

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

Методичні вказівки

по виконанню практичної роботи

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

Методичні вказівки  
по виконанню практичної роботи  
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

Методичні вказівки по виконанню практичної роботи 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. –64 с.

Укладач: Лужанська Г.В. к.т.н., доц.

Методичні вказівки по виконанню практичної роботи 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.....	6
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1 .....	7
ВИЗНАЧЕННЯ ІННОВАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ .....	7
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2 .....	8
ІННОВАЦІЇ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ.....	8
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3 .....	9
ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИЦІ. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛКІВ .....	9
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4 .....	11
ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ТА ТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	11
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5 .....	12
ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБКИ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	12
ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 6.....	14
ФІНАНСОВИЙ ПРОГНОЗ ОКУПНОСТІ ПРИВАТНОЇ СЕС, ЩО ПРАЦЮЄ ЗА ЗЕЛЕНИМ ТАРИФОМ .....	14
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7 .....	18
РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА РАЗОМ З СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ .....	18
ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 8.....	20
ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	20
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 9 .....	23
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ СЕС .....	23
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 10 .....	26
ЕКСПРЕС-РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ФОТОЕЛЕМЕНТА.....	26
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11 .....	29
РОЗРАХУНОК ОКУПНОСТІ ТА РОЗДРІБНОЇ ЦІНИ ВЕУ .....	29
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 12 .....	32
МАТРИЦЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕУ .....	32
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 13 .....	33
ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ПІСЛЯ ЇЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	33
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 14 .....	35
УМОВНЕ ПАЛИВО.....	35



ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 15 .....	38
ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ .....	38
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 16 .....	40
РОЗРАХУНОК ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ .....	40
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 17 .....	44
ВИКОРИСТАННЯ РЕКУПЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК У СИСТЕМАХ МІКРОКЛІМАТУ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД .....	44
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 18 .....	46
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПОВІТРЯНО-ТЕПЛОВИХ ЗАВІС .....	46
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 19 .....	50
РІЧНА ЕКОНОМІЯ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ .....	50
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 20 .....	53
ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОСТИКЛЕННІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД .....	53
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 21 .....	55
ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ТЕПЛОЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ .....	55
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 22 .....	58
ВИЗНАЧЕННЯ РІЧНОЇ ЕКОНОМІЇ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ СЕНСОРНИХ ЗМІЩУВАЧІВ .....	58
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 23 .....	60
ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКІВ РУХУ .....	60
ЛІТЕРАТУРА .....	63

## ВСТУП

На сьогоднішній день раціональне господарювання в будь-якій державі є немислимим без розвитку його інноваційної складової. Відставання у виробленні, розповсюдженні та використанні інноваційних технологій не тільки негативно позначається на конкурентоспроможності держави на світовому ринку, а й погіршує внутрішньодержавні показники якості життя населення. Тому розвиток інноваційної складової є пріоритетним напрямом економічної політики нашої країни.

Інноваційна діяльність – це комплекс наукових, технологічних, організаційних, фінансових та комерційних заходів, спрямований на комерціалізацію накопичених знань, технологій та обладнання. Результатом інноваційної діяльності є нові чи додаткові товари/послуги чи товари/послуги з новими якостями.

Останнім часом все більшої актуальності набуває проблема раціонального використання енергії. Енергоносії з кожним роком стають дедалі дорожчими, а їх запаси дедалі менше.

Аналіз наукових праць щодо підвищення ефективності інноваційної діяльності у сфері енергозбереження показав, що існують досить ефективні механізми управління енергозберігаючими інноваціями у багатьох галузях економіки на рівні регіонів.

Сучасні енергозберігаючі технології дозволяють вирішити одразу кілька завдань:

- заощадити суттєву частину енергоресурсів,
- вирішити проблеми вітчизняного ЖКГ,
- підвищити ефективність виробництва;
- зменшити навантаження на довкілля.

Енергозберігаючі технології - це в першу чергу інноваційні рішення. Їхнє впровадження, як і впровадження будь-яких інших інновацій, пов'язане з певними труднощами. Необхідна координація результатів науково-технічного прогресу, законодавчої бази, створення економічних умов, інформаційного забезпечення та інших чинників, від яких залежить успішність запровадження енергозберігаючих інновацій.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

### ВИЗНАЧЕННЯ ІННОВАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

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.

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 інноваційними 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.

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.

#### Завдання

Заповнити схему на рисунку 1.1 та пояснити складові інноваційного потенціалу енергозбереження.



Рис 1.1 – Схема інноваційного потенціалу енергозбереження

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

### ІННОВАЦІЇ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ

Одним з перспективних напрямків раціоналізації енергобалансу є більш широке залучення у виробництво альтернативних джерел енергії (гідроенергія, геотермальна, приливна, сонячна, вітрова енергія, енергія біомаси й ін.).

Перехід до енергозберігаючих технологій і альтернативних джерел енергії повинен зайняти ключове місце в структурі енергосектора.

До пріоритетних енергозберігаючих технологій відносять:

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

#### Завдання

Скласти таблицю 2.1 видів інноваційної діяльності у сфері енергозбереження та показати зміст інноваційної технології. Надати пояснення.

Таблиця 2.1 – Напрямки інноваційних технологій в енергозбереженні

Вид інновації в енергозбереженні	Зміст інноваційної технології

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

### ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИЦІ. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ

У зв'язку з повільним, але вірним використанням основних енергоносіїв (нафти, вугілля 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.

Нетрадиційні (відновлювальні) джерела енергії – 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.

До відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) зазвичай відносять:

1) ВДЕ сонячного походження: власне енергія сонячної радіації; гідравлічна енергія річок; енергія вітру; енергія біомаси; енергія океану (різниця температур води, хвилі, різниця солених морської і прісної води).

2) До несонячних ВДЕ відносяться: геотермальна енергія; енергія припливів.

Переваги поновлюваних енергетичних ресурсів:

- за своєю природою вони невичерпні;
- технічний потенціал у багато разів перевищує потенціал всіх запасів палива на планеті і може забезпечити довгострокову перспективу їх використання;
- екологічно чисті: не виділяють вуглекислий газ, від них мало відходів, тим більше небезпечних;
- можуть використовуватися конструкціями будівлі з метою його енергопостачання;
- відсутність потреби у воді (сонячні, вітрові електростанції).

Недоліки поновлюваних енергетичних ресурсів:

- вони дуже розсіяні і циклічні;
- місцезнаходження цих ресурсів, як правило, віддалене від центрів енергетичного попиту;
- освоєння деяких джерел енергії призводить до ряду проблем (АЕС - радіаційні вибоки в екстремальних умовах, ГЕС - затоплення значних територій, вітроенергетичні установки призводять до виникнення побічних інфразвукових коливань і т. п.).

### Завдання

Заповнити таблицю 3.1 порівняти нетрадиційні (відновлювальні) та невідновлювальні джерела енергії

Таблиця 3.1 - Переваги та недоліки відновлюваних та невідновлювальних джерел енергії

Джерела енергії		Переваги	Недоліки
Нетрадиційні (відновлювальні)	Сонце		
	Вітер		
	Біомаса		
Невідновлювальні	Вода		
	Вугілля		
	Нафта		
	Ядерна енергія		

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4

### ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ТА ТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

В Україні загальний річний технічно досяжний енергетичний потенціал альтернативних джерел енергії в перерахунку на умовне паливо становить близько 63 млн тон.

Частка енергії добутої за рахунок альтернативних джерел становить сьогодні близько 3%. Згідно з українською енергетичною стратегією до 2030 р. частку альтернативної енергетики на загальному енергобалансі країни буде доведено до 20%. Основними та найбільш ефективними напрямками відновлюваної енергетики в Україні є: вітроенергетика, сонячна енергетика, біоенергетика, гідроенергетика, геотермальна енергетика.

#### Завдання

Заповнити таблицю 4.1 та порівняти нетрадиційні (відновлювальні) та невідновлювальні джерела енергії.

Таблиця 4.1 - Порівняльна характеристика енергосистем на відновлюваних та невідновлювальній джерел енергії

Характеристика енергосистеми	Альтернативна (відновлювальна) форма енергії	Традиційна (не відновлювальна) форма енергії
Де знаходиться		
Форма існування		
Початкова інтенсивність		
Час існування		
Вартість енергії		
Стабільність		
Обмеження використання		
Безпека експлуатації		
Автономність		
Екологічний фактор		

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5

### ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОСТІ РОЗРОБКИ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Життєдіяльність людства, спалювання мільйонів тон палива, посилене споживання енергії, збільшення автопарку, значне зростання кількості відходів, обсягів виробництв веде до посилення концентрації парникових газів у земній атмосфері. Статистика показує, що за останні двісті років у повітрі вуглекислого газу побільшало на 25%, за всю геологічну історію такого ще не було. Таким чином над Землею утворюється своєрідний газовий ковпак, який затримує зворотне теплове випромінювання, повертаючи його назад і приводячи до кліматичного дисбалансу.

До причин, що спричиняють загострення парникового ефекту в атмосфері, відносять:

- господарську діяльність, яка змінює газовий склад та викликає запиленість нижніх повітряних шарів Землі;
- спалювання вуглецевмісних видів палива, вугілля, нафта та газ;
- вихлопні гази автомобільних двигунів;
- функціонування теплоелектростанцій;
- сільське господарство, пов'язане із зайвим гниттям та надлишком добрив, значним приростом поголів'я худоби;
- видобуток природних копалин;
- викид відходів побуту та промислових виробництв;
- вирубування лісів.

Парниковий ефект, безумовно, один з істотних кліматичних факторів. Завдяки присутності парникових газів в атмосфері середня температура земної поверхні підвищується приблизно на 33°C. До основних парникових газів, що потрапляють під дію Кіотського протоколу, відносять CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub> і фреони. Людина споживає енергію не тільки в господарській діяльності, а й у побуті. Тому необхідно враховувати внесок побутового споживання людини енергії в парниковий ефект та розробляти як можна більше інноваційних технологій в галузі енергозбереження, що робить цей напрямок одним з найактуальнішим та найперспективнішим в енергетичній галузі.

Кількість палива, витраченого на отримання необхідної кількості енергії:

$$m_i = \frac{E_{el}}{q} \quad (5.1)$$

де  $m_i$  – маса палива, кг (м<sup>3</sup>);

$E_{el}$  – витрата електричної енергії, кВт·год;

$q$  – питома теплота згоряння, кВт·год/кг; (кВт·год/м<sup>3</sup>) (див. таблицю 5.1).

Таблиця 5.1 - Питома теплота згоряння

Вид палива	Питома теплота згоряння, $q$
Вугілля	8,1 кВт·год /кг
Нафта	12,8 кВт·год /кг
Природний газ	11,4 кВт·год/м <sup>3</sup>

Об'єм виділився при цьому вуглекислого газу:



$$V_{CO_2} = m_i \cdot q_{CO_2} \quad (5.2)$$

де  $V_{CO_2}$  – об'єм вуглекислого газу, м<sup>3</sup>;

$m_i$  – маса палива, кг (м<sup>3</sup>);

$q_{CO_2}$  – питома кількість вуглекислого газу, м<sup>3</sup>/кг (м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>) (див. таблицю 5.2).

Таблиця 5.3 - Питома кількість вуглекислого газу

Вид палива	Питома кількість вуглекислого газу , $q_{CO_2}$
Вугілля	1,7 м <sup>3</sup> /кг
Нафта	1,5 м <sup>3</sup> /кг
Природний газ	1,2 м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>

### Завдання

Необхідно порахувати, скільки одна сім'я витратить електроенергії за рік з січня по грудень включно. Побудувати графік залежності кількості викидів вуглекислого газу від об'ємів спалювання різних видів палива. Зробити висновок про те, який вид викопного палива найменше забруднює навколишнє середовище. Запропонувати заходи щодо зменшення вкладу побутового споживання електроенергії в «парниковий ефект».

Витрата електричної енергії	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень
Е, кВт·год	200+30№	210+35№	210+50№	180+10№	160+5№	170+15№

Витрата електричної енергії	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Е, кВт·год	60+20№	150+15№	190+24№	165+32№	220+40№	180+20№

## ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 6

### ФІНАНСОВИЙ ПРОГНОЗ ОКУПНОСТІ ПРИВАТНОЇ СЕС, ЩО ПРАЦЮЄ ЗА ЗЕЛЕНИМ ТАРИФОМ

Зелений тариф в Україні, як і раніше, привабливий для потенційних інвесторів домашніх сонячних електростанцій. На сьогоднішній момент тариф складає 0,164 EUR за 1 кВт•год переданий у загальну електромережу.

Зелені тарифи в Україні наведено у таблиці 6.1

Таблиця 6.1 Зелені тарифи в Україні (вартість за 1кВт-год, Євро без ПДВ)

Вид джерела	2015 р.	2016 р.	2017-2019р.	2020-2024р	2025-2029 р.
Промислова СЕС (наземна)	0,17	0,16	0,15	0,135	0,12
Промислова СЕС (дахова)	0,18	0,172	0,164	0,15	0,13
Приватна сонячна електростанція	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15
Приватна вітрова електростанція	0,12	0,12	0,12	0,11	0,09
Вітрова електростанція (потужність більше 2МВт)	0,1	0,1	0,1	0,09	0,08

Зелений тариф в Україні можуть оформити як юридичні особи, які встановили промислові сонячні електростанції, так і фізичні особи, які побудували сонячну електростанцію (СЕС) на території свого приватного домоволодіння. Максимальна потужність домашньої сонячної станції не повинна перевищувати 30 кВт.

Також слід враховувати, що потужність СЕС за інвертором не може перевищувати виділену домогосподарству потужність відповідно до технічних умов (ТУ), зазначених у договорі на приєднання до мережі. Для збільшення потужності необхідно подати заяву до РЕМ (Обленерго) та пройти стандартну процедуру оформлення.

Після підключення до мережі сонячної електростанції її власник стає просьюмером.

Просьюмер - це фізична особа, яка є одночасно і споживачем, і виробником електроенергії.

Вироблена фотомодулями електроенергія забезпечує власне споживання будинку. При перевищенні потужності генерації сонячної електростанції над споживанням будинку надлишок енергії "віддається" в загальну енергомережу, а при недостатній генерації системи енергія, що бракує, споживається із загальної енергомережі.

Оплата за "зеленим" тарифом відбувається наприкінці кожного місяця за надлишок генерованої електроенергії (тобто за позитивну різницю між показником генерації станції та споживання домогосподарства).

Наприклад, СЕС згенерувала 500 кВт•ч електроенергії на місяць, а потреби будинку становили 200 кВт•год, то цього місяця у мережу продається за зеленим тарифом  $500 - 200 = 300$  кВт•год.

Електроенергія, що споживається з мережі в нічний час та в періоди простою станції через погані погодні умови, враховується двостороннім лічильником та оплачується відповідно до стандартного тарифу для споживача. При реєстрації зеленого тарифу в Україні у 2021 році вартість за кВт·год фіксується у договорі та продовжуватиме діяти до кінця 2030 року.

