

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра теплотехніки та теплових двигунів

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до практичних занять та контрольної роботи
з дисципліни**

***«ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ
ТРАНСПОРТІ ТА ПІДПРИЄМСТВАХ ГАЛУЗІ»***

Харків - 2015

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри теплотехніки та теплових двигунів

03 листопада 2014 р., протокол № 6.

Методичні вказівки призначені для виконання практичних занять з дисципліни «Енергозбереження на залізничному транспорті та підприємствах галузі» студентами денної форми навчання, а також практичних занять і контрольної роботи студентами заочної форми навчання напряму 6.050601 – «Теплоенергетика».

Укладачі:

проф. А.П. Фалендиш,
доц. Г.В. Біловол,
асист. О.В. Гришина

Рецензент

доц. В.В. Савенко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та контрольної роботи
з дисципліни

*«ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ
ТРАНСПОРТІ ТА ПІДПРИЄМСТВАХ ГАЛУЗІ»*

Відповідальний за випуск Бабіченко Ю.А.

Редактор Буранова Н.В.

Підписано до друку 10.12.14 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,75. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного
транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Програма дисципліни «Енергозбереження на залізничному транспорті та підприємствах галузі».....	5
Практичне заняття 1	
Розрахунок потреби промислового підприємства в умовному та первинному умовному паливі	8
Практичне заняття 2	
Розрахунок економії теплової енергії при осінньо-весняному регулюванні відпуску теплоти на опалення будинків	12
Практичне заняття 3	
Економія електричної енергії при застосуванні частотно-регульованого привода насоса в системі гарячого водопостачання	18
Практичне заняття 4	
Розрахунок економії палива в котлоагрегаті при зменшенні коефіцієнта продувки.....	25
Практичне заняття 5	
Розрахунок економії теплової енергії при поновленні теплоізоляції трубопроводу.....	32
Контрольні запитання з курсу.....	38
Список літератури	40
Додаток А Термодинамічні властивості води і перегрітої пари.....	41
Додаток Б Термодинамічні властивості води і водяної пари у стані насичення (за тиском).....	47
Додаток В Кліматологічні дані для деяких міст України	48
Додаток Г Властивості теплоізоляційних матеріалів теплових мереж.....	49

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «Енергозбереження на залізничному транспорті та підприємствах галузі» є формування у студентів знань про раціональне використання енергетичних ресурсів та можливості максимального підвищення енергоефективності теплоенергетичних агрегатів при їх експлуатації.

Завдання дисципліни полягає у вивченні основ оцінки енергетичної ефективності обладнання, технологічних установок та виробництв у галузі енергозберігаючих заходів та енергозберігаючого обладнання.

Студенти денної форми навчання виконують згідно з вказівками всі практичні заняття, які передбачені навчальним планом дисципліни «Енергозбереження на залізничному транспорті та підприємствах галузі».

Студенти заочної форми навчання виконують за даними вказівками практичні заняття, що передбачаються навчальним планом, та контрольну роботу. Загальний обсяг практичних занять разом з контрольною роботою дорівнює обсягу всіх наведених завдань. Таким чином, студенти заочної форми навчання частину завдань виконують за допомогою викладача під час практичних занять, а решту – самостійно.

У розділі 1 вказівок наведено програму дисципліни «Енергозбереження на залізничному транспорті та підприємствах галузі» для студентів спеціальності «Теплоенергетика» Української державної академії залізничного транспорту.

Для виконання контрольної роботи студентами заочної форми навчання у кожному завданні наведено 10 варіантів вихідних даних. Варіант обирається студентами за останньою цифрою шифру.

Знання, уміння і навички, отримані при вивченні дисципліни «Енергозбереження на залізничному транспорті та підприємствах галузі», використовуються у дипломному проектуванні.

1 Програма дисципліни «Енергозбереження на залізничному транспорті та підприємствах галузі»

Зміст лекцій

1.1 Законодавчо-правова система України у галузі енергозбереження

Аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів в Україні і на залізничному транспорті за останні роки. Поняття енергетичної безпеки. Державна політика енергозбереження.

Головні законодавчі та нормативні правові акти у сфері енергозбереження. Основні положення Закону України «Про енергозбереження».

1.2 Енергоаудит промислових підприємств

Мета та основні завдання енергетичного аудиту. Стратегія та послідовність проведення енергетичного аудиту.

Енергетичний баланс підприємства, види балансів, мета та структура енергетичних балансів.

1.3 Види енергетичних ресурсів та традиційні способи отримання енергії

Класифікація енергетичних ресурсів. Первинні енергетичні ресурси. Поновлювальні та неоновлювальні енергетичні ресурси. Основні джерела енергії. Основні види енергії.

Характеристика основних систем виробництва енергії.

Поняття умовного палива.

1.4 Вторинні енергетичні ресурси (ВЕР)

Поняття ВЕР. Переваги використання ВЕР. Класифікація ВЕР: теплові, горючі, надлишкового тиску.

Об'єм виходу ВЕР та економія палива за рахунок їх використання: питомий вихід теплових, горючих ВЕР та ВЕР надлишкового тиску. Загальний вихід ВЕР.

1.5 Способи утилізації теплових ВЕР

Теплообмінні апарати: принцип дії та класифікація. Газотрубні та водотрубні котли-утилізатори: конструктивні особливості, переваги та недоліки, можливі галузі використання пару котлів-утилізаторів.

