



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра гідроенергетики, теплоенергетики
і гідравлічних машин

01-07-09



Національний університет
водного господарства
та природокористування

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять, контрольних та самостійних робіт з
дисципліни «Теплові насоси та їх використання» для магістрів
спеціальності 8.05060101 «Теплоенергетика»

Рекомендовано методичною
комісією спеціальності
8.05060101 «Теплоенергетика»
Протокол №1 від 29.04.15р.

Рівне 2015

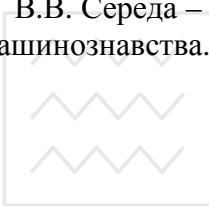


Національний університет
водного господарства
та природокористування

Методичні рекомендації до практичних занять, контрольних та самостійних робіт з дисципліни «Теплові насоси та їх використання» для магістрів спеціальності 8.05060101 «Теплоенергетика» / В.В. Серeda – Рівне: НУВГП, 2015р. – 17с.

Упорядник:

В.В. Серeda – старший викладач кафедри теплоенергетики і машинознавства.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Відповідальний за випуск: О.А. Рябенко, д.т.н., професор, завідувач кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

© Серeda В.В. 2015
© НУВГП, 2015



ЗМІСТ

Передмова.....	3
1. Розрахунок реального коефіцієнта трансформації і коефіцієнта первинної енергії.....	4
2. Розрахунок ґрунтових зондів і колекторів.....	7
3. Визначення економічної доцільності переходу на тепlopостачання від теплового насоса.....	11
Список рекомендованої літератури.....	17

ПЕРЕДМОВА

Магістри спеціальності 8.05060101 «Теплоенергетика» ознайомлюються з використанням теплових насосів, як джерел енергії в системах тепlopостачання і промислових технологіях, навчаються оцінювати ефективність застосування теплових насосів у системах тепlopостачання різних об'єктів та енергозабезпечення промислових теплотехнічних процесів, підвищувати ефективність роботи теплонасосних систем за різних варіантів комбінування теплових насосів з іншим обладнанням та комбінованого використання нижніх джерел енергії під час вивчення дисципліни «Теплові насоси та їх використання» на лекціях і практичних заняттях.

Практичні заняття дозволяють закріпити знання, отримані під час вивчення теоретичного курсу, активізувати роботу кожного магістра, розвивати навички самостійного виконання поставлених задач, аналізувати їх результати і вибрати раціональне рішення.

Мета даних методичних вказівок – поглибити і практично закріпити навички виконання типових розрахунків, які виконуються на початковій стадії аналізу ефективності джерел теплоти на основі теплових насосів.



1. РОЗРАХУНОК РЕАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА ТРАНСФОРМАЦІЇ І КОЕФІЦІЄНТА ПЕРВИННОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1. Загальні відомості

Величина реального коефіцієнта трансформації теплоти ТН може бути оцінена за наступним співвідношенням

$$\varphi_R = \varphi_K \cdot \eta_{ТН}, \quad (1)$$

де $\eta_{ТН}$ – коефіцієнт втрат або ККД теплового насоса, який враховує відхилення реального циклу від ідеального циклу Карно, а також всі втрати в ТН. Для машин, які забирають теплоту з повітря (велика необоротність) слід приймати $\eta_{ТН} = 0,5 \dots 0,55$, а для випадку подачі у випарник теплового насоса рідин – $\eta_{ТН} = 0,6 \dots 0,7$. Чим вищі коефіцієнти тепловіддачі від холодильного теплоносія до стінок випарника, тим вище значення $\eta_{ТН}$ і, відповідно, φ_R .

При використанні коефіцієнта $\eta_{ТН}$ за T_G (для спрощення розрахунків) приймають температуру гарячого теплоносія на виході з конденсатора, а за T_X – температуру охолодженого теплоносія на виході з випарника ТН.

Так як у більшості випадків значення $\eta_{ТН}$ не може бути розрахованим, для визначення реального коефіцієнта перетворення коефіцієнт втрат ТН приймається в діапазоні від 0,5 до 0,7 в залежності від типу ТН, режиму його роботи та продуктивності. Більші значення коефіцієнта $\eta_{ТН}$ мають ТН великої продуктивності, які працюють з рівномірним тепловим навантаженням.