Схема із підключенням до центральної мережі СЕС працює як автономно, і разом із головною магістраллю (рис 6.1)



Рис 6.1 - Схема домашньої СЕС

Приклад енергоспоживання побутовими приладами домогосподарства подано у таблиці 6.1

Таблиця 6.1 - Енергоспоживання побутовими приладами домогосподарства

Споживач	Потужність, Вт	Час роботи, години	Витрата, Вт/год
Телевізор	150	4	600
Комп'ютер	100	3	300
Холодильник	250	13	3250
Пральна машина	500	1	500
Електрочайник	1000	0,3	300
Люстра	20	6	120
Люстра на кухні	15	4	60
Люстра у передпокою	10	2	20
Разом на добу			5150 (5,15 кВт/год)
Разом на місяць			154500 (154,5 кВт/год)

Більшість з'єднаних з мережею фотоелектричних систем, встановлених у світі, є безакумуляторними та вимагають наявності напруги в мережі для своєї роботи. Мережа дає опорну напругу для мережевих інверторів, які синхронізуються з нею і видають ідентичну мережну напругу. Якщо такого сигналу немає, або він починає сильно відрізнятися від нормального (за величиною напруги, частотою тощо), мережевий інвертор перестає працювати.

Перевагою такої системи є максимально ефективне використання сонячних батарей, які завжди працюють у точці максимальної потужності. Мережеві інвертори починають видавати енергію від сонячних батарей у мережу, починаючи з мінімального значення.

При роботі паралельно із мережею сонячна батарея використовує мережу як акумулятор та джерело енергії, що забезпечує недоліки енергії. Наприклад, якщо ваш холодильник споживає 5 ампер і сонячна батарея виробляє 5 ампер, то практично це означає, що ваш холодильник живиться від сонячних батарей. Однак не все так просто. Якщо при старті компресора двигун споживає 10 ампер, то тільки від сонячної батареї він не запуститься. Також, він може не працювати за хмарної чи похмурої погоди. У цьому випадку все, що не вистачає для нормальної роботи холодильника, буде братися з мережі.

Також, в мережу будуть спрямовуватися всі надлишки енергії, що генерується сонячними батареями.

Приклад фінансового прогнозу окупності домашньої СЕС, що працює за зеленим тарифом при введенні в експлуатацію, представлений на рис 6.2.

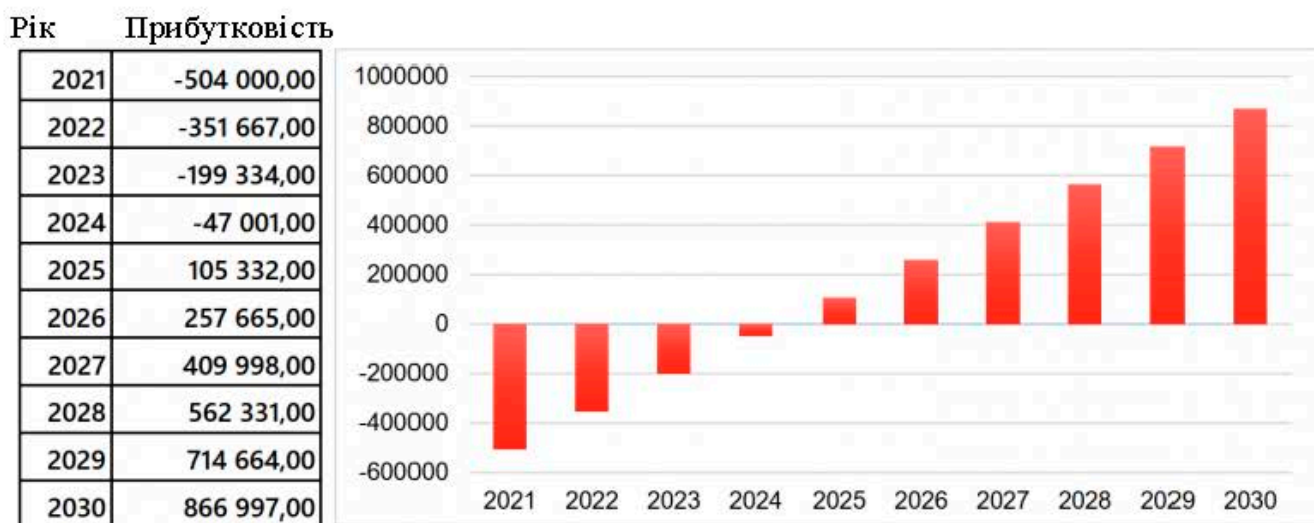


Рис 6.2 - Фінансовий прогноз окупності домашньої СЕС, що працює за зеленим тарифом при введенні в експлуатацію в 2021 році.

## Завдання

Домашня сонячна електростанція, потужністю до 30 кВт працює за «Зеленим тарифом» та введена в експлуатацію у 2021 році, характеристики СЕС представлені в таблиці, згідно з номером варіанту. На роботу інвентора витрачається 25 кВт·год протягом року.

Визначити:

1. Дохід від встановлення сонячної електростанції з урахуванням «Зеленого тарифу»
2. Річне електроспоживання електроприладами об'єктом
3. Побудувати схему річного балансу виробітки/споживання електроенергії об'єктів
4. Надати фінансовий прогноз окупності домашньої СЕС, що працює за зеленим тарифом при введенні в експлуатацію у 2021 році.

Вихідні дані для розрахунку

№ варіанта	Місто	Номінальна продуктивність, кВт	Кут сонячних панелей	Вартість СЕС, у.е	Середньорічна продуктивність СЕС, кВт·год	У мережу за «Зеленим тарифом» продається, кВт·год на рік
1	Київ	30	30	17500	36120	34980
2	Одеса	28	30	17800	32650	30260
3	Харків	27	30	18000	34280	33540
4	Вінниця	30	30	16320	37250	36120
5	Львів	25	30	17000	30460	29150
6	Ужгород	25	30	16000	29690	28000
7	Полтава	26	30	16570	35740	34130
8	Ізмаїл	29	30	18000	34680	32890
9	Чернівці	30	30	17600	35870	33670
10	Умань	27	30	17200	33400	30750

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7

### РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА РАЗОМ З СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ

Встановивши сонячну станцію на покрівлі будинку і оформивши «Зелений тариф», можна легко повернути свої інвестиції - тобто, окупити витрати. Для цього необхідно грамотно використовувати отриману електроенергію. Справа в тому, що оплата за «Зеленим тарифом» здійснюється за вирахуванням власного споживання. Щоб знизити його, потрібно виконати елементарні дії:

- поставити в усі світлові прилади в будинку світлодіодні лампи;
- встановити в місцях з малою прохідністю (коридорах, тамбурах) датчики руху, що вимикають освітлення при відсутності людей;
- встановити в будинку сучасну техніку з конструктивно закладеними принципами енергоефективності;
- нівелювати головний фактор підвищеного витрати електроенергії: встановити сонячний колектор для підігріву води.

Сонце - основне джерело відновлюваної енергії, який використовується зараз і буде масово застосовуватися в найближчому майбутньому. Спрощено, домашня сонячна електростанція являє собою систему взаємопов'язаних елементів. Головні з них - об'єднані в загальний ланцюг батареї. Встановлені в них фотоелементи перетворюють випромінювання сонця і передають його на контролер заряду. Від нього отриманий постійний струм транспортується до інвертору.

На виході виходить «побутова» електроенергія: змінний струм на 220 В. Він вже подається в домашню електромережу. Залежно від потужності, приватна електростанція може забезпечувати основні потреби будинку (робота холодильника, плити, кондиціонера і т.п.) або повністю покривати потреби об'єкта .

Основна функція сонячного колектора - забезпечити потреби мешканців будинку в гарячій воді. Завдання колектора - зібрати теплову енергію, що надходить від Сонця і нагріти теплоносії. Той в свою чергу передасть енергію в бак, що накопичує гарячу воду. Різниця температури води в баку і колекторі забезпечує циркуляцію рідини.

Спеціальна конструкція накопичувача дозволяє надовго зберігати температуру. Колектор функціонує навіть в осінній і зимовий сезони - але з меншою ефективністю. У весняно-літній період він повністю забезпечить будинок гарячою водою.

## Завдання

Визначити ефективності використання сонячного колектора для підігріву води із застосуванням «Зеленого тарифу» і без нього.

Початкові дані:

1. Температура гарячої води, °С
2. Температура холодної води, °С
3. Добове споживання гарячої води, л
4. Вартість установки сонячного колектора ,грн.
5. «Зелений тариф», грн. (з вирахуванням податків)
6. Тариф на електроенергію для населення вище 100 кВт · год ,грн.
7. Річна продуктивність сонячного колектора, кВт·год
8. Річне споживання електроенергії на підігрів гарячої води , кВт·год

Вихідні дані для розрахунку

№	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
1	55	55	60	60	55
2	10	10	15	15	10
3	200	200	200	300	300
4	65000	60000	68000	75000	70000
5	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76
6	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
7	2600	2500	3200	2400	3000
8	3400	3450	3100	3500	3550

№	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
1	60	55	55	55	60
2	15	10	10	10	15
3	250	400	350	250	200
4	72000	67000	62000	71000	73000
5	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76
6	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
7	2800	2900	3100	3200	2700
8	3750	4250	3700	5000	4500



## ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ 8

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Зазвичай рекомендують розраховувати систему сонячного теплопостачання для гарячого водопостачання (ГВП). При цьому можна в 2 рази збільшити кількість колекторів для того, щоб гарантовано забезпечити ГВП у весняно-осінній період і мати помітну добавку до генерації теплоти в зимовий період. Якщо збільшити кількість колекторів у 3–5 разів, то можна відчутти добавку сонячної теплоти до опалювального балансу у міжсезоння. (рис 8.1)

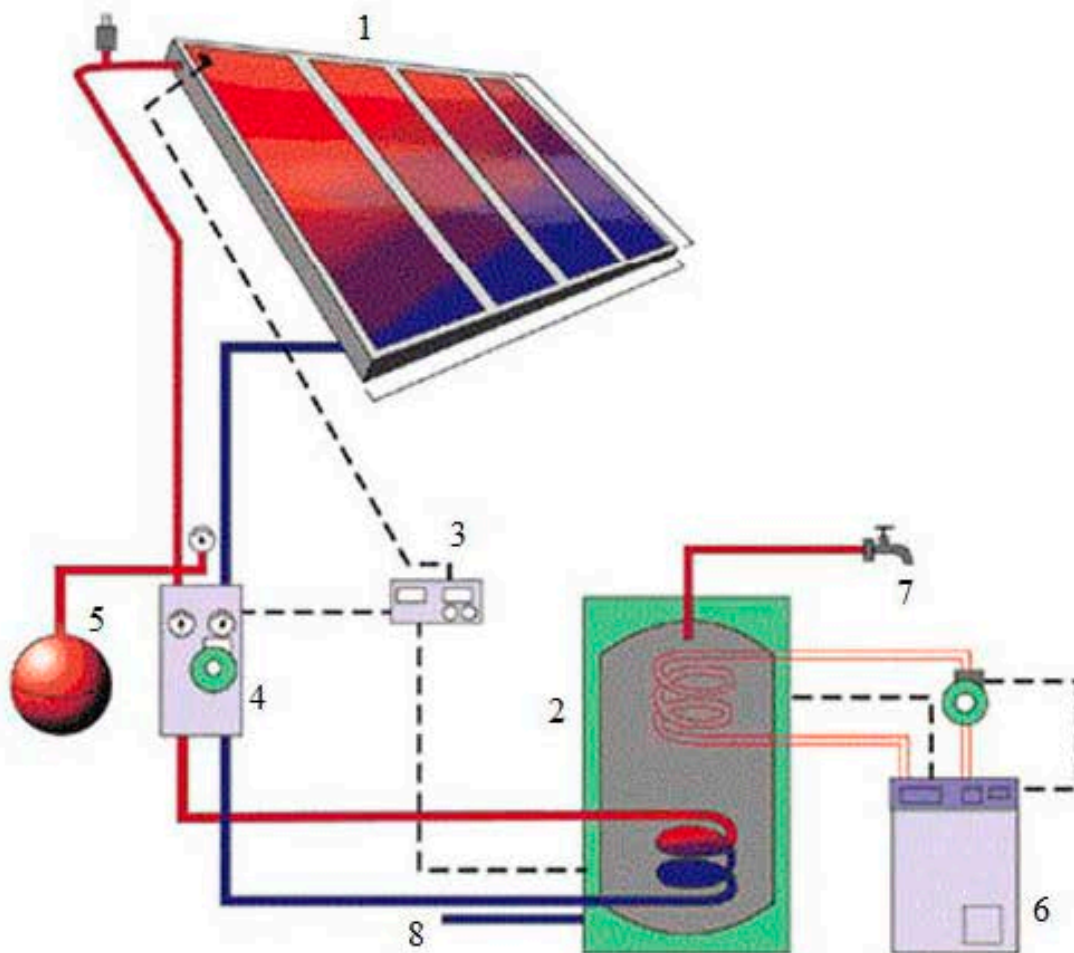


Рис 8.1 – Схема сонячного гарячого водопостачання з примусовою циркуляцією:  
1 – колектор; 2 – бойлер; 3 – контрольна панель; 4 – насос; 5 – розширювальний бак; 6 – джерело додаткового підігріву; 7 – вихід гарячої води;  
8 – вхід холодної води

Сонячні колектори потрібно орієнтувати наскільки можна суворо на південь.

Однак, без істотного падіння продуктивності, можна відхилитися від південного напрямку на 30°. Для фотоелектричних панелей можна без суттєвого погіршення відхилитися до 45°. Перевищення цих цифр, що рекомендуються, сильно погіршить ефективність системи сонячного тепло- або електропостачання.



Розташовувати сонячні колектори та сонячні батареї для цілорічного використання зазвичай рекомендують під кутом до горизонту, що дорівнює широті місцевості. Якщо система експлуатується переважно влітку, потрібно зменшити цей кут на  $15^\circ$ , якщо переважно взимку - збільшити на  $15^\circ$ .

Якщо широта місцевості більше  $60^\circ$ , то колектор можна взагалі встановлювати вертикально (таким чином, вирішується також проблема зі снігом – на вертикальних поверхнях він зазвичай не затримується). Якщо вакуумний колектор встановлений під кутом менше  $80^\circ$ , потрібно, щоб під колектором був вільний простір для снігу, що падає з нього.

Зазвичай колектори (як плоскі, так і вакуумні) та сонячні батареї, встановлені прямо на дахах, у наших умовах на більшу частину зими виявляються занесеними снігом та льодом, тому фактично не працюють. Якщо важливо забезпечити роботу системи сонячного енергопостачання взимку, рекомендується встановлювати їх або вертикально, або під кутом близько  $60^\circ$ , але із забезпеченням вільного простору під колекторами, куди з колекторів може падіння снігу і льоду.

Сьогодні багато фірм-виробників пропонують колектори, забезпечені номограмами. Вони дозволяють споживачу приблизно розрахувати площу необхідного колектора та об'єм бака-акумулятора з урахуванням складу його сім'ї і кількості споживаної води (рис.8.2).

### Завдання

Визначити необхідну кількість сонячних колекторів, а також вартість обладнання, використовуючи інформацію сучасних фірм-виробників цієї галузі (взяти дані з інтернет-ресурсів). Вихідні дані представлені в таблиці, згідно з номером варіанта.

