовки «Теплоенергетика» /Уклад: В.В.Дубровська, В.І Шкляр, Т.Н. Ковтанюк – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 28 с.
35. Системи енергопостачання промислових підприємств : навч. посібник / С.С. Титар .- О. : АО Бахва, 2002.- 356 с
  36. Соловей О. І. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії: навч. посібник / О. І. Соловей, Ю. Г. Лега, В. П. Розен [та ін.]; за заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 483с. с.349
  37. Стратегія інноваційного розвитку України на 2010–2020 роки в умовах глобалізаційних викликів / Авт.-упоряд.: Г. О. Андрощук, І. Б. Жилиєв, Б. Г. Чижевський, М. М. Шевченко. – К: Парламентське вид-во, 2009. – 632 с.
  38. Сучасні системи гарячого водопостачання / Владислав Шафлік - Київ: Такі справи 2010 -316 с.
  39. Теплові насоси та кондиціонери : навч. посіб. / В.Р. Нікульшин, В.В. Височин– О.: Медія Арт, 2014. – 181 с
  40. Термомодернізація жилого дома. ООО с ИИ «Данфосс ТОВ»-40 с.
  41. Управління інноваційним розвитком : проблеми, концепції, методи : навч. посібник для ВНЗ / С. М. Ілляшенко –Суми: Університетська книга, 2003 -288 с
  42. <http://teplodim.info/uk/useful-articles/kakoi-vid-uteplenija-maksimalno-effektivnen>
  43. <http://www.olefini.com.ua/ua/principle-of-operation.html>
  44. <https://aerostar.ua/ua/news/novosti/rekuperatori-povna-klasifikacija.html>
  45. <https://aw-therm.com.ua/termomodernizaciya-cho-imenno-i-za-kakie-sredstva>
  46. <https://bankchart.com.ua/money/comfort/statti/rekuperatsiya-tepla-pidvischennya-energ-oefektivnosti-v-kvartiri>
  47. <https://blokbud.lviv.ua/teploizoljatsijni-materialu/>
  48. <https://comfortsellers.com.ua/teplovi-zavisy-typy-pryznachennya-ta-pryntsyp-roboty/>
  49. <https://deps.ua/ua/knowegable-base/reference-information/67697.html>
  50. <https://ek.ua/ua/post/1990/618-cho-takoe-umnyy-dom-funkcii-vidy-sostavlyayuschie-i-ekosistemy/>
  51. <https://ekonomteplo.com.ua/rekuperatori-povitrja/>
  52. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34828/1/Vakulenko\\_bakalavr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34828/1/Vakulenko_bakalavr.pdf)
  53. <https://horodom.cx.ua/481-termoreguljator-dlja-radiatora-opalennja-u.html>
  54. <https://inhabitat.com/tower-of-power-is-a-wind-energy-generating-skyscraper-for-taiwan/tower-of-power-nl-architects-4/>
  55. <https://iqvent.com.ua/blog/pryplyvno-vytyazhna-ventylyatsiya-z-rekuperatorom-vydy-tsilove-pryznachennya-funktsiyi-ta-pryntsyp-diyi/>
  56. <https://kafedra.com.ua/termoreguljator-dlya-radiatora-opalennya-opis-vidi-harakteristiki-i-vidguki/>
  57. <https://kievnovbud.com.ua/ua/2017/08/sistema-rozumnij-budinok-shho-ce-i-yak-pracyuye/>
  58. <https://kievnovbud.com.ua/ua/2019/05/uteplennya-budinku-rozumnij-pidxid-do-energoberezhennya/>
  59. <https://pani-kuhnia.com.ua/services/rozumnij-budinok>
  60. <https://vencon.ua/ua/articles/cho-takoe-rekuperator-v-siste>
  61. <https://vencon.ua/ua/articles/kak-vybrat-vozdushnuyu-zavesu>
  62. <https://vencon.ua/ua/articles/rejting-sistem-umnyy-dom-po-proizvoditelyam>
  63. <https://wikiway.com/bahrain/manama/bakhreynskiy-vsemirnyy-torgovyy-tsentr/photo/>
  64. <https://www.designboom.com/architecture/nl-architects-tower-of-power>
  65. <https://www.svittepla.com.ua/ua/blog-kompanii/teplovye-nasosy-dlia-otopleniia-doma-sravneniia-плюсы-i-minusy>
  66. [www.sciteclibrary.com](http://www.sciteclibrary.com) Аналітичні огляди «Енергоефективне будівництво», Жуков Д.Д., Лаврентьев Н.А.