Коефіцієнт трансформації ТН утворюється діленням кількості теплової енергії на кількість механічної (електричної) енергії (або відповідних потужностей). Але електрична енергія в переважній більшості отримується перетворенням хімічної енергії палива (органічного чи ядерного) в теплоту, яка перетворюється в електроенергію. В Україні 90% електроенергії виробляють на ТЕС та АЕС. Коефіцієнт корисної дії ТЕС та АЕС лежить переважно в діапазоні 0,27...0,35.



Для інтегральної оцінки ефективності теплонасосних систем і інших джерел теплоти і порівняння їх між собою по витраті палива запропоновано вживати коефіцієнт первинної енергії (КПЕ), який враховує ефективність перетворення теплоти в роботу та електроенергію і її витрати при передачі на відстань.

З визначення КПЕ стає зрозумілим, що порівняння для обчислення КПЕ буде різним при електроприводі чи тепломеханічному приводі компресора ТН.

При електричному приводі ТН:

$$\text{КПЕ}_{\text{ел}} = \varphi \cdot \eta_{\text{с.тепл.}} \cdot \eta_{\text{ЛЕП}}, \quad (2)$$

де φ – коефіцієнт трансформації ТН, $\eta_{\text{с.тепл.}}$ – ККД ТЕС і АЕС (середній по енергосистемі $\eta_{\text{с.тепл.}}=0,27\dots0,35$), $\eta_{\text{ЛЕП}}$ – коефіцієнт корисної дії лінії електропередач, в яких витрати складають 8...12% ($\eta_{\text{ЛЕП}}=0,88\dots0,92$).

При тепломеханічному приводі ТН використовують дизельні чи бензинові поршневі двигуни, парові або газові турбіни. Поєднання теплового насоса з тепломеханічним приводом дає значні переваги завдяки можливості утилізувати (використовувати) частково викиди теплоти у двигуні у відповідності з II-м законом термодинаміки та теплоти з системи охолодження циліндрів дизельного двигуна. Звичайно ці викиди повністю використати неможливо через техніко-економічну доцільність (значні капіталовкладення). Але можна використати додатково 35...45% від загальної теплоти, підведеної в цикл теплової машини.

В механічну енергію перетворюється біля 35...42% енергії палива в дизельних двигунах і близько 30% в паротурбінних установках.

Виходячи з викладених міркувань, КПЕ для тепломеханічного приводу ТН визначається за формулою:

$$\text{КПЕ}_{\text{ТМ}} = \varphi \cdot \eta_{\text{Т.дв}} + k_y, \quad (3)$$

де k_y – коефіцієнт утилізації відходів.

Для електронагрівача КПЕ дорівнює добутку ККД теплової електростанції на ККД ліній електропередач (1) без φ .



В котлі (грубі, печі) використовується органічне паливо (первинна енергія), тому ККД котла буде дорівнювати КПЕ котла (груби, печі). Відомо, що більшість котлів для тепlopостачання має ККД біля 85...95%, а ККД груби і печі складає 0.8....0.85.

1.2. Задачі для розв'язування

Задача 1. Тепловий насос забирає теплоту з повітря, яке охолоджується до мінус 23°C, а гарячий теплоносій виходить з температурою 57°C. Знайти реальний коефіцієнт трансформації.

Задача 2. Тепловий насос використовує воду, яка виходить з конденсатора парової турбіни з температурою 27°C і охолоджує до 17°C. температура гарячого теплоносія 57°C. Знайти реальний коефіцієнт трансформації.

Задача 3. Визначити КПЕ для теплового насосу з $\varphi=4$ при різних варіантах приводу компресора і порівняти отримані значення з КПЕ для котла.

Задача 4. Визначити КПЕ електронагрівача, який часто використовують в системах опалення та гарячого водopостачання і порівняти отримане значення з КПЕ для теплового насосу.

1.3. Питання до самостійної роботи

1. Що таке COP і КПЕ?

2. Записати рівняння для обчислення реального коефіцієнта трансформації теплового насосу через абсолютні температури холодного і гарячого теплоносія. Дати пояснення всіх величин і цифрові межі їх зміни.

3. Напишіть формулу для КПЕ при електроприводі компресора.