Дано:

1. Кількість осіб у сім'ї
2. Географічне розташування району
3. Орієнтація колекторів
4. Кут нахилу колекторів

Вихідні дані для розрахунку

№ варіанта	Кількість осіб у сім'ї	Географічне розташування району	Орієнтація колекторів	Кут нахилу колекторів
1	3	північ	В	30
2	4	північ	З	30
3	5	південь	Пд	60
4	4	південь	ПдЗ	60
5	6	північ	ПдВ	45
6	3	північ	Пд	45
7	7	південь	В	30
8	5	південь	Пд	45
9	6	південь	ПдЗ	60
10	3	південь	В	30

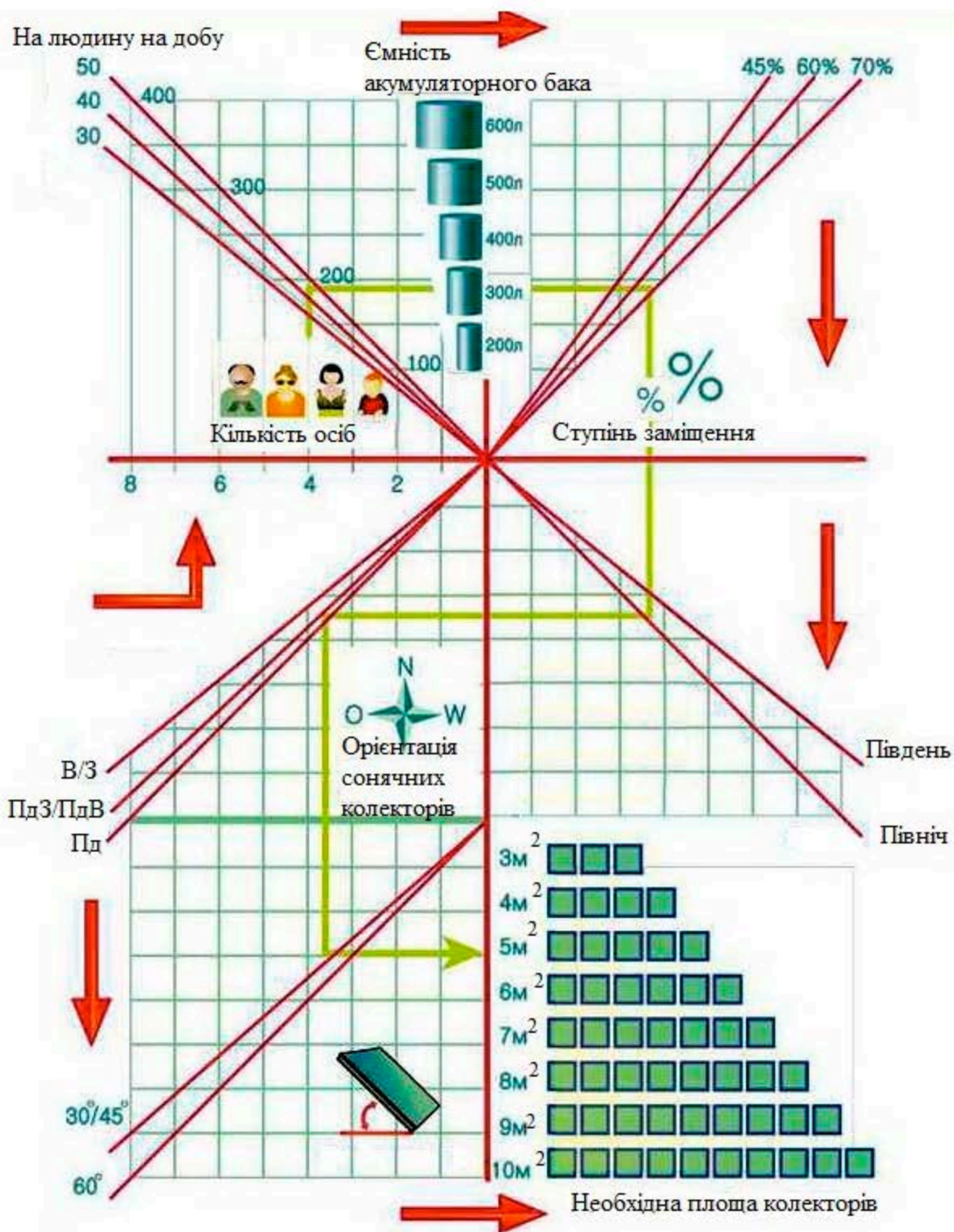


Рис 8.2 – Монограма для підбору сонячного колектора

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 9

### ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ СЕС

Родоначальником «зеленого» тарифу вважається США. Наприкінці 70-х років країну охопила затьмана енергетична криза, що змусила владу замислитися про енергозбереження. В результаті були прийняті знамениті акти, що регулюють енергетичну галузь в цілому, і відповідають за енергоефективність та енергозбереження. Спочатку 90-х подібне законодавство почало з'являтися і в Європі.

В Україні «зелений» тариф був законодавчо закріплений лише в 2008 році.

На даний момент він регулюється Законом України «Про електроенергетику», а також низкою інших нормативних та підзаконних актів.

Зелений тариф (англ. *Feed-in tariff* — тариф, за яким «згодовують» енергію) — економічний механізм винагороди за генерацію електроенергії із відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) (рис 9.1).



Рис 9.1- Механізм «Зеленого тарифу»

За допомогою виплат, розмір яких варіює в часі, досягається одночасно три мети:

- компенсація вартості встановлення обладнання,
- подальше заохочення генерації вже після досягання окупності обладнання,
- перехід на ВДЕ.

Зелений тариф значного попиту набув після 2005—2015 років із розвитком доступності технологій. Зазвичай, у світі такий тариф передбачає під'єднання вітряних станцій, сонячних мережевих та гібридних станцій.

«Зелений тариф» - це державна програма в Україні, за допомогою якої власники домашніх сонячних електростанцій можуть продавати надлишки одержуваної електроенергії держорганізації «Енергориноу».

Цей закон стимулює розвиток нових видів енергетичних ресурсів, а також залучення інвестицій в технології використання поновлюваних джерел енергії.

Завдяки цьому можна щомісяця отримувати реальний дохід за електростанцію і значно скоротити терміни окупності. Це зроблено для стимуляції переходу населення на альтернативну енергетику і розвантаження загальної електромережі. Держава купує електроенергію за ціною, прив'язаною до твердої валюти. Тому коливання гривні власникам станцій не страшні.

Приклад етапів отримання «Зеленого тарифу» зображено на рис 9.2.



## Етапи отримання "Зеленого" тарифу для приватних електростанцій



Рис 9.2 – Етапи отримання «Зеленого тарифу»

## Завдання

Визначити термін окупності сонячної електростанції (СЕС), при цьому тариф на електроенергію для населення вище 100 кВт · год - 1,68 грн, якщо відомі наступні дані згідно з номером варіанту:

Початкові дані:

1. Потужність СЕС, кВт
2. Середня генерація теплоти за рік, кВт·год
3. Власне споживання електроенергії за рік, кВт·год
4. Зелений тариф на продаж електроенергії, грн
5. Вартість СЕС, доларів

Вихідні дані для розрахунку

№	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	10	15	12	20	8	13	17	14	18
2	7600	11000	15700	12400	22000	9000	15200	19000	16350	20500
3	4000	5200	3800	4500	6000	5000	6500	7000	6800	6200
4	див. таблицю 6.1									
5	4500	8200	10800	9000	13000	7100	9300	12700	11400	14800

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 10

### ЕКСПРЕС-РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ФОТОЕЛЕМЕНТА

Існує досить проста методика, яка дозволяє розрахувати кількість електроенергії, що видається сонячною батареєю. Результат цього розрахунку дозволить отримати середнє значення кількості енергії, що виробляється сонячною електростанцією за рік.

Формула розрахунку енергії, що генерується сонячними батареями  $E$ , кВт·год:

$$E = \frac{I \cdot K_0 \cdot V_M \cdot K_{втрат}}{U_B} \quad (10.1)$$

$I$  – інтенсивність сонячного випромінювання, що потрапляє на поверхню Землі у горизонтальній площині, (кВт·год)/м<sup>2</sup> ; вибирається з карти інтенсивності сонячної радіації за рік (рис 10.1)

$K_0$  – поправочний коефіцієнт перерахунку сумарного потоку сонячної енергії з горизонтальної площини на похилу поверхню сонячних батарей, що приймається з таблиці 10.1

$V_M$  – номінальна потужність сонячної батареї чи ланцюга сонячних модулів; вказується у паспортних даних, кВт;

$K_{втрат}$  – коефіцієнт, що враховує втрати сонячної батареї при перетворенні та передачі електроенергії;

$U_B$  – інтенсивність сонячної радіації, коли фотоелектричні панелі тестуються та виробуються (умови STC), тобто 1000 Вт/м<sup>2</sup>, кВт/м<sup>2</sup>

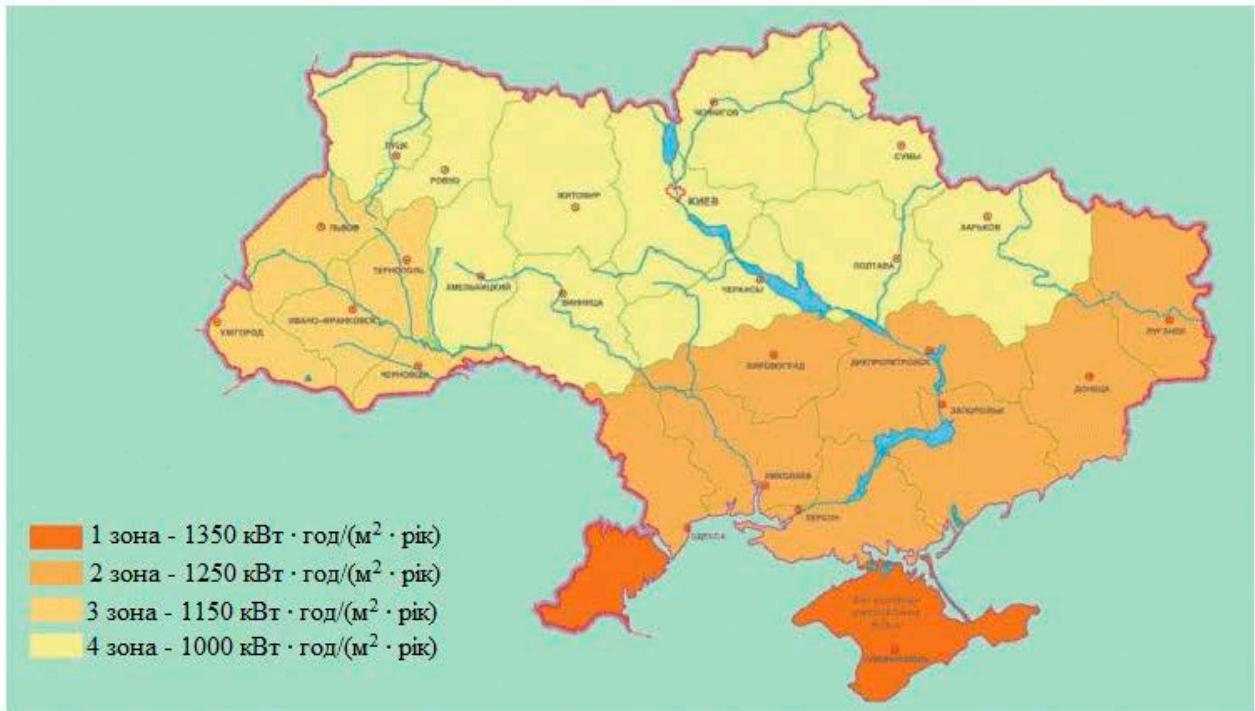


Рис 10.1 – Інтенсивність сонячного випромінювання



Таблиця 10.1 – Відхилення від південного напрямку, визначення коефіцієнта  $K_0$ .

	-90	-85	-80	-75	-70	-65	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04
10	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07
15	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,09	1,10
20	0,97	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,01
25	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
30	0,94	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
35	0,93	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,08
40	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13
45	0,88	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,05	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12
50	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11
55	0,85	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,97	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08
60	0,82	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	1,00	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06
65	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
70	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
75	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95
80	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90
85	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,79	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
90	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,97	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

*Втрати енергії у сонячній електростанції*

Загальні втрати енергії при перетворенні сонячного випромінювання у фотоелектричній системі включають:

- втрати у дротах – 1%
- втрати в інверторі – 3-5%
- втрати пов'язані із зростанням температури фотоелементів – 2-5%
- втрати в процесі роботи сонячної батареї під час низького рівня сонячного випромінювання – 1-3%
  - втрати пов'язані із затіненням та забрудненням сонячних батарей – 1-3% (у разі неоптимального орієнтування ці втрати можуть бути значно вищими)
  - втрати шунтуючих діодів – 0,5%

При оптимальному комплектуванні обладнання ефективність сонячної системи в 90% вважається дуже гарною. На практиці можливі випадки, коли загальні втрати можуть досягати значення 20-30% через погану якість обладнання або неправильний підбір компонентів системи та інших факторів.

## Завдання

Виконати експрес-розрахунок сонячної фотоелектричної станції, фотоелементи розташованої на похилій покрівлі будівлі, якщо відомі з наступних параметрів:

- загальна номінальна потужність сонячних батарей;
- регіон встановлення сонячних фотоелементів;
- кут схилу покрівлі
- відхилення від південного спрямування
- загальні втрати сонячної фотоелектричної станції

Вихідні дані для розрахунку

№	Загальна номінальна потужність сонячних батарей, кВт	Регіон встановлення сонячних фотоелементів	Кут схилу покрівлі	Відхилення від південного спрямування	Загальні втрати сонячної фотоелектричної станції, %
1	10	Одеса	45	25	10
2	12	Житомир	30	25	10
3	15	Ужгород	35	30	5
4	13	Київ	40	30	5
5	9	Запоріжжя	50	20	8
6	11	Ізмаїл	45	20	8
7	16	Львів	30	35	7
8	17	Чернігів	40	35	7
9	19	Полтава	35	25	6
10	18	Чернівці	45	30	6



## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11

### РОЗРАХУНОК ОКУПНОСТІ ТА РОЗДРІВНОЇ ЦІНИ ВЕУ

Прихильникам альтернативного енергопостачання сьогодні пропонується різноманітність рішень – від сонячних батарей до вітрогенераторів, продуктивність яких сягає кількох тисяч кіловат-годин на рік. Останній варіант користується заслуженою популярністю. Наші співгромадяни вважають за краще брати приклад із країн Європи, де використання вітрової енергії вийшло на промислові масштаби та в деяких областях практично замінило централізовану подачу електроенергії. Однак, на відміну від держав північного європейського узбережжя, клімат в Україні має свої особливості. І їх необхідно враховувати при виборі та розрахунку окупності вітрогенератора, щоб дорогий пристрій виправдало вкладення та принесло відчутну користь (рис 11.1).



Вітрогенератори – це генератори електричної енергії, призначені для перетворення енергії вітру на електричну. Сьогодні вітрогенератори – високотехнологічний виріб потужністю від 1 кВт до 5000 кВт одиничної потужності. Вітрогенератори сучасних конструкцій дозволяють використовувати економічно ефективно енергію навіть найслабших вітрів – від 3 метрів на секунду. За допомогою вітрогенераторів сьогодні можна не тільки постачати електроенергію в «мережу», але й вирішувати завдання електропостачання локальних чи острівних об'єктів будь-якої потужності.

Розрахунок собівартості вітроенергетичної установки  $C_{\text{ВЕУ-N}}$  проводиться на основі цін на комплектуючі без урахування вартості акумуляторних батарей, доставки та монтажу. Основні компоненти ВЕУ наведено у таблиці 11.1.