4. Напишіть формулу для КПЕ при тепломеханічному приводі компресора.



2. РОЗРАХУНОК ГРУНТОВИХ ЗОНДІВ І КОЛЕКТОРІВ

2.1. Визначення геометричних розмірів

Для ґрунтових геотермальних зондів і колекторів використовуються пластикові труби, геометричні розміри яких наведені в табл. 1. Для правильного розрахунку, необхідно знати зовнішній діаметр пластикової труби, який в значній мірі впливає на коефіцієнт теплопередачі. Внутрішній діаметр зонду в значній мірі визначає гідравлічний опір і розраховується по формулі:

$$DI=DA-2\cdot S, \quad (4)$$

де DI – внутрішній діаметр в мм; DA – зовнішній діаметр в мм; S – товщина стінки в мм.

Табл 1. Геометричні розміри пластикових труб

DN	DA	Товщина (мм)	
		SDR 11	SDR 7,4
15	20	1,9	2,8
20	25	2,3	3,5
25	32	2,9	4,4
32	40	3,7	5,5
40	50	4,6	6,9
50	63	5,8	8,6

Для товщини стінки пластикової труби, яка вказує на міцність використовують показник гідравлічної міцності пластикової труби – SDR (standard dimension ratio, стандартне співвідношення розмірності). Чисельно він дорівнює відношенню зовнішнього діаметру труби до товщини стінки:

$$SDR=DA/S. \quad (5)$$

Чим менше показник SDR, тим більше стійка до тиску труба. Вказується діаметр внутрішнього прохідного перерізу DN, який є нормативним виходячи з вибраної товщини стінки.



Визначення геометричних розмірів і площі земляних колекторів можна виконати на основі даних по тепловіддачі для трьох різних типів ґрунтів (див. табл. 2).

Табл. 2. Тепловіддача ґрунту

Тип ґрунту	Тепловіддача, Вт/м ²	
	При 1800 год.	При 2400 год.
Сухі ґрунти	10	8
Вологі ґрунти	20-30	16-24
Насичений пісок/гравій	40	32

Визначення необхідної довжини труби а також оптимальної відстані між нитками повинно проводитися з уникненням можливості повного заморожування ґрунту. Тимчасові локальні зони розморожування, які виникають навколо труб не повинні перетинатися одна з одною і впливати на сусідні нитки. Відстані між колекторами для різних труб наведені в табл. 3.

Табл. 3. Відстань між колекторами

DN	DA	Відстань, см	К-сть труб, м/м ²
15	20	30	3
20	25	50	2
25	32	70	1,5

Кількість кільцевих контурів, виходячи з максимальної довжини одного контура рівної 100 м, і необхідної загальної площі ґрунтового колектора визначається за формулою:

$$N_{RK} = F_E \cdot L_{RL} / 100, \quad (6)$$

де N_{RK} – кількість кільцевих контурів; F_E – загальна площа колектора; L_{RL} – специфічна довжина труби на м².

Необхідна площа ґрунтового колектора:

$$F_E = Q_o / q_E, \quad (7)$$

де Q_o – холодопродуктивність теплового насоса у Вт; q_E – максимальна специфічна теплопродуктивність ґрунту у Вт/м².



2.2. Розрахунок необхідної кількості теплоносія, об'ємної витрати і перепаду тисків в розсольному контурі

Необхідний об'єм теплоносія в розсольному контурі ТН можна визначити по формулі:

$$V_R = V_{VL} + V_{EK} + V_{WP}, \quad (8)$$

де V_R – необхідний об'єм теплоносія, л; V_{VL} – об'єм проміжних з'єднань; V_{EK} – об'єм кожного контуру зонда, л; V_{WP} – об'єм теплового насоса, л.

Водонаповнення стандартних пластикових труб наведено в табл. 4.