Таблиця 11.1- Основні компоненти ВЕУ

№	Основні компоненти ВЕУ
1	Вежа
2	Ступиця
3	Система аеродинамічного регулювання
4	Додаткові механізми (мультиплікатор чи кільця)
5	Лопаті
6	Контролер
7	Інвертор
8	Кріплення, керівництво, навантаження

Розрахунок собівартості вітроенергоустановки проводиться за емпіричною формулою, що враховує собівартість  $C_{\text{ВЕУ-N}}$  ВЕУ-1 потужністю 1 кВт та зростання на 1 кВт із підвищенням 30 % собівартості:

$$C_{\text{ВЕУ-N}} = C_{\text{ВЕУ}} \cdot (1 + 0,3 \cdot (N - 1)), \text{ грн} \quad (11.1)$$

де  $N$  – номінальна потужність ВЕУ в кВт.

Розраховуємо ціну реалізації ВЕУ  $\text{Ц}_{\text{ВЕУ-N}}$ , додавши до собівартості торгову надбавку у вигляді 50 % отриманого значення:

$$\text{Ц}_{\text{ВЕУ-N}} = C_{\text{ВЕУ-N}} \cdot 1,5, \text{ грн.} \quad (11.2)$$

Реалізація ВЕУ зазвичай проводиться через дилера, який займається доставкою, монтажем та подальшим обслуговуванням та ремонтом ВЕУ. Дилерська винагорода  $D$  (тобто знижка з ціни реалізації  $\text{Ц}_{\text{ВЕУ-N}}$ ) складає до 10 %.

$$D = \text{Ц}_{\text{ВЕУ-N}} \cdot d, \text{ грн} \quad (11.3)$$

$d$  - дилерська винагорода, %

Наведено середньосвітові цифри, проте виробник вітроенергетичних установок може змінювати їх на власний розсуд.

Термін окупності ВЕУ  $T_{\text{ВЕУ-N}}$ , років, обчислюється за формулою

$$T_{\text{ВЕУ-N}} = \frac{\text{Ц}_{\text{ВЕУ-N}} + B_0 + B_p}{E_{\text{рікВЕУ}} \cdot C_{\text{кВт-год}}}, \quad (11.3)$$

$E_{\text{рікВЕУ}}$  – річне вироблення електроенергії, що відповідає номінальній потужності ВЕУ, вимірюється в роках;

$B_0$  – витрати обслуговування ВЕУ, становлять, як правило, не більше 20% від  $\text{Ц}_{\text{ВЕУ-N}}$  за весь термін експлуатації ВЕУ;

$B_p$  – витрати на ремонт ВЕУ, проявляються з тією чи іншою часткою ймовірності; на практиці при експлуатації ВЕУ відомих виробників вони практично дорівнюють нулю;

$C_{\text{кВт-год}}$  - вартість кВт·год.

При цьому слід зазначити, що залежність терміну окупності від середньої швидкості вітру кубічна, тому вітроенергетичні установки рекомендується ставити в місцях із сильними стабільними вітрами.

### Завдання

Необхідно визначити термін окупності ВЕУ. Технічні характеристики установки та необхідні дані для розрахунку прийняти з таблиці, згідно з раніше узгодженим варіантом.

Дано:

1. Встановлення ВЕУ потужністю  $N$ , кВт
2. Собівартість компонентів та встановлення ВЕУ в цілому  $C_{ВЕУ}$ , грн
3. Вартість  $C_{кВт\cdot год}$ , кВт·год, грн
4. Вироблення електричної енергії  $E_{ВЕУ-N}$ , кВт·год.
5. Витрати обслуговування ВЕУ  $В_о$ , %
6. Витрати на ремонт ВЕУ  $В_р = 0\%$
7. Дилерська винагорода,  $d$  %

Вихідні дані для розрахунку

№	Найменування	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
1	$N_{ВЕУ}$ , кВт	3,5	4	4,5	3,7	4,2
2	$C_{ВЕУ}$ , грн	107210	130150	149520	117650	142300
3	$C_{кВт\cdot год}$ , грн	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
4	$E_{годВЕУ-N}$ , кВт·год	6210	7540	8560	6850	8150
5	$В_о$ , %	15	13	18	16	20
6	$В_р$ , %	0	0	0	0	0
7	$d$ , %	10	10	8	8	7

№	Найменування	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
1	$N_{ВЕУ}$ , кВт	3,8	5	5,3	4,7	3
2	$C_{ВЕУ}$ , грн	122640	155000	142630	148230	105 020
3	$C_{кВт\cdot год}$ , грн	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
4	$E_{годВЕУ-N}$ , кВт·год	7500	9370	8630	9840	4560
5	$В_о$ , %	15	17	17	15	18
6	$В_р$ , %	0	0	0	0	0
7	$d$ , %	7	9	9	10	10

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 12

### МАТРИЦЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕУ

В даний час велике значення мають проблеми економії паливно-енергетичних ресурсів і поліпшення стану природного середовища. У цьому контексті актуальними є проблеми розвитку нетрадиційної енергетики і, зокрема, вітроенергетики. Це пов'язано з тим, що вітроенергетика є екологічно чистою галуззю і не вимагає споживання традиційних енергоносіїв.

В Україні розвиток вітроенергетики є важливим напрямком економічного розвитку країни. Перспектива розвитку вітроенергетики в країні визначена Указом Президента України № 159/96 «Про будівництво вітрових електростанцій» від 02.03.1996 р., Комплексною програмою будівництва вітрових електростанцій, затвердженою постановою Кабінету Міністрів України № 137 від 03.02.1997 р., а також низкою інших нормативно-правових актів. Розвиток вітроенергетики в країні відбувається відповідно з Комплексною програмою будівництва вітрових електростанцій, яка виступає важливим державним інвестиційним проектом. У зв'язку з цим до найважливіших питань у цій сфері належать питання, пов'язані з економічною ефективністю вітрових електростанцій (вітрогенераторів).

Також необхідно враховувати, що вітроенергетика, по-перше, являє собою сукупність вітрогенераторів, що працюють у складі різних об'єктів, а по-друге, це підгалузь енергетики - одна з найважливіших галузей економіки країни, так і в масштабах економіки всієї країни. Це обумовлює необхідність врахування економічної ефективності вітрогенераторів на мікро- і макрорівнях.

Економічні ефекти систематизуються різними аспектами і економічними рівнями. Графічно система економічних ефектів відображається у вигляді матриці економічних ефектів, що представляє собою таблицю, рядки якої відповідають аспектам, а стовпці відповідають економічним рівням. Система економічних ефектів може бути використана для систематизації економічних ефектів різних галузей і прирівняних до них галузей.

#### Завдання

Заповнити матрицю економічної ефективності ВЕУ та пояснити кожен вид економічного ефекту на відповідних рівнях мікро та макроекономіки

Таблиця 12.1 Матриця економічної ефективності ВЕУ

Вид економічного ефекту	Мікроуровень	Макроуровень
1. Виробничо-технологічний		
2. Екологічний		
3. Комерційний		
4. Гуманітарний		
КІНЦЕВИЙ ЕФЕКТ		

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 13

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ПІСЛЯ ЇЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Використання ламп накаливання для освітлення приміщень призводить до значної перевитрати електричної енергії, оскільки люмінесцентні або світлодіодні лампи, що генерують аналогічній потужності світловий потік, споживають в 4-9 разів менше електроенергії. Відповідність потужностей ламп накаливання та компактних люмінесцентних ламп наведено у таблиці 13.1

Таблиця 13.1 - Порівняння потужностей ламп накаливання та компактних люмінесцентних ламп

Потужність лампи накаливання, Вт	Потужність компактної люмінесцентної лампи, Вт
40	8
60	11
75	14
100	18
120	23

Термін служби люмінесцентних ламп у 2-3 рази більший, ніж у ламп накаливання. Оскільки встановлюються компактні люмінесцентні лампи в ті ж цоколі, що і розжарювання лампи, переобладнання системи освітлення - процес нетрудомісткий.

Розрахункове споживання електроенергії на освітлення приміщень з тимчасовим перебуванням людей становить, кВт·год:

$$W_{лн} = N \cdot P_{лн} \cdot \tau \cdot z \cdot 10^{-3}, \quad (13.1)$$

де  $N$  - кількість ламп накаливання, шт, у місцях з тимчасовим перебуванням людей;  
 $P_{лн}$  - потужність лампи накаливання, Вт;  
 $\tau$  - час роботи системи освітлення, год;  
 $z$  - кількість робочих днів у році.

Встановлення датчиків руху та присутності дозволить скоротити кількість годин роботи системи освітлення до 1-2 годин. Заміна ламп накаливання на компактні люмінесцентні лампи дозволить знизити використання електроенергії на роботу освітлювальних установок.

Витрата електроенергії на освітлення місць з тимчасовим перебуванням людей після впровадження системи автоматичного регулювання та заміни ламп становитиме, кВт·год:

$$W_{клл} = N \cdot P_{клл} \cdot \tau_a \cdot z \cdot 10^{-3}, \quad (13.2)$$

де  $P_{клл}$  - потужність компактної люмінесцентної лампи, Вт;  
 $\tau_a$  - час роботи системи освітлення, год, після встановлення датчиків руху та присутності.

Економія електроенергії під час впровадження заходів, кВт·год

$$\Delta W = W_{лн} - W_{клл}. \quad (13.3)$$

Річна економія в грошах складе  $\Delta E$ , тис. грн.:

$$\Delta E = \Delta W \cdot T_{ee} \cdot 10^{-3} \quad (13.4)$$

де  $T_{ee}$  – тариф на електричну енергію, грн./кВт · год.  
12 - кількість місяців на рік

### Завдання

У приміщенні тимчасове перебування людей характерне для восьми приміщень. Визначити річну економію від запровадження інноваційних енергозберігаючих заходів: заміни ламп накаливання на люмінесцентні лампи, а також встановлення датчиків руху. Необхідні дані для розрахунку прийняти з таблиці, згідно з раніше погодженим варіантом. Тариф на електричну енергію  $T$ , грн/кВт-год прийняти згідно з чинним законодавством.

Початкові дані:

1. Кількість встановлених ламп накаливання  $N$ , шт
2. Потужність кожної лампи накаливання  $P_{лн}$ , Вт
3. Система освітлення у приміщеннях працює протягом усього робочого дня, який складає  $\tau$ , годин
4. Час роботи системи освітлення, після встановлення датчиків руху та присутності  $\tau_a$ , годин
5. Число робочих днів установи на рік  $z$

Вихідні дані для розрахунку

№	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
1	25	25	28	28	30
2	75	60	100	75	75
3	9	9	9	8	8
4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
5	115	120	107	108	110

№	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
1	30	27	27	23	23
2	120	100	60	120	100
3	8	8	9	9	9
4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
5	110	120	115	107	108



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 14

### УМОВНЕ ПАЛИВО

У світі людство використовує різні види палива, які значно відрізняються друг від друга.

Наявність різних видів енергоносіїв призводить до виникнення задачі їх порівняння. У загальному випадку, порівняння різних видів енергоресурсів можна визначити через енергетичну ємність натурального палива (наприклад, теплоту згоряння), тобто обчислити кількість енергії (у МДж або кВт·год), що міститься у натуральному паливі, та виконати порівняння за кількістю енергії. Але на практиці більш зручно порівнювати не кількість енергії, а кількість енергоресурсів. Для цього було запропоновано переводити кількість натурального палива у відповідну кількість еталонного енергоносія, який дістав назву «умовне паливо».

Експлуатація умовного палива особливо зручна для порівняння економічності різноманітних теплоенергетичних установок, інноваційних розробок.

Умовне паливо - це прийнята при розрахунках одиниця обліку органічного палива, тобто нафти і її похідних, природного і спеціально одержуваного при перегонці сланців і кам'яного вугілля газу, кам'яного вугілля, торфу - яка використовується для звірення корисної дії різних видів палива в їх сумарному обліку, а також для порівняння альтернативного палива.

Простіше кажучи, умовне паливо - це визначення кількості енергії в заданому вигляді палива. Розповсюдження та виробництво ресурсів обчислюють в одиницях умовного палива, де в якості розрахунку приймається 1 кілограм палива з теплотою згоряння 7000 ккал/ кг або 29, 3 МДж/кг

За одиницю *умовного палива* (у.п.) приймалася теплотворна здатність 1 кг кам'яного вугілля = 29,3 МДж або 7000 ккал. Міжнародне енергетичне агентство (ІЕА) прийняло за одиницю нафтовий еквівалент, звичайно позначається аббревіатурою **ТОЕ** (англ. *Tonne of oil equivalent*). Одна тонна нафтового еквівалента дорівнює 41,868 ГДж або 11,63 МВт · год. Застосовується також одиниця - барель нафтового еквівалента (**БОЕ**).

В загальному випадку для перерахунків натурального палива в умовне паливо по вугільному еквіваленту використовують формулу:

$$B_y = B_n Q_n / 7000 = B_n E, \quad (14.1)$$

де  $B_y$  – маса еквівалентної кількості умовного палива, кг;

$B_n$  – маса натурального палива, кг (тверде та рідке паливо) або м<sup>3</sup> (газоподібне);

$Q_n$  – нижча (мінімальна) теплота згоряння натурального палива, ккал/кг або ккал/м<sup>3</sup>;

$E = Q_n / 7000$  – калорійний еквівалент

В Україні методика та коефіцієнти перерахунку в умовне паливо визначаються спеціальним державним органом та затверджується на рівні Кабінету Міністрів України. На момент написання цього матеріалу дані розрахунки повинні проводитися відповідно до Методики розрахунку показника енергоємності валового регіонального продукту (наказ Держенергоєфективності №63 від 21.07.2011).

Вихідними даними для розрахунку є витрати коштів підприємства на конкретний вид енергоресурсу за рік. Для того щоб обчислити кількість даного виду енергоресурсу слід знати його вартість або тариф:

$$K_{\text{нп}} = B / T, \quad (14.2)$$

де  $K_{\text{нп}}$  – кількість натурального палива (т, л, кг, м<sup>3</sup> тощо),  
 $B$  – витрати підприємства на даний вид енергоресурсу (грн),  
 $T$  – тариф на енергоресурс (грн/<одиниця виміру>).

Після визначення кількості натурального енергоресурсу можна визначити еквівалентну кількість умовного палива:

$$K_{\text{уп}} = K_{\text{нп}} \cdot K_{\text{пер}} \quad (14.3)$$

де  $K_{\text{уп}}$  – кількість умовного палива,  
 $K_{\text{пер}}$  – коефіцієнт перерахунку натурального палива в умовне, який береться із таблиці 14.1.

При виконанні перерахунків слід звертати увагу на те, щоб одиниці виміру  $K_{\text{н}}$  та  $K_{\text{пер}}$  були тотожні. Якщо ця умова не виконується слід спочатку перевести одиниці виміру  $K_{\text{нп}}$  у такі, які використовуються у коефіцієнті  $K_{\text{пер}}$

### Завдання

Промислове підприємство протягом року споживає:

1. Природний газ, кількістю  $V_{\text{нг}}$ , тис м<sup>3</sup>, теплота згоряння  $Q^{\text{п}}_{\text{нг}}$ , ккал/м<sup>3</sup>
2. Мазут, кількістю  $V_{\text{нм}}$ , т, теплота згоряння  $Q^{\text{п}}_{\text{нм}} = 1000$ , ккал/кг
3. Вугілля, кількістю  $V_{\text{нв}}$ , т, теплота згоряння  $Q^{\text{п}}_{\text{нв}}$ , ккал/кг

Визначити кількість умовного палива.