Табл. 4. Водонаповнення труб

Зовнішній Φ труби \times товщину стінки, мм	DA	DN	Об'єм на кожен метр, л
20 \times 2,0	20	15	0,201
25 \times 2,3	25	20	0,327
32 \times 3,0 (2,9)	32	25	0,531
40 \times 2,3	40	32	0,984
40 \times 3,7			0,835
50 \times 2,9	50	40	1,595
50 \times 4,6			1,308
63 \times 3,6	63	50	2,445
63 \times 5,8			2,070

Чим менше різниця температур у контурі розсолу, тим більш високопотенційне тепло надходить до випарника і тим більш ефективніше працює тепловий насос. Для ґрунтових зондів і колекторів рекомендовано приймати різницю температур в межах 3÷5 К. При такій різниці теплоносії може мати склад 85% води і 15% гліколю з об'ємною витратою 184 л/год на кВт. Ця цифра підкреслює важливість мінімізації втрат тиску в первинному контурі і впливає на загальну ефективність усієї установки в цілому.



Якщо загальна об'ємна витрата і кількість зондів (колекторів) відома, можна визначити втрату тиску за допомогою відповідних діаграм.

Загальна втрата тиску складатиметься з втрати тиску у підвідних трубах і втрати тиску в паралельних контурах (петлях).

$$\Delta p = \Delta p_{\text{Звідних}} + \Delta p_{\text{петель}} \quad (9)$$

У теплових насосах з насосами розсолу падіння тиску теплоносія у первинному контурі вказано в технічному паспорті. У теплових насосів без насоса розсолу падіння тиску і об'ємна витрата мають бути розраховані для насоса зовнішнього контуру. Тут також мають бути враховане падіння тиску у випарному контурі теплового насоса.

2.3. Задачі для розв'язування

Задача 1. Знайти необхідну площу ґрунту для прокладання ґрунтових колекторів, якщо ТН працює за моновалентним режимом, тип ґрунту – вологий, тепла потужність ТН становить 21 кВт, а потужність, що споживається 4,1 кВт.

Задача 2. Яку кількість трубних контурів ґрунтового колектора необхідно прокласти, якщо максимальна довжина труб становить 100м. Труби полімерні з розмірами DA 25x2,5. Площа, яку займає ґрунтовий колектор становить 700 м².

Задача 3. Розрахувати об'єм теплоносія ґрунтового ТН, якщо загальна довжина ґрунтового колектора 6 контурів по 100 м труб PE 40x3,7 (DA 40) і 10 м труб PE 50x2,9 (DA 50). Об'єм теплового насосу становить 4,2 л.

Задача 4. Визначити загальну об'ємну витрату розсолу в ґрунтовому контурі розсолно-водяного ТН, якщо його тепла потужність становить 15кВт, а потужність, що споживається 2,8кВт. Витрату на 1кВт холодопродуктивності прийняти 356 л/год. Відповідь записати у м³/год.

Задача 5. Розрахувати загальні втрати тиску в ґрунтовому контурі розсолно-водяного ТН при встановленні 5 контурів



труб по 100 м та підвідного контуру 30 м. Прийняти, що втрати тиску для підвідних трубопроводів становить 3 мбар на 1 метр, а для контуру циркуляції 0,7 мбар.

2.4. Питання до самостійної роботи

1. Дати характеристику ґрунту, як джерелу енергії для теплового насосу.
2. Чому при відбиранні теплоти з ґрунту використовується суміш води і гліколю?
3. Типи і конструкція ґрунтових теплообмінних апаратів.
4. Які витрати зростають при зменшенні різниці температур на вході і на виході з випарника?
5. Як впливає опір випарника на ступінь охолодження теплоносія у випарнику?

3. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПЕРЕХОДУ НА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ВІД ТЕПЛООВОГО НАСОСА

3.1. Загальні відомості

Однією із задач оптимізації проектного рішення з улаштування теплового насосу як базового джерела є обґрунтування його встановленої потужності. Для покриття пікових навантажень доцільно використовувати окремі пікові джерела теплоти (рис. 1). Пікове джерело характеризується більш високими експлуатаційними затратами, але меншими капітальними вкладеннями у порівнянні з базовим. У свою чергу тепловий насос потребує більших капітальних вкладень, але характеризується меншими експлуатаційними затратами у порівнянні з газовим або електричним котлом, які доцільно в даному випадку пропонувати для покриття пікових теплових навантажень.

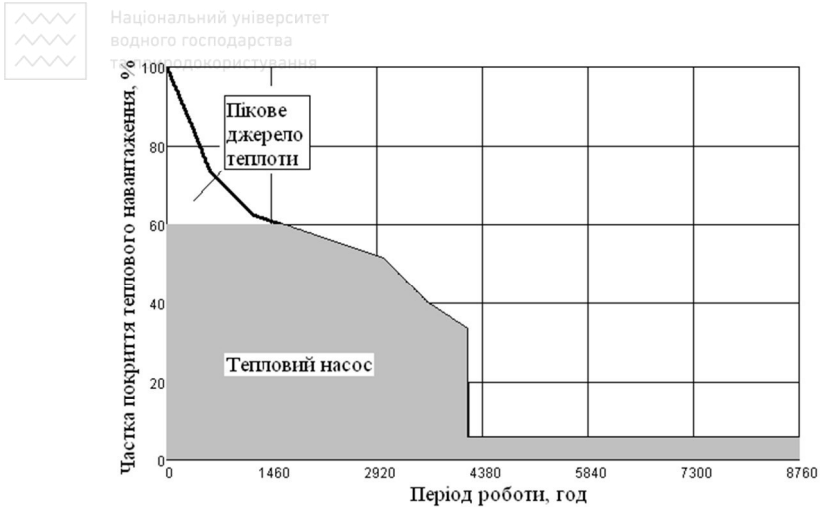


Рис. 1. Приклад покриття теплового навантаження базовим та піковим джерелом теплоти

Правильний вибір проектного рішення щодо встановлення теплового насоса вимагає детального аналізу факторів впливу (технологічних, кліматичних, цінових) та проведення відповідної оптимізації.

Для прикладу, розглянемо задачу обґрунтування та оптимізації переходу від існуючого джерела теплоти, що використовує природний газ і є найбільш розповсюдженим в централізованих системах тепlopостачання, до джерела теплоти на основі теплового насоса.

Термін окупності T_D інвестицій з урахуванням дисконтування отриманих доходів за рахунок економії енергоресурсів буде визначатися за формулою

$$T_D = -\ln(1 - r \cdot T_0) / \ln(1 + r), \quad (10)$$

де T_0 – бездисконтний термін окупності інвестицій, роки;

$$T_0 = K / \Delta, \quad (11)$$

де K – інвестиції в будівництво (реконструкцію), грн.;

Δ – прибуток за рахунок можливого скорочення річних експлуатаційних витрат при переході від існуючого джерела теплоти до джерела теплоти на основі теплового насоса,

$$\Delta = 3 - 3_E, \quad (12)$$



де Z , Z_E – відповідно експлуатаційні витрати при тепlopостачанні від існуючого та запропонованого джерела теплоти, грн/рік;

r – розрахункова норма дисконту, %, рекомендується приймати рівною 10-12% [3].

У свою чергу значення щорічного прибутку можна визначити за формулою

$$\Delta = Q_{PIK} \cdot c_{ZAM} - [Q_{PIK_TH} \cdot c_{EЛ} / K T_{PIK} + (Q_{PIK} - Q_{PIK_TH}) \cdot c_{П} / \eta_{PIK_П} + S_{AM} + S_{PEM} + S_{IH}], \quad (13)$$

де Q_{PIK} – середньорічна кількість теплоти, яку необхідно подати споживачу, кВт-год/рік;

c_{ZAM} – вартість енергії від існуючого джерела, грн/кВт-год;

Q_{PIK_TH} – середньорічна кількість теплоти, яка подається від теплового насоса, кВт-год/рік;

$K T_{PIK}$ – середньорічний коефіцієнт трансформації теплового насоса;

$c_{EЛ}$ – вартість електричної енергії, грн/кВт-год;

$\eta_{PIK_П}$ – середньорічний ККД виробництва та подачі до споживача теплоти від пікового джерела теплоти;

$c_{П}$ – вартість енергії, що використовується для покриття пікового теплового навантаження, грн/кВт-год;

$(Q_{PIK} - Q_{PIK_TH})$ – різниця, що визначає середньорічну кількість теплоти, яку покриває пікове джерело, кВт-год/рік;