Вихідні дані для розрахунку

Найменування	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
$V_{\text{нг}}$ , тис м <sup>3</sup> / $Q^{\text{п}}_{\text{нг}}$ , ккал/м <sup>3</sup>	20000/8000	25000/8000	12000/7950	15000/7950	27000/9200
$V_{\text{нм}}$ , т	1200	1500	1300	2000	1000
$V_{\text{нв}}$ , т/ $Q^{\text{п}}_{\text{нв}}$ , ккал/кг	5,5/6000	5,5/4200	5,5/4500	5,5/5400	5,5/5000

Найменування	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
$V_{\text{нг}}$ , тис м <sup>3</sup> / $Q^{\text{п}}_{\text{нг}}$ , ккал/м <sup>3</sup>	32000/9200	30000/6800	23000/6800	26000/8500	18000/8500
$V_{\text{нм}}$ , т	1700	1100	1800	1400	1900
$V_{\text{нв}}$ , т/ $Q^{\text{п}}_{\text{нв}}$ , ккал/кг	5,5/6700	5,5/7000	5,5/5800	5,5/6300	5,5/6500



Таблиця 14.1– Коефіцієнти перерахунку обсягів органічного палива в умовні одиниці виміру

Вид палива	Одиниця виміру	Коефіцієнт перерахунку в тонни умовного палива
Вугілля кам'яне	тонн	0,720
Брикети, окатиші та аналогічні види твердого палива з кам'яного вугілля	->>-	0,561
Вугілля буре (лігніт)	->>-	0,247
Брикети, окатиші та аналогічні види твердого палива з вугілля бурого (лігніту)	->>-	0,558
Торф неагломерований паливний	->>-	0,300
Брикети і напівбрикети торф'яні	->>-	0,566
Нафта сира	->>-	1,430
Газовий конденсат	->>-	1,430
Газ природний	тис. м <sup>3</sup>	1,151
Сланці горючі	тонн	0,333
Дрова для опалення	тис. щільн. м <sup>3</sup>	0,263
Промпродукт і шлам збагачувальних підприємств чорної металургії	тонн	0,572
Кокс та напівкокс з вугілля кам'яного, вугілля бурого та торфу	->>-	0,976
Авіаційний бензин	->>-	1,4
Бензин моторний	->>-	1,49
Паливо бензинове реактивне	->>-	1,449
Інші легкі фракції	->>-	1
Паливо реактивне типу керосин	->>-	1
Керосин для технічних цілей	->>-	1,468
Керосин для освітлення	->>-	1,421
Газойлі (дизельне паливо)	->>-	1
Інші середні фракції	->>-	1,45
Мазути топкові важкі	->>-	1,358
Пропан і бутан скраплені	->>-	1
Етилен, пропілен, бутилен, бутадиїн і гази нафтові інші або вуглеводи газоподібні, крім газу природн.	->>-	1
Кокс нафтовий і сланцевий	->>-	1
Мастила відпрацьовані	->>-	1
Присадки до мастил та палива	->>-	1
Кам'яновугільний газ, одержаний шляхом перегонки в коксових печах	тис. м <sup>3</sup>	0,571
Газ інший, не включений в перелічені групи	тис. м <sup>3</sup>	1
Електрична енергія	тис. кВт·год	0,123
Теплова енергія	Гкал	0,143

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 15

### ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Одним з актуальних напрямів інноваційних технологій у сучасній енергетиці є надбудова генеруючих потужностей на теплових електростанціях, що діють і будуються, газотурбінних і парогазових установок, а на діючих виробничих і опалювальних котельнях - переведення їх на когенерацію, що збільшить коефіцієнт корисного використання палива на 10-15 %.

Переведення котельнях на когенерацію може здійснюватися за рахунок установки газопоршневих установок (ГПУ) - двигуни, що працюють на газовому паливі, газотурбінних: установок (ГТУ), деякі варіанти ПГУ - ТЕЦ та ГТУ - ТЕЦ, що створюються на базі котельнях, забезпечують ККД з відпуску електроенергії в теплофікаційний режим до 76-79 %.

Економія палива на когенераційній установці порівняно з роздільним виробництвом теплової та електричної енергії

$$\Delta B = \frac{B_c - B_{\text{ког}}}{B_c} \quad (15.1)$$

$\Delta B$  – економія палива на когенераційній установці

$B_c$  – сумарна витрата палива для роздільного вироблення електричної та теплової енергії, кг/год

$$B_c = B_{\text{кес}} + B_{\text{кот}} \quad (15.2)$$

$B_{\text{кес}}$  – витрати палива на вироблення електричної енергії на конденсаційної установці, кг/год

$B_{\text{кот}}$  – витрата палива для отримання теплової енергії в котельні, кг/год

$B_{\text{ког}}$  – витрата палива при комбінованому виробленні електричної та теплової енергії в когенераційній установці, кг/год

Коефіцієнт використання теплоти палива у разі комбінованого виробництва теплової та електричної енергії:

$$K_{\text{ког}} = \frac{3600 \cdot N + Q_B}{B_{\text{ког}} \cdot Q_H^P} \quad (15.3)$$

$Q_B$  – тепло, що використовує виробництво, кДж/год

$N$  – потужність турбін когенераційної установки, кВт

$Q_H^P$  – теплота згоряння палива, кДж/кг

Коефіцієнт використання теплоти палива у разі роздільного виробництва теплової та електричної енергії:

$$K_{\text{кот+кес}} = \frac{3600 \cdot N + Q_B}{B_c \cdot Q_H^P} \quad (15.4)$$

### Завдання

Визначити економію палива на когенераційній установці порівняно з роздільним виробництвом теплової та електричної енергії, а також обчислити коефіцієнт використання теплоти палива у разі комбінованого та роздільного виробництва теплової та електричної енергії. Зробити висновки. Вихідні дані вибрати з таблиці згідно з номером варіанта.

Початкові дані

1. Витрата палива для вироблення електричної енергії на конденсаційній установці (КЕС),  $V_{КЕС}$ , кг/год
2. Потужність турбін когенераційної установки,  $N$ , кВт
3. Витрата палива для виробництва теплової енергії в котельні,  $Q_{кот}$ , кг/год
4. Витрата палива для роботи когенераційної установки,  $V_{ког}$ , кг/год
5. Теплота згоряння палива  $Q^p_n$ , кДж/кг
6. Тепло, що використовує виробництво  $Q_v$ , кДж/год

Вихідні дані для розрахунку

№	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
1	6200	6350	7120	7100	7250
2	7000	7500	8000	8400	8500
3	3800	4000	3658	4129	3200
4	4350	4200	4852	5428	4527
5	28500	28500	28500	28500	28500
6	80401590	79504872	80408642	81000052	80954215

№	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
1	6500	6000	6950	6875	4856
2	7800	7300	8200	8000	6000
3	3651	3478	3856	3287	3333
4	4855	4786	4215	4478	4689
5	28500	28500	28500	28500	28500
6	81548624	79856246	81452677	80586655	80446688

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 16

### РОЗРАХУНОК ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Теплові насоси є найбільш ефективним обладнанням, що сприяє збільшенню обсягу і глибини використання теплових вторинних енергетичних ресурсів (ТВЕР) промислових підприємств.

Для визначення технічної можливості та ефективності їх застосування необхідно мати достовірну інформацію про:

- параметри і режими виходу ТВЕР,
- теплові навантаження та їх тривалості,
- показники заміщення теплоджерел,
- тенденції зміни вартості енергоносіїв,
- очікуваної технологічної та екологічної ефективності від впровадження систем утилізації
- та ін.

При оцінці технічних показників застосування теплових насосів тепловий потенціал ТВЕР класифікується на:

- розрахунковий, який використовується без шкоди для технології та навколишнього середовища протягом години ( $Q^p_{ТВЕР}$ , кВт)
- наявний, який використовується за рік  $Q^{рік}_{ТВЕР}$ , ГДж).

Їх величини визначаються за виразами:

$$Q^p_{ТВЕР} = G_{ij} \cdot \rho \cdot C_i \cdot \Delta t_{ij} \cdot R_{ij} / 3600; \quad (16.1)$$

$$Q^{рік}_{ТВЕР} = \sum 3,6 \cdot 10^{-3} Q^p_{ТВЕР} \cdot n_{ij}; \quad (16.2)$$

де  $G_{ij}$  – обсяг ТВЕР і-го виду в j -ий період року, м<sup>3</sup>/годину;

$\Delta t_{ij}$  – середня за j-й період року глибина охолодження потоку ТВЕР і-го виду, °C;

$\rho$  – щільність речовини, що становить потік ТВЕР і-го виду, кг/м<sup>3</sup>;

$C_i$  – теплоємність потоку ТВЕР і-го виду, кДж/(кг·°C);

$R_{ij}$  – коефіцієнт, що характеризує доступність утилізації ТВЕР і-го виду в j-й період року;

$n_{ij}$  – тривалість використання розрахункового теплового потенціалу ТВЕР і-го виду в j -й період року, годин.

При укрупнених розрахунках теплопродуктивність теплових насосів в системах утилізації ТВЕР ( $Q^p_{ТН}$ , кВт и  $Q^{рік}_{ТН}$ , ГДж) при покритті ними теплових навантажень різних видів визначається з співвідношень

– опалювально-вентиляційного навантаження

$$Q^p_{ТН} = 1,45 \cdot Q^p_{ТВЕР}; \quad (16.3)$$

$$Q^{рік}_{ТН} = 1,33 \cdot Q^{рік}_{ТВЕР}; \quad (16.4)$$

- навантаження гарячого водопостачання

$$Q^p_{ТН} = 1,4 \cdot Q^p_{ТВЕР}; \quad (16.5)$$

$$Q^{рік}_{ТН} = 1,45 \cdot Q^{рік}_{ТВЕР}; \quad (16.6)$$

– при передачі теплоти в системи централізованого теплопостачання

$$Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} = 1,45 \cdot Q_{\text{ТВЕР}}^{\text{P}}; \quad (16.7)$$

$$Q_{\text{ТН}}^{\text{PIK}} = 1,4 \cdot Q_{\text{ТВЕР}}^{\text{PIK}}; \quad (16.8)$$

Споживана потужність компресора теплового насоса ( $P_{\text{ТН}}$ , кВт) і річна витрата електричної енергії ( $E_{\text{ТН}}^{\text{PIK}}$ , МВт·годин) на вироблення теплоти  $Q_{\text{ТН}}^{\text{PIK}}$  визначаються відомими співвідношеннями:

$$P_{\text{ТН}} = Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} - Q_{\text{ТВЕР}}^{\text{P}}; \quad (16.9)$$

$$E_{\text{ТН}} = (Q_{\text{ТН}}^{\text{PIK}} - Q_{\text{ТВЕР}}^{\text{PIK}}) / 3,6. \quad (16.10)$$

Енергетична ефективність застосування теплових насосів розраховується за величиною очікуваної щорічної економії первинного палива ( $\Delta B, \%$ ), яка визначається за виразом

$$\Delta B = [1 - (\eta_{\text{ТД}} \cdot \eta_{\text{ТМ}} / (\eta_{\text{ЕН}} \cdot \eta_{\text{ЕС}} \cdot \varepsilon))] \cdot 100 \%, \quad (16.11)$$

де  $\eta_{\text{ТД}}$  – ККД чинного джерела теплопостачання;

$\eta_{\text{ТМ}}$  – ККД теплової мережі;

$\eta_{\text{ЕН}}$  – ККД джерела електричної енергії;

$\eta_{\text{ЕС}}$  – ККД передачі і трансформації електричної енергії;

$\varepsilon$  – середньорічний опалювальний коефіцієнт теплового насоса.

Економічну ефективність застосування теплових насосів можна визначати:

- за величиною приведених витрат,
- терміну окупності,
- рівню рентабельності,
- величиною прибутковості і ін.

Найбільш значущими складовими в розрахунках економічної ефективності є величини необхідних капітальних вкладень на впровадження теплових насосів і очікуваної економії щорічних витрат на теплопостачання.

Укрупнено витрати на придбання та підключення теплових насосів ( $K_{\text{ТНУ}}$ ) різних типів і теплопродуктивності ( $Q_{\text{ТН}}^{\text{P}}$ ), включаючи і периферійного обладнання, до тепломережі можна визначати за такими виразами:

1) для системи з тепловим насосом «вода-вода» і з гвинтовим компресором:

$$\begin{cases} 40000 + 152 \cdot Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} & \text{при } 0 < Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} < 1044 \text{ кВт} \\ 200000 + 128 \cdot Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} \cdot (Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} - 1044) & \text{при } Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} \geq 1044 \text{ кВт;} \end{cases} \quad (16.12)$$

2) для системи з тепловим насосом «вода-вода» і з поршневим компресором

$$K_{\text{ТНУ}} = 58000 + 58 \cdot Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} \quad \text{при } Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} \leq 700 \text{ кВт}; \quad (16.13)$$

3) для системи з тепловим насосом «вода-вода / повітря» і з поршневим компресором

$$K_{\text{ТНУ}} = 70000 + 13 \cdot Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} \quad \text{при } Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} \leq 500 \text{ кВт}; \quad (16.14)$$

4) для системи з тепловим насосом «повітря-вода» і зі спіральним компресором

$$K_{\text{ТНУ}} = 6540 + 263 \cdot Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} \quad \text{при } Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} \leq 100 \text{ кВт}; \quad (16.15)$$

5) для системи з тепловим насосом «вода-вода» і зі спіральним компресором

$$K_{\text{ТНУ}} = 7700 + 115 \cdot Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} \quad \text{при } Q_{\text{ТН}}^{\text{P}} \leq 300 \text{ кВт}; \quad (16.16)$$

Величина очікуваної щорічної економії витрат ( $E^{рік}$ ) при впровадженні теплових насосів визначається:

- величиною теплового навантаження ( $Q$ ),
- тривалістю використання розрахункової теплової потужності теплових насосів ( $n$ ),
- вартістю енергоносіїв ( $C$ ) і ін.

Укрупнено величина

$$E^{рік} = E_{тр} - E_{тн} . \quad (16.17)$$

Величина  $E_{тр}$  визначається:

$$E_{тр} = 3,385 \cdot n \cdot C_Q \cdot Q_{тн}^p / 1000, \quad (16.18)$$

де  $C_Q$  – вартість теплової енергії, у.е./ГДж;

$n$  – тривалість використання розрахункового теплового потенціалу ТВЕР протягом року.

Величина  $E_{тн}$  визначається

$$E_{тн} = 0,286 \cdot n \cdot C_e \cdot Q_{тн}, \quad (16.19)$$

де  $C_e$  – вартість електричної енергії, у.е./кВт·годин.

Використовуючи значення  $K_{тну}$  і  $E^{рік}$  і та величину процентної ставки по кредиту ( $A$ ), що дорівнює не більше 0,5 ставки рефінансування Національного банку, за нижченаведеними виразами можна визначити термін окупності ( $T_{ок}$ ) і прибутковість ( $D$ ) впровадження теплових насосів

$$T_{ок} = K_{тну} / E^{рік}, \quad (16.20)$$

$$D = 100 \cdot E^{рік} / (K_{тну} \cdot (1 + A/100)) \quad (16.21)$$

### Завдання

Розрахувати і дати оцінку енергетичної та економічної ефективності застосування теплового насоса (ТН) в системі утилізації теплоти стічних (оборотних) вод. Споживач теплоти, виробленої ТН - гаряче водопостачання підприємства і прилеглих об'єктів. Використовується ТН типу «вода-вода» зі спіральним компресором

Початкові дані:

1. Обсяг ТВЕР (стічних вод) становить  $G$ , м<sup>3</sup>/годин;
2. Глибина охолодження потоку ТВЕР  $\Delta t$ , °С;
3. Коефіцієнт доступності утилізації ТВЕР дорівнює  $R$ ;
4. Розрахункова тривалість використання теплового потенціалу ТВЕР  $n$ , годин;
5. Середньорічний опалювальний коефіцієнт ТН становить  $\varepsilon$
6. Коефіцієнт корисної дії (ККД) чинного джерела теплопостачання дорівнює  $\eta_{тд}$
7. ККД теплової мережі  $\eta_{тм}$ ;
8. ККД джерела електричної енергії  $\eta_{ен}$ ;
9. ККД передачі і трансформації електричної енергії  $\eta_{ес}$
10. Вартість електричної енергії  $C_e$ , у.е./кВт·годин;
11. Вартість теплової енергії  $C_Q$ , у.е./ГДж;
12. Процентна ставка за кредитом  $A$ , %.

Вихідні дані для розрахунку

№	Пара-метри	Розмірність	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
1	G	м <sup>3</sup> /годин	45	38	43	42,5	40
2	Δt	°С	4	5	4,5	4	4,7
3	R	–	0,95	0,95	0,95	0,95	0,87
4	n	·годин	5200	5400	6000	6000	5000
5	ε	–	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
6	η <sub>тд</sub>	–	0,8	0,7	0,7	0,85	0,85
7	η <sub>тм</sub>	–	0,92	0,87	0,85	0,93	0,91
8	η <sub>ен</sub>	–	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35
9	η <sub>ес</sub>	–	0,92	0,87	0,85	0,93	0,91
10	C <sub>ε</sub>	у.е./кВт·годин	0,035	0,035	0,03	0,035	0,035
11	C <sub>Q</sub>	у.е./ГДж	8,35	8,35	8,25	8,35	8,35
12	A	%	18	17	13	15	16
13	Тип ТН та Тип компресора		«вода-вода» зі спіральним компресором				

№	Пара-метри	Розмірність	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
1	G	м <sup>3</sup> /годин	44	42	41	43	39
2	Δt	°С	4,7	4,6	5	4,4	4,5
3	R	–	0,87	0,87	0,88	0,9	0,93
4	n	·годин	5300	5800	5200	5900	5400
5	ε	–	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
6	η <sub>тд</sub>	–	0,75	0,83	0,8	0,8	0,8
7	η <sub>тм</sub>	–	0,88	0,85	0,9	0,9	0,85
8	η <sub>ен</sub>	–	0,33	0,32	0,32	0,33	0,33
9	η <sub>ес</sub>	–	0,88	0,85	0,9	0,9	0,85
10	C <sub>ε</sub>	у.е./кВт·годин	0,033	0,033	0,03	0,03	0,03
11	C <sub>Q</sub>	у.е./ГДж	8,3	8,3	8,35	8,35	8,35
12	A	%	17	18	18	16	15
13	Тип ТН та Тип компресора		«вода-вода» зі спіральним компресором				



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 17

### ВИКОРИСТАННЯ РЕКУПЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК У СИСТЕМАХ МІКРОКЛІМАТУ У БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Рекуперація тепла стала досить часто використовуватися останнім часом в системах вентиляції. Якщо розглядати більш детально сам процес, то спочатку слід визначитися і зрозуміти, що означає сам термін рекуперація. Рекуперація тепла в системах вентиляції означає, що пропускається повітря, який видаляється спеціальними установками, пропускається крізь систему фільтрів і подається назад (рис 17.1).



Рис 17.1 – Загальний вид рекуператорів тепла

Припливно-витяжна система вентиляції – це комплекс, що забезпечує подачу чистого повітряного потоку і відведення використаного (рис 17.2).



Рис 17.2 – Схема припливно-витяжної системи з рекуператором тепла

Рекуператор представлений у вигляді теплообмінника з подвійними стінками, через які проходить тепле витяжне повітря, а також холодні припливні повітряні маси. Пластижки мають високу теплопровідність. Вони встановлюються для того, щоб уникнути змішування теплих і холодних повітряних мас. Витяжне повітря рухається вздовж квадратної труби, а припливне — поперек.

### Розрахунок рекуператора

Теплова потужність системи припливної вентиляції без рекуператора

$$Q = 0,337 \times L \times (t_1 - t_2), \text{ Вт} \quad (17.1)$$

де  $L$  – витрата повітря,  $\text{м}^3/\text{год}$

$t_1$  – температура припливного зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$

$t_2$  – температура витяжного повітря,  $^{\circ}\text{C}$

0,337 – перевідний коефіцієнт.

ККД розраховується за формулою:

$$Q_p = Q \times \eta, \text{ Вт} \quad (17.2)$$

де:  $Q$  – енергетичні або електричні витрати на підігрів повітря

$\eta$  – ККД рекуператора

### Завдання

Визначити ефективність роботи вентиляційного рекуператора установки системи мікроклімату приміщень в фізичному і грошовому вираженні, якщо відомі наступні вихідні дані.

Дано:

1. Витрата повітря  $L$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$
2. Температура припливного зовнішнього повітря  $t_1$ ,  $^{\circ}\text{C}$
3. Температура витяжного повітря  $t_2$ ,  $^{\circ}\text{C}$
4. ККД рекуператора  $\eta$ , %

Вихідні дані для розрахунку

Найменування	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
$L$ , $\text{м}^3/\text{год}$	7800	3200	4500	6300	3800
$t_1$ , $^{\circ}\text{C}$	-18	-22	-23	-14	-20
$t_2$ , $^{\circ}\text{C}$	20	20	20	22	22
$\eta$ , %	80	80	75	75	60

Найменування	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
$L$ , $\text{м}^3/\text{год}$	4200	5000	6000	5500	6700
$t_1$ , $^{\circ}\text{C}$	-19	-18	-15	-21	-17
$t_2$ , $^{\circ}\text{C}$	22	18	18	16	16
$\eta$ , %	60	70	70	85	85

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 18

### ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПОВІТРЯНО-ТЕПЛОВИХ ЗАВІС

У 1888 році Феофілом ван Каннелем були запатентовані двері, які обертаються. Він стверджував, що цей винахід запобігає потраплянню «отруйних і зловісних запахів». Крім того, виникала необхідність утримання дверей при проходженні іншої людини. Другим ноу-хау винахідника була повітряна тепла завіса, запатентована в 1904 році і вперше встановлена в будівлі в 1916 році. Вона виконувала схожу функцію (рис 18.1).

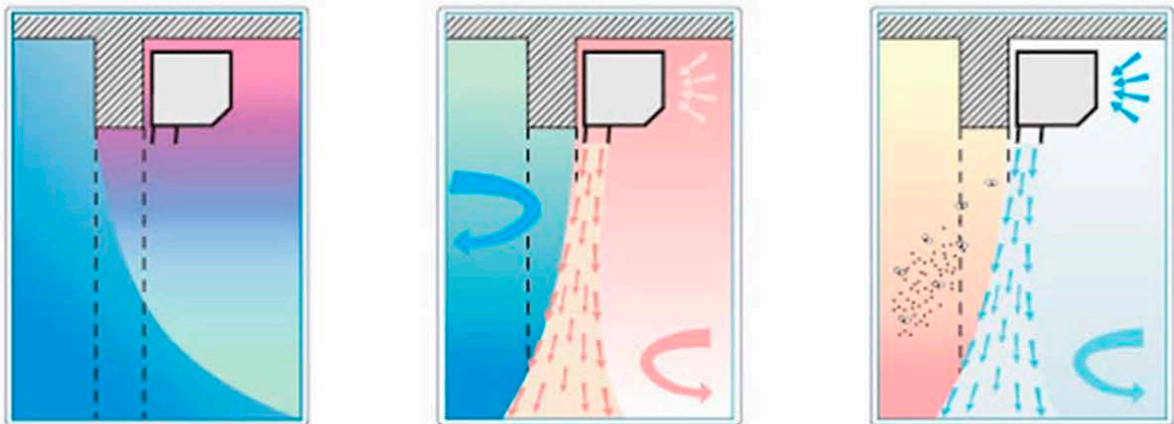


Рис 18.1 - Принцип дії повітряно-теплової завіси

Теплова завіса створює безперервний потік повітря, який рухається зверху вниз уздовж відкритого дверного отвору. Бувають також пристрої, які встановлюються перед зачиненими дверима для додаткового захисту. В обох випадках вони утворюють бар'єр, що допомагає утримувати гарячий або холодний потік, зупиняти проникнення літаючих комах та фільтрувати повітря, перш ніж воно потрапить в приміщення

Незалежно від джерела тепла, повітряно-теплові завіси поділяються на завіси змішувального і шибруючого типу.

Перші розбавляють холодний потік повітря з вулиці теплими струменями, значно підвищуючи його температуру. Теплові завіси такого типу встановлюються в тамбурах.

Другі формують протидію току холодного повітря через дверний проріз. Повітряний струмінь завіси при цьому прямує під кутом до площини отвору дверей. Вона виштовхує вуличне повітря назовні, при цьому трохи охолоджуючись сама, і затікає назад у двері. Нагрівання повітря в завісі можна відрегулювати так, щоб температура суміші, що потрапляє в приміщення, відповідала нормативним вимогам

Конструкція повітряно-теплової завіси є тепловентилятор. У сталевому корпусі розміщені нагрівальний елемент і вентилятор. Через перфоровану стінку корпусу повітря потрапляє всередину пристрою, де нагрівається і нагнітається за допомогою вентилятора в площину дверного отвору через сопло, розташоване в корпусі (рис 18.2).



Рис 18.2 - Повітряно-теплова завіса

*Енергозбереження при використанні повітряно-теплових завіс*

За діаграмою визначаємо величину теплових втрат  $Q_1$  через не захищені повітряною завісою ворота, **МВт/рік** (рис 18.3)

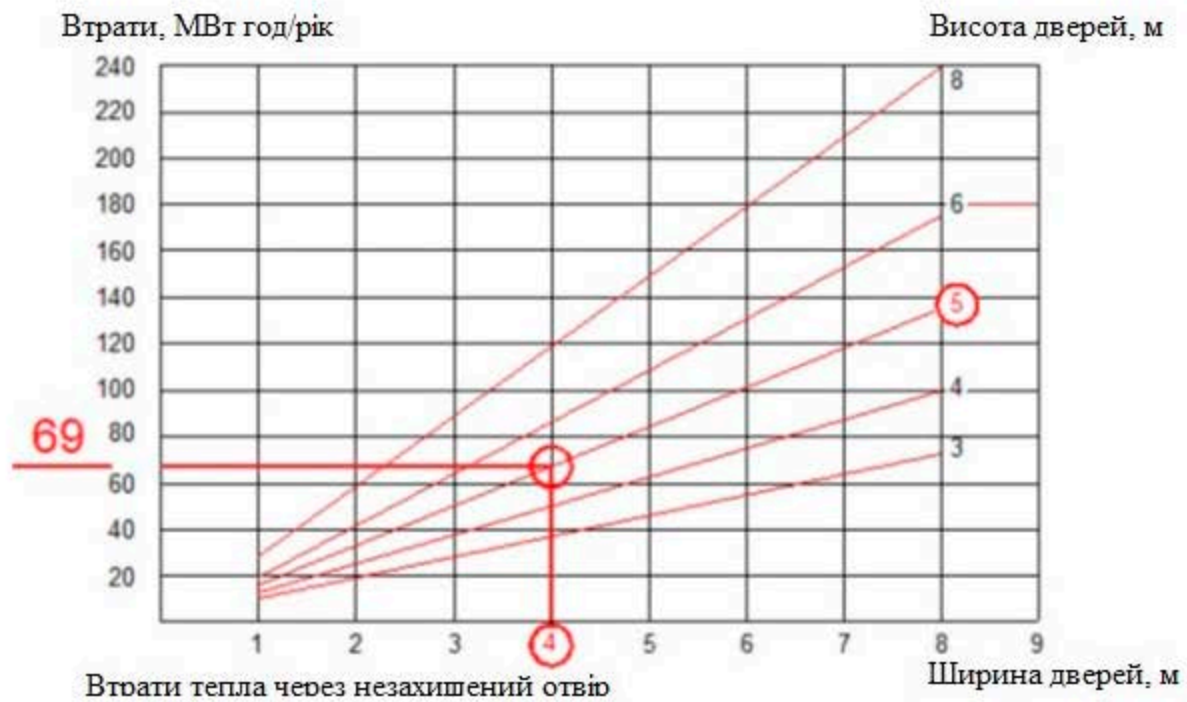


Рис 18.3 – Втрати тепла через зовнішній відкритий отвір без повітряно-теплової завіси



За діаграмою економії теплових втрат  $E$  (рис 18.4), захищених воріт, визначаємо % економії, знаючи висоту відкритого зовнішнього отвору.