$S_{AM} + S_{PEM} + S_{IH}$ – відповідно амортизаційні витрати, затрати на ремонт та інші витрати, грн/рік, визначаються як певний процент k_B від капітальних затрат K [3]

$$S_{AM} + S_{PEM} + S_{IH} = k_B \cdot K. \quad (14)$$

Загальні капітальні затрати на встановлення джерела теплоти можна представити у вигляді

$$K = k_{TH} \cdot \alpha \cdot Q_P + k_{П} \cdot (1 - \alpha) \cdot Q_P, \quad (15)$$

де k_{TH} , $k_{П}$ – відповідно питомі капіталовкладення у тепловий насос (базове джерело теплоти) та пікове джерело теплоти, грн/кВт;

Q_P – розрахункова потужність теплового навантаження, кВт;



α – частка покриття тепловим насосом розрахункової потужності теплового навантаження.

Для визначення дольової участі базового джерела теплоти у покритті річного теплового навантаження зручно користуватися інтегральним показником $\alpha_{PIK}=f(\alpha)$, де $\alpha=Q_{TH}/Q_P$ – відношення встановленої потужності теплового насоса до розрахункової потужності теплового навантаження; $\alpha_{PIK}=Q_{PIK_TH}/Q_{PIK}$ – відношення сумарної середньорічної кількості теплоти Q_{PIK_TH} , що подається від теплового насоса, до сумарної середньорічної кількості теплоти Q_{PIK} , яка подається загалом до споживача.

Приклад інтегрального графіка для умов Рівненського регіону наведений на рис. 2.

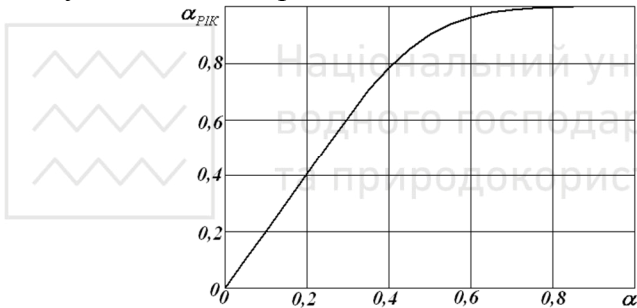


Рис. 2. Інтегральний графік $\alpha_{PIK}=f(\alpha)$

Відповідно сумарну середньорічну кількість теплоти, яка подається від теплового насоса можна визначати за формулою

$$Q_{PIK_TH}=Q_{PIK}\cdot\alpha_{PIK}. \quad (16)$$

У свою чергу загальну середньорічну кількість теплоти, яку необхідно подати споживачу для опалення та гарячого водопостачання у першому наближенні можна визначати як

$$Q=Q_P/(t_{BH}-t_P)+Q_{ГВП}, \quad (17)$$

де t_{BH} , t_P – відповідно температура повітря всередині приміщення та розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, °С;

D – кількість градусо-днів на території розміщення об'єкта, град-днів;



$Q_{ГВП}$ – річна витрата теплоти на гаряче водопостачання, кВт-год/рік.

Якщо вирази (13)–(17) підставити у (11), то отримаємо

$$T_0 = \{k_{ТН} \cdot \alpha + k_{П} \cdot (1 - \alpha)\} / \{[D / (t_{ВН} - t_{Р}) + Q_{ГВП} / Q_{Р}] \times \\ \times [c_{ЗАМ} - (c_{ЕЛ} \cdot \alpha_{РІК} / K T_{РІК} + c_{П} \cdot (1 - \alpha_{РІК}) / \eta_{РІК_П} + \\ + k_{В} \cdot (k_{ТН} \cdot \alpha + k_{П} \cdot (1 - \alpha)))]\}. \quad (18)$$