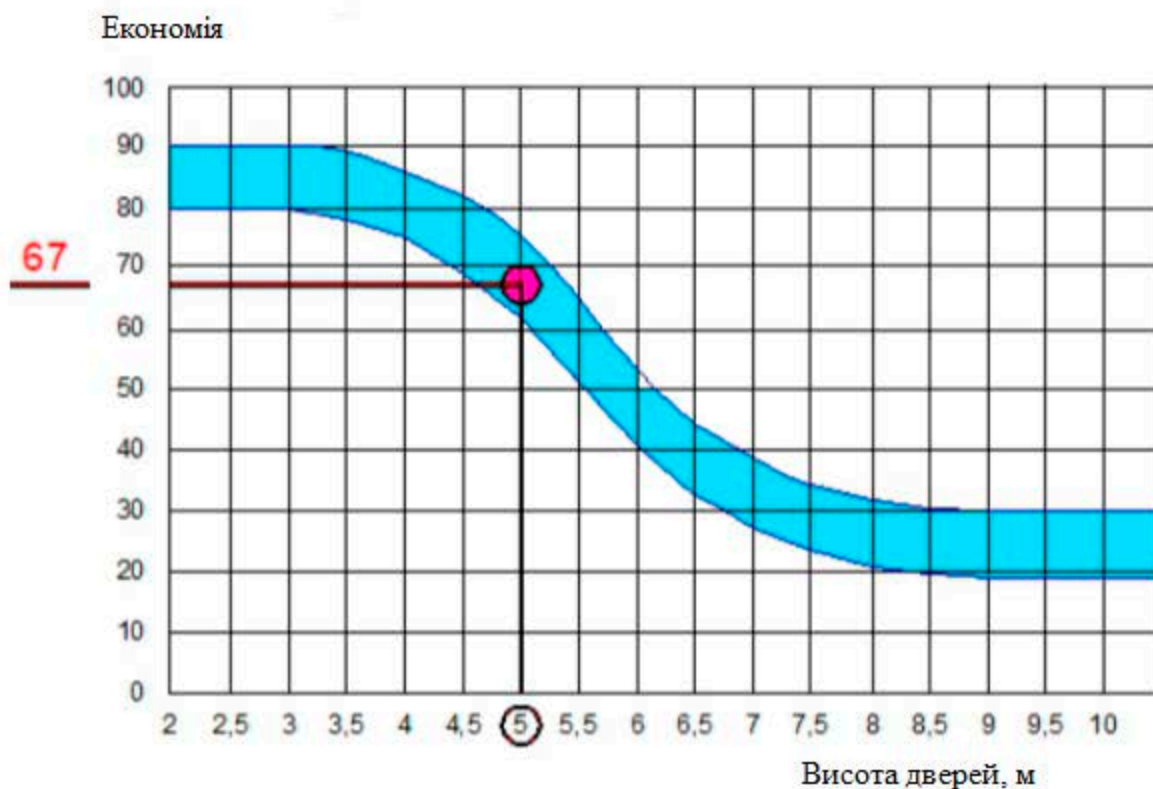


Рис 18.4 – Економія теплової енергії під час роботи повітряно-теплової завіси

Визначаємо величину теплових втрат  $Q_2$  захищених воріт, МВт/рік:

$$Q_2 = (1 - E) Q_1 \quad (18.1)$$

При цьому енергозбереження складе, МВт/рік:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 \quad (18.2)$$

Зазвичай результати розрахунку зводять у табличну форму, приклад її наведено у таблиці 18.1:

Таблиця 18.1 – Результат роботи повітряно-теплових завіс

Втрати енергії через незахищені двері	
Втрати енергії через двері, захищені завісою	
Енергозбереження	
Економія коштів	

### Завдання

У будівлі біля відкритого зовнішнього отвору встановлена повітряно-теплова завіса. Температура внутрішнього повітря 18°C. Визначити енергозберігаючий ефект та економію у грошовому еквіваленті при установці повітряно-теплової завіси, вартість теплової енергії прийняти згідно з чинним законодавством, якщо відомі такі вихідні дані:

1. Місто
2. Висота воріт, м
3. Ширина воріт, м

Вихідні дані для розрахунку

Найменування	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
Місто	Київ	Житомир	Ужгород	Запоріжжя	Одеса
Висота, м	5	3	4	2,5	4,4
Ширина, м	4	3	5	3	3,6

Найменування	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
Місто	Львів	Ізмаїл	Чернігів	Полтава	Чернівці
Висота, м	3,6	3	4,6	6	4
Ширина, м	3,6	4	3	6	4,5



## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 19

### РІЧНА ЕКОНОМІЯ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ

Індивідуальний облік теплової енергії ефективний тоді, коли споживач має можливість регулювати витрату тепла в залежності від своїх власних потреб.

Для підтримки необхідного температурного графіка в системі опалення планується встановити регулятори на опалення з датчиками зовнішнього і внутрішнього повітря. За відповідною програмою регулятор може здійснювати зниження температури повітря в приміщеннях в нічні години та вихідні дні, що найбільш актуально для будівель бюджетної сфери.

Автоматизоване управління опалювальним навантаженням дозволяє отримати економію в осінньо-весняний період, коли поширеною проблемою є наявність перетопів, пов'язане з особливостями центрального якісного регулювання теплового навантаження на джерелах теплопостачання.

#### Методика розрахунку ефективності заходу

1. Фактичне годинне теплове навантаження будівлі на опалення становить, Гкал/год

$$q_{\text{ч}} = \frac{Q}{z \cdot 24} \quad (19.1)$$

де  $Q$  – річне споживання теплової енергії на опалення будівлі  
 $z$  - тривалість опалювального періоду, днів

2. Організація чергового опалення передбачає зниження температури в повітрі в приміщеннях будинку до  $t_{\text{в}}^{\text{ч}} = 14$  °С. Годинне навантаження на опалення в даному випадку складе, Гкал / год:

$$q_{\text{ч}}^{\text{ч}} = q_{\text{ч}} \cdot \frac{(t_{\text{в}}^{\text{ч}} - t_{\text{зов}}^{\text{ср}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{зов}}^{\text{ср}})} \quad (19.2)$$

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

$t_{\text{зов}}^{\text{ср}}$  - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С

3. Річні витрати теплової енергії на опалення будівлі при організації чергового опалення та 9-ти годинному робочим дні організації, Гкал:

$$Q_{\text{ч}} = (q_{\text{ч}} \cdot 9 + q_{\text{ч}}^{\text{ч}} \cdot 15) \cdot z_{\text{р}} + q_{\text{ч}}^{\text{ч}} \cdot z_{\text{с}} \quad (19.3)$$

де  $z_{\text{р}}$  – кількість робочих днів в опалювальному періоді;

$z_{\text{с}}$  – кількість вихідних і святкових днів в опалювальному періоді.

4. Економія теплової енергії від впровадження чергового опалення за опалювальний період, Гкал

$$\Delta Q_{\text{ч}} = Q - Q_{\text{ч}} \quad (19.4)$$

5. Загальна економія теплової енергії за рахунок організації автоматизованого теплового пункту, Гкал:

$$\Delta Q = \Delta Q_{\text{ч}} + k \cdot Q \quad (19.5)$$

$k$  – коефіцієнт ефективності регулювання теплового навантаження в осінньо-весняний період

6. Річна економія в грошовому вираженні, тис. грн

$$\Delta E = \Delta Q \cdot T_{\text{те}} \cdot 10^{-3} \quad (19.6)$$

$T_{\text{те}}$  – тариф на теплову енергію, грн/Гкал

7. Термін окупності проекту:

$$DP = \frac{Inv}{\Delta E} \quad (19.7)$$

### Завдання

В офісній будівлі було вирішено з метою енергозбереження застосувати організацію автоматизованого теплового пункту. Необхідно визначити економічний ефект і термін окупності даного заходу.

Початкові дані:

1. Річне теплове навантаження на систему опалення будівлі  $Q$ , Гкал.
2. Температура повітря в приміщенні  $t_{\text{в}}$ , °С.
3. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період,  $t_{\text{зов}}^{\text{ср}}$ , °С
4. Загальна тривалість опалювального періоду  $z$ , діб.
5. Кількість днів за опалювальний період робочих  $z_{\text{р}}$ , днів
6. Кількість днів за опалювальний період неробочих  $z_{\text{нр}}$ , днів
7. Тариф на теплову енергію  $T_{\text{те}}$ , грн.
8. Тривалість робочого дня, годин
9. Температура чергового опалення  $t_{\text{дв}} = 4$  °С.
10. Коефіцієнт ефективності регулювання теплового навантаження в осінньо-весняний період  $k = 0,7$
11. Обсяг інвестицій в даний захід, виходячи з сукупних витрат на розробку проекту теплового пункту, обладнання та монтаж, залишить,  $Inv$ , тис грн.

Вихідні дані для розрахунку

№	Розмірність	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
		Вінниця	Луцьк	Київ	Львів	Миколаїв
1	Гкал	375	350	425	470	445
2	°С	20	20	20	20	20
3	°С	-0,2	0,3	0,4	0,4	1,1
4	діб	182	180	178	179	161
5	днів	117	121	107	108	111
6	днів	65	59	71	71	50
7	грн	1212	1212	1212	1212	1212
8	годин	9	9	9	9	9
9	°С	14	14	14	14	14
10	-	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
11	тис. грн	125	135	140	115	130

№	Розмір-ність	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
		Полтава	Одеса	Харків	Ужгород	Рівне
1	Гкал	490	510	400	460	480
2	°С	20	20	20	20	20
3	°С	-0,8	2	-1	1,4	0,1
4	дБ	178	158	179	154	185
5	днів	107	108	108	125	120
6	днів	71	50	71	60	65
7	грн	1212	1212	1212	1212	1212
8	годин	9	9	9	9	9
9	°С	14	14	14	14	14
10	-	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
11	тис. грн	148	137	150	145	150

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 20

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОСТИКЛЕННІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Енергозберігаюча світлопрозора плівка призначена для зниження втрат радіаційної частини теплової енергії через вікна. Товщина плівки 80 мікрон. Плівку встановлюють в міжрамний простір, або з внутрішньої сторони вікна. Створюється ефект додаткового скла. За даними виробників плівка економить від 15 до 30% тепла, що можна порівняти із застосуванням склопакетів, але при набагато менших витратах. Економічний ефект від впровадження даного заходу можливий тільки при наявності системи регулювання та обліку теплової навантаження.

#### Методика розрахунку ефективності заходу

1. Тепловтрати приміщення через світлопрозорі огорожувальні конструкції визначаються:

$$Q_1 = \frac{1}{R_1} \cdot F \cdot (t_s - t_{\text{зов}}^{\text{cp}}) \quad (20.1)$$

$R_1$  – опір теплопередачі світлопрозорих огорожень до установки плівки, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт

$F$  – площа скління, м<sup>2</sup>

$t_s$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, °C

$t_{\text{зов}}^{\text{cp}}$  – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °C

2. Тепловтрати приміщення після установки ПВХ-плівки в міжрамний простір вікон:

$$Q_2 = \frac{1}{R_2} \cdot F \cdot (t_s - t_{\text{зов}}^{\text{cp}}) \quad (20.2)$$

$R_2$  – опір теплопередачі світлопрозорих огорожень після установки плівки, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт

3. Обсяг теплової енергії, зекономленої за опалювальний період

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot z \cdot K \quad (20.3)$$

$z$  – тривалість опалювального періоду, годин

$K$  – коефіцієнт перекладу, дорівнює 0,86

4. Річна економія в грошовому вираженні, грн

$$\Delta E = \Delta Q \cdot T_{\text{те}} \quad (20.4)$$

$T_{\text{те}}$  – тариф на теплову енергію, грн/Гкал

5. Визначення  $Inv$  – інвестиції (капітальні вкладення) в проект

6. Термін окупності проекту:

$$DP = \frac{Inv}{\Delta E} \quad (20.5)$$

## Завдання

В офісній будівлі було вирішено на вікна з метою енергозбереження застосувати установку штор з ПВХ-плівки в міжрамний простір вікон. Необхідно визначити економічний ефект і термін окупності даного заходу.

Початкові дані:

1. Кількість вікон в будівлі  $N$ , шт.,
2. Висота вікна  $h$ , м,
3. Ширина вікна  $a$ , м.
4. Температура повітря в приміщенні  $t_{в}$ , °C.
5. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період,  $t_{зov}^{cp}$ , °C
6. Тривалість опалювального періоду,  $n$ , діб
7. Тариф на теплову енергію  $T = 1212$  грн.
8. Опір теплопередачі світлопрозорих огорожень до установки плівки  
 $R_{ок} = R_1 = 0,4$  (м<sup>2</sup>·°C)/Вт
9. Встановлення в міжрамний простір плівки дозволяє збільшити опір теплопередачі віконного блоку до  $R_{пл} = R_2 = 0,54$  (м<sup>2</sup>·°C)/Вт
10. Матеріали (витрати), грн/м<sup>2</sup>
11. Монтаж ПВХ-плівки (витрати), грн/м<sup>2</sup>  
(Площа плівки  $F = N \cdot h \cdot a$ , м<sup>2</sup>)

Вихідні дані для розрахунку

№	Розмірність	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
		Вінниця	Луцьк	Київ	Львів	Миколаїв
1	шт	100	145	140	160	200
2	м	2	3	2,2	2	2,5
3	м	2	2	1,5	1,7	2,5
4	°C	20	20	20	20	20
5	°C	-0,2	0,3	0,4	0,4	1,1
6	діб	182	180	178	179	161
7	грн	1212	1212	1212	1212	1212
8	(м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	0,45	0,4	0,44	0,4	0,5
9	(м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	0,54	0,54	0,54	0,54	0,65
10	грн/м <sup>2</sup>	8,5	8,5	8,5	8,5	9
11	грн/м <sup>2</sup>	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25

№	Розмірність	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
		Полтава	Одеса	Харків	Ужгород	Рівне
1	шт	170	180	190	150	185
2	м	2,5	2,7	2,7	2	2,5
3	м	2,5	1,5	1,5	1,8	2
4	°C	20	20	20	20	20
5	°C	-0,8	2	-1	1,4	0,1
6	діб	178	158	179	154	185
7	грн	1212	1212	1212	1212	1212
8	(м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	0,47	0,55	0,55	0,5	0,44
9	(м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	0,6	0,69	0,69	0,65	0,7
10	грн/м <sup>2</sup>	9	9,7	9,7	9,2	9,2
11	грн/м <sup>2</sup>	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 21

### ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ТЕПЛОЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ

Інтерес представляє енергозберігаючий ефект від заміни зношеної та несучасної теплової ізоляції з низьким коефіцієнтом опору теплопередачі на нову, що має більш високі показники теплозахисту. Крім цього, за рахунок заміни ізоляції значно знижуються тепловтрати на нагрівання вентиляційного (інфільтраційного) повітря, які є наслідком нещільностей. Ці втрати найчастіше становлять понад 25% від загальних тепловтрат приміщення.

Цей захід може бути використаний для зниження теплових втрат через зовнішні огорожі, для усунення випадання конденсату на внутрішній поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій та спричинити зміну класу енергетичної ефективності будівлі (рис. 21.1).

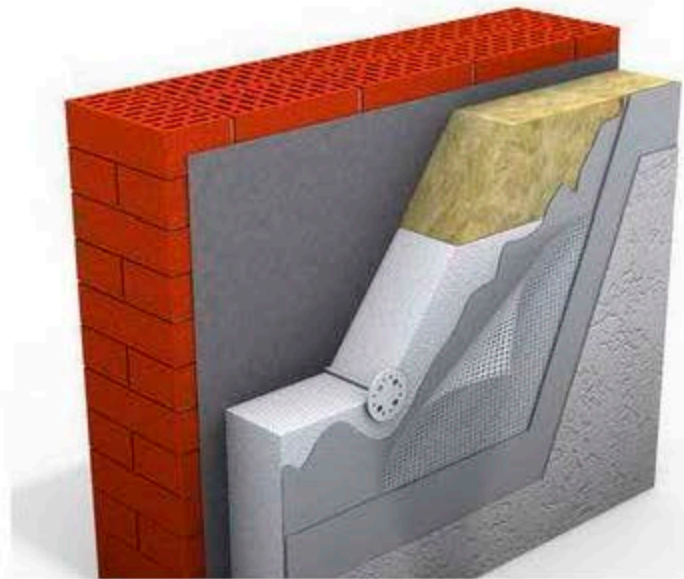


Рис 21.1 – Утеплювач зовнішньої стіни (приклад)

Опір теплопередачі окремих елементів огорожувальних конструкцій будівлі є одним із показників теплового захисту будівлі, що нормуються. Нормативні значення встановлюються залежно від градусо-добі опалювального періоду.

Середні за опалювальний період втрати теплової енергії через фасади будівлі  $Q$ , Гкал:

$$Q = \frac{0,024 \cdot \text{ГДОП}}{R \cdot 1163} \cdot F \quad (21.1)$$

де  $R$  — опір теплопередачі окремих елементів огорожувальних конструкцій,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;

ГДОП — градусо-дів опалювального періоду

0,024, 1163 — переводні коефіцієнти

$F$  — площа фасадів,  $\text{м}^2$ .



У разі утеплення фасадів економія теплової енергії  $\Delta Q$ , Гкал може бути розрахована за формулою:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = \left( \frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_{ут}} \right) \cdot \frac{0,024 \cdot \Gamma Д О П}{1163} \cdot F \quad (21.2)$$

$\Delta Q$  – економія теплової енергії, Гкал

$Q_1$  – втрати тепла будівлі без утеплювача, Гкал

$Q_2$  – втрати тепла будівлі з утеплювачем, Гкал

$R_0$  – термічний опір огорожувальної конструкції до утеплення,  $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$ ;

$R_{ут}$  – термічний опір огорожувальної конструкції з утеплювачем,  $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$ ;

Економія теплової енергії  $\Delta E$  у грошовому вираженні:

$$\Delta E = \Delta Q \cdot c_t \quad (21.3)$$

$c_t$  – величина тарифу на теплову енергію, грн/Гкал

З урахуванням вищевикладених формул, економія теплової енергії  $\Delta E$  може бути представлена:

$$\Delta E = \left( \frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_{ут}} \right) \cdot \frac{0,024 \cdot \Gamma Д О П}{1163} \cdot F \cdot c_t \quad (21.4)$$

### Завдання

Будинок до утеплення зовнішньої стіни мав термічний опір  $R$ . Після використання утеплювача, термічний опір зовнішньої стіни став  $R_{ут}$ . Площа зовнішньої стіни,  $F$ . (рис 21.2) Визначити економію теплової енергії у будинку при використанні утеплювача.

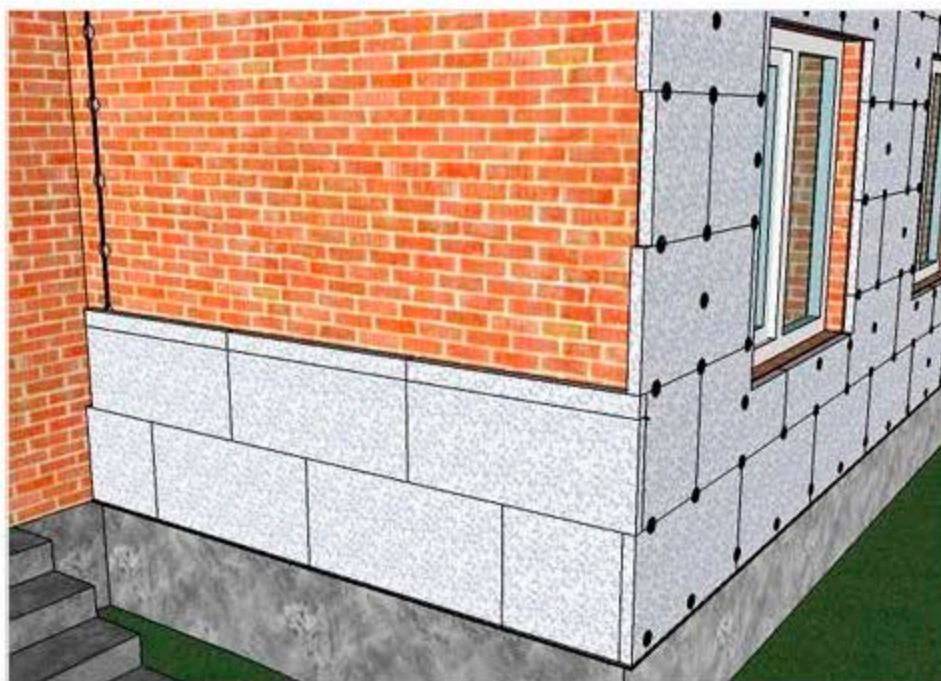


Рис 21.2 – Утеплення будівлі

Вихідні дані для розрахунку

Найменування	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
Місто	Київ	Миколаїв	Запоріжжя	Львів	Одеса
ГДОП	3572	2904	3202	3476	2805
$R_0, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	2,4	1,8	1,7	2,4	2
$R_{ут}, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	3,4	3	2,9	3,7	2,85
$F, \text{м}^2$	1100	1500	2000	1800	1600

Найменування	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
Місто	Тернопіль	Суми	Рівне	Ужгород	Ізмаїл
ГДОП	3515	3997	3585	2657	2812
$R_0, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	2,2	1,5	1,8	2	2,4
$R_{ут}, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	4	3,3	3,5	2,8	3
$F, \text{м}^2$	3000	2500	2200	1700	1900

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 22

### ВИЗНАЧЕННЯ РІЧНОЇ ЕКОНОМІЇ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ СЕНСОРНИХ ЗМІШУВАЧІВ

Встановлення автоматичних сенсорних змішувачів дозволяє заощадити до 50% гарячої та холодної води та є дуже ефективним енергозберігаючим заходом. Економічний ефект досягається завдяки значному скороченню протікання води.

Автоматичні сенсорні змішувачі служать для автоматичного включення та відключення подачі води до мийок та раковин, та для термостатичного регулювання її температури. Таким чином, сенсорні змішувачі відрізняються від звичайних змішувачів відсутністю вентилів для регулювання води.

Їх застосування економічно виправдане у громадських будівлях, у тому числі у навчальних закладах. Функція термостатичного регулювання захищає дітей молодшого віку від опіків. Функція автоматичного відключення перебиває потік води одразу після припинення використання. Відсутність ручного регулювання унеможливило поломку додатком надмірного зусилля.

При цьому необхідно враховувати, що часто заявляється виробниками коефіцієнт економії автоматичних сенсорних змішувачів – до 50% – є дещо завищеним. Фактичний коефіцієнт економії складе у своїй близько 20%.

1. Річне скорочення втрат води із встановленим автоматичним сенсорним змішувачем визначається за формулою, м<sup>3</sup>:

$$\Delta V = k_{eff} \cdot V_n \quad (22.1)$$

де  $k_{eff}$  – коефіцієнт економії автоматичних сенсорних змішувачів;  
 $V_n$  – обсяг води, спожитої через існуючі змішувачі за базовий період (розраховується окремо для гарячої та холодної води), м<sup>3</sup>

2. Загальна річна економія в грошах визначається:

$$E = \Delta V_T \cdot T_2 + \Delta V_x \cdot T_x \quad (22.2)$$

$\Delta V_T$  – річна економія гарячої води, м<sup>3</sup>;  
 $\Delta V_x$  – річна економія холодної води, м<sup>3</sup>;  
 $T_2$  – тариф на гарячу воду, грн./ м<sup>3</sup>;  
 $T_x$  – тариф на холодну воду, грн./ м<sup>3</sup>

3. Витрати на заміну всіх змішувачів визначаються:

$$C = N \cdot C_1 \quad (22.3)$$

де  $N$  – кількість встановлених у будівлі змішувачів,  
 $C_1$  – витрати на встановлення одного автоматичного сенсорного змішувача з урахуванням матеріалів та вартості робіт, грн.

**Завдання**

У будівлі встановлені змішувачі. З метою енергозбереження передбачено встановлення автоматичних сенсорних змішувачів. Визначити річну економію від цього заходу, якщо вихідні дані обираються відповідно до номера варіанта. Тарифи на холодну та гарячу воду прийняти згідно з чинними документами. Коефіцієнт економії автоматичних сенсорних змішувачів  $k_{eff} = 20\%$ .

Початкові дані:

1. Фактичне споживання гарячої води на всі змішувальні пристрої протягом року  $V_G, \text{м}^3$
2. Фактичне споживання холодної води на змішувальні пристрої протягом року  $V_X, \text{м}^3$
3. Кількість змішувачів  $N$ , встановлені у будівлі
4. Витрати на встановлення одного автоматичного сенсорного змішувача з урахуванням матеріалів та вартості робіт  $C_1$ , грн

Вихідні дані для розрахунку

№	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
1	1100	900	1500	1300	1400
2	2800	2200	2000	2700	3500
3	11	10	15	13	12
4	8000	8000	8200	8200	8500

№	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
1	1250	1200	1000	1600	1300
2	3200	2500	3000	4000	3700
3	14	13	15	16	14
4	8100	8300	8100	8500	8300

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 23

### ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКІВ РУХУ

Датчик руху - це пристрій з вбудованим датчиком, який стежить за рівнем ІЧ-випромінювання. При появі людини (або іншого масивного об'єкта з температурою більше фонові) в поле зору датчика ланцюг освітлення замикається.

Основною перевагою датчика руху для монтажників є його проста установка і настройка для подальшої експлуатації: немає необхідності в подальшій експлуатації, прокладка спеціальних контрольних мереж або використання додаткового дорогого обладнання. Датчики встановлені в розрив електричного ланцюгу і відразу готові до роботи.

Основне призначення даного обладнання - забезпечити користувачеві комфорт і економію електроенергії. Успішний досвід експлуатації датчиків руху показує, що вони дозволяють економити 70-80 % електроенергії енергії, яка витрачена на освітлення в будівлі.

Розрахунок датчиків руху ведеться за такою методикою.

1. Кількість ламп під час роботи датчиків руху визначаються:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S_p \cdot Z}{F \cdot h} \quad (23.1)$$

$E$  – норма освітленості, лк

$k$  – коефіцієнт запасу лампи, необхідний для компенсації втрат освітлення внаслідок її зашпеленості, приймається 1,2 для галогенових та ламп накаливання, для газорозрядних – 1,4;

$S_p$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>

$Z$  – коефіцієнт мінімальної освітленості, що приймається для ламп накаливання та газорозрядних ламп високого тиску 1,15, для люмінесцентних ламп 1,1;

$F$  – світловий потік 1 лампи, лм, що визначається за формулою:

$$F = g \cdot P_{\text{л}}, \quad (23.2)$$

$P_{\text{л}}$  – електрична потужність лампи, Вт;

$g$  – світловіддача від лампи, лм/Вт, (для люмінесцентних дорівнює 0,45 лм/Вт);

$h$  – коефіцієнт використання світлового потоку, що залежить від індексу приміщення, висоти підвісу світильників, типу ламп, приймається за таблицею 23.1.

Індекс приміщення  $i$  визначається за формулою:

$$i = \frac{AB}{H_p(A + B)} \quad (23.3)$$

$A$  та  $B$  – довжина та ширина приміщення, м;

$H_p$  – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м.



Таблиця 23.1. Значення коефіцієнта використання світлового потоку  $h$

$i$	Світлі адміністративно-конторські приміщення	Виробничі приміщення з незначними пиловиділеннями	Пильні виробничі приміщення
0,5	28	21	18
1	49	40	36
3	73	61	58
5	80	67	65

2. Знаючи кількість світильників та одиничну потужність, можемо визначити сумарну освітлювальну потужність:

$$P_{\Sigma} = P_1 \cdot N, \text{ Вт} \quad (23.4)$$

3. Зазвичай час роботи освітлення до встановлення датчика становить 8 годин на день. Після встановлення датчика руху освітлення включається лише у разі присутності людини в зоні дії датчика.

З експериментальних даних час роботи освітлення за наявності датчика знижується на 40-50 %.

Місячна економія електроенергії складе  $\Delta W$ , кВт · год:

$$\Delta W = \frac{P_{\Sigma} \cdot n_1 \cdot k}{1000} \quad (23.5)$$

де  $n_1$  – кількість годин роботи системи освітлення на місяць до встановлення датчика

$k = 0,4 \dots 0,5$  - коефіцієнт економії (час роботи освітлення за наявності датчика знижується на 40-50%).

4. Річна економія в грошах  $\Delta E$ , грн.:

$$\Delta E = \Delta W \cdot T_{ee} \cdot 12 \quad (23.6)$$

де  $T_{ee}$  – тариф на електричну енергію, грн/кВт · год

12 - кількість місяців на рік



### Завдання

У запиленому виробничому приміщенні встановлені галогенові лампи ЛБ-18 ( $P_{л} = 18 \text{ Вт}$ ,  $g = 0,45 \text{ лм/Вт}$ ). З метою економії енергоресурсів встановлено датчики руху. До встановлення датчика, освітлення працювало протягом 8 годин на день. Після встановлення датчика руху освітлення включається лише у разі присутності людини в зоні дії датчика. Мінімальна освітленість приміщення приймається за нормою:  $E = 300 \text{ Лк}$ .

Оцінити річну економію електричної енергії у грошовому вираженні у запиленому виробничому приміщенні при використанні датчиків руху; вихідні вибираються згідно з номером варіанта:

1. Довжина приміщення  $A$ , м
2. Ширина приміщення  $B$ , м
3. Висота підвіси світильника над робочою поверхнею,  $H_p$ , м
4. Коефіцієнт економії енергії  $k$

Вихідні дані для розрахунку

№	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
1	20	25	24	22	24
2	14	20	10	17	15
3	3	2,8	3,5	3	3,2
4	0,4	0,5	0,45	0,48	0,4

№	Варіант 6	Варіант 7	Варіант 8	Варіант 9	Варіант 10
1	20	27	30	28	26
2	16	18	20	18	15
3	3,5	2,8	3	3,3	3
4	0,43	0,5	0,45	0,46	0,42

## 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. Будівельне матеріалознавство: Навчальний посібник//Т.М.Пашенко, З.І.Світла– К.: Аграрна освіта, 2013. –330 с
3. Буднікевич І.М. Становлення регіонального ринку інновацій в Україні / Буднікевич І.М., Школа І.М. – Чернівці: Зелена Буковина, 2002. – 200 с.
4. Використання відновлювальних джерел енергії : Навч. посібник / В.Р. Нікульшин , В.В. Височин –О.: Наука і техніка, 2006.- 244 с
5. 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> .
6. Екологічна безпека джерел енергії. Від традиційних до сучасних і перспективних : нач. посібник / І.А. Вінклер, Я.Ю. Тевтуль – Л.: Новий світ – 2012 -277 с
7. Інноваційні форми регіонального розвитку: навчальний посібник для вузів /Д.М.Стеченко. – Київ : Вища школа, 2002 . – 254 с.
8. Каталог інноваційних пропозицій в галузі енергозбереження Під ред.. Уляна Коваль, Іван Кульчицький . -Львів,ЛьВЦНТЕІ, 2008.- 108 с.
9. 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.
10. Кудря С.О., Головка В.М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії – Київ: , 2009. – 201с
11. 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- 23с.
12. 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.
13. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі : навч. посібник / Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа, Я.М. Гнатишин – Л.: Магнолія, 2008-188 с
14. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 176 с.
15. Про інноваційну діяльність [Електронний ресурс]: закон України від 04.07.2002 № 40-IV – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/40-15>.
16. Розрахунок основних елементів системи сонячного гарячого водопостачання [Текст]: метод. рек. до викон. домашньої контрольної роботи для студ. напряму підготовки «Теплоенергетика» /Уклад: В.В.Дубровська, В.І Шкляр, Т.Н. Ковтанюк – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 28 с.
17. 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

18. Стратегія інноваційного розвитку України на 2010–2020 роки в умовах глобалізаційних викликів / Авт.-упоряд.: Г. О. Андрощук, І. Б. Жилияєв, Б. Г. Чижевський, М. М. Шевченко. – К: Парламентське вид-во, 2009. – 632
19. Теплові насоси та кондиціонери : навч. посіб. / В.Р. Нікульшин, В.В. Височин– О.: Медія Арт, 2014. – 181 с
20. <http://radka.in.ua/dim/teplova-zavisa-na-vhidni-dveri-princ.html>
21. <https://aw-therm.com.ua/sistemi-ventilyacii-z-rekuperaciyeyu/>
22. <https://remontu.com.ua/rekuperator-povitrya-dlya-budinku-pristrij-vidi-vigotvlennya-svo-mi-rukami>
23. <https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-power-plants/medium-mono-5-kw>
24. <https://termal.ua/ua/povitriana-teplova-zavisa-istoriia-osoblyvosti-perevahy/>