Якщо проаналізувати формулу (18), то можна зрозуміти, що при відсутності навантаження на гаряче водопостачання $Q_{ГВП}$, бездисконтний та дисконтований терміни окупності переходу від одного джерела теплоти до іншого з використанням теплового насоса не залежать від встановленої потужності споживача $Q_{Р}$ у випадку якщо питомі капіталовкладення $k_{В}$, $k_{П}$ є постійними. Разом з тим показники $k_{В}$, $k_{П}$ за рахунок збільшення встановлених потужностей можна знизити, що у свою чергу може зменшити термін окупності такої реконструкції. Чим вища ціна на енергію до реконструкції $c_{ЗАМ}$, тим доцільніший перехід на інше джерело енергії з використанням теплового насоса з якомога нижчими цінами $c_{ЕЛ}$ та $c_{П}$. Із збільшенням кількості градусо-днів D (більш холодніший клімат) перехід від існуючого джерела теплоти на більш ефективне також може бути виправданим. Очевидно, що чим вищі $K T_{РІК}$ та $\eta_{РІК_П}$, що може бути забезпечено за рахунок підвищення ефективності перетворення енергії, що підводиться до джерела, в теплову та її передачі до споживача, тим менший буде термін окупності інвестицій при такому переході. Також із формули (18) зрозуміло, що додаткове споживання теплоти на гаряче водопостачання дозволяє отримати більший дохід і забезпечує зниження терміну окупності інвестицій.

Крім того, із аналізу формули (18) зрозуміло, що, наприклад, при збільшенні коефіцієнта α (збільшенні встановленої потужності базового джерела теплоти) щорічний дохід спочатку зростає, а потім починає зменшуватися через



вплив амортизаційних витрат. Разом з тим, при підвищенні α , зростають і капітальні вкладення. В результаті можна зрозуміти, що може існувати оптимальне значення коефіцієнта α , при якому терміни окупності T_0 та T_d будуть мінімальними.

Отже, термін окупності інвестицій при заміні існуючого джерела теплопостачання на тепловий насос залежить від ряду технологічних, кліматичних та вартісних показників.

3.2. Задачі для розв'язування

Задача 1. Визначити бездисконтний термін окупності інвестицій для повітряного ТН, якщо значення щорічного прибутку становить 110 тис. грн. Питомі капіталовкладення в ТН рівні 15 тис. грн/кВт. У якості пікового джерела використовується твердопаливний котел потужністю 80 кВт, вартість якого 85 тис. грн. Розрахункова потужність системи теплового навантаження будівлі 90 кВт. Частка покриття ТН розрахункової потужності теплового навантаження становить 0,45.

Задача 2. Розрахувати термін окупності інвестицій розсолно-водяного ТН з урахуванням дисконтування, якщо інвестиції в реконструкцію системи опалення становлять 386 тис. грн., а прибуток за рахунок можливого скорочення річних експлуатаційних витрат при переході до джерела теплоти на основі ТН 75 тис. грн./рік.

Задача 3. Користуючись інтегральним графіком (рис. 2), визначити частку покриття ТН розрахункової потужності теплового навантаження, якщо середньорічна кількість теплоти, яка подається від ТН рівна 135272 кВт·год/рік., а максимальна (розрахункова) потужність теплового навантаження 65 кВт. Дана система теплопостачання проектується в місті Рівному. Для розрахунку скористатись довідковими даними.



Задача 4. Розрахувати прибуток за рахунок можливого скорочення річних експлуатаційних витрат при переході на ТН вартістю 224400 грн. та тепловою потужністю 22 кВт, якщо бездисконтний термін окупності становить 6,5 років, питомі капіталовкладення в пікове джерело теплоти 680 грн / кВт. Розрахункова потужність теплового навантаження 78 кВт. Частка покриття ТН розрахункової потужності теплового навантаження $\alpha = 0,6$.

3.3. Питання до самостійної роботи

1. Провести аналіз впливу техніко-економічних показників на термін окупності теплових насосів.
2. Навести послідовність визначення щорічного прибутку від використання теплових насосів.
3. Яка послідовність визначення терміну окупності при встановленні теплових насосів з урахуванням дисконтування?
4. Яким чином можна обґрунтувати встановлену потужність теплових насосів?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Теплові насоси та їх використання: навч. посіб. / М.К. Безродний, І.І. Пуховий, Д.С. Кутра. – Київ.: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с. – Бібліогр.: с.292-311. – 115 пр.
2. Руководство по проектированию тепловых насосов Viessmann Werke, Allendorf (Eder) Redaktion & Gestaltung solarcontact, Hannover, 2011, 126 p.
3. Волощук В.А., Мартиняк М.А., Мисак Й.С., Техніко-економічна оптимізація переходу на теплопостачання із використанням теплового насоса, Вісник Інженерної академії України №3, 2014, 8 с.