1.6 Способи утилізації низькопотенціальних теплових ВЕР

Поняття низькопотенціальної теплової енергії. Технічні засоби, що використовуються для утилізації низькопотенціальних ВЕР: апарати миттєвого закипання, теплові труби та термосифони.

Теплові насоси. Поняття та принцип дії. Схема компресорного теплового насоса. Види теплових ВЕР, що можуть бути застосовані для роботи теплового насоса. Природні джерела теплоти, що можуть застосуватись для роботи теплового насоса. Випадки, коли застосування теплового насоса є найбільш доцільним. Випадки, коли застосування теплового насоса є не доцільним. Недоліки застосування теплових насосів.

1.7 Енергозбереження при транспортуванні теплової енергії

Шляхи підвищення ККД теплоенергетичної системи на ділянці транспортування теплової енергії споживачу.

Частотне регулювання електродвигунів насосного обладнання. Можливості його використання.

Ізоляція трубопроводів. Призначення ізоляційних матеріалів. Сучасні вимоги до ізоляційних матеріалів. Порівняльний аналіз основних експлуатаційних характеристик різних типів ізоляції: пенополіуретан, армопенобетон, мінеральна вата.

Попередньо ізольовані теплопроводи. Конструктивні особливості. Переваги їх використання.

Гідравлічна налаштованість теплотраси. Можливості підвищення ККД теплоенергетичної системи, які надає правильно налаштований розподіл теплоти між об'єктами-споживачами.

1.8 Матеріальне стимулювання економії паливно-енергетичних ресурсів на залізничному транспорті

Положення «Про матеріальне заохочення колективів та окремих працівників підприємств за економію паливно-енергетичних ресурсів». Умови матеріального стимулювання. Нормативи щодо встановлення розмірів заохочення. Перелік структурних підрозділів, за якими підбиваються підсумки роботи з економії паливно-енергетичних ресурсів.

1.9 Основні шляхи економії електроенергії та дизельного палива на тягу поїздів

Положення «Про матеріальне стимулювання працівників локомотивного депо за економію паливно-енергетичних ресурсів».

Організаційні енергозберігаючі заходи: нормування енергозатрат на тягу поїздів; підвищення стимулюючого ефекту до економії енергії; підвищення кваліфікації поїзних бригад.

Технологічні енергозберігаючі заходи: зменшення сили опору руху поїзда; своєчасне якісне проведення ремонту; механізація та автоматизація ремонтних операцій; повернення енергії в систему електропостачання при гальмуванні.

Експлуатаційні енергозберігаючі заходи: введення часових обмежень швидкості руху; розробка енергетичних паспортів експлуатаційних дільниць; система автомашиніста на електрорухомому складі.

1.10 Економічна ефективність заходів з енергозбереження, що впроваджуються на залізницях України

Поняття ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження: просте повернення коштів, чиста зведена вартість, внутрішня норма прибутку.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

РОЗРАХУНОК ПОТРЕБИ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВНОМУ ТА ПЕРВИННОМУ УМОВНОМУ ПАЛИВІ

1.1 Завдання та вихідні дані

Визначити річне споживання енергоресурсів промисловим підприємством в розрахунку на умовне та первинне умовне паливо.

Під час функціонування промислове підприємство використовує декілька видів первинного палива: мазут, природний газ та вугілля з нижчою теплотою згоряння відповідно $Q_{нм}^P = 10000$ ккал/кг, $Q_{нг}^P = 7950$ ккал/кг, $Q_{нв}^P = 4500$ ккал/кг. Річна витрата природного газу B_2 та вугілля $B_в$ наведена в таблиці 1.1 за варіантами завдання.

Мазут на підприємстві використовується при виробленні теплової та електричної енергії на власній ТЕЦ, а також безпосередньо у технологічному процесі. Річний обсяг теплової Q та електричної E енергій, що виробляються на власній ТЕЦ, а також витрата мазуту на технологічний процес B_m^{mn} наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані щодо обсягів річного споживання підприємством енергетичних ресурсів

Варіант завдання	$B_2 \cdot 10^6$	$B_в \cdot 10^6$	B_m^{mn}	Q	$E \cdot 10^6$	$E_c \cdot 10^6$
	$м^3$	t	t	$Гкал$	$кВт \cdot год$	$кВ \cdot год$
1	20	80,3	405	50200	25	65,5
2	0,87	38,4	675	39500	29,5	71,2
3	14,1	49,5	1030	110000	68	44,7
4	5,5	10,4	95,5	35000	18,6	60
5	12,2	27,1	475	64000	37	75,

						4
6	0,95	40,8	155	29000	50,6	52, 8
7	35	92,2	840	93900	41,4	55, 1
8	10	54,0	205	29700	13	39, 1
9	7,7	15,7	380	49250	38,9	68
10	27,6	86	1100	89400	46,9	57, 8

Питома витрата умовного палива на вироблення: теплової енергії $b_m = 160 \text{ кг/Гкал}$; електричної енергії $b_e = 320 \text{ г/кВт}\cdot\text{год}$.

Окрім електроенергії, що виробляється власними потужностями, підприємство споживає певний обсяг електричної енергії від сторонніх організацій E_c . Еквівалент питомої витрати умовного палива на вироблення $1 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ електроенергії сторонньою організацією $b_{ec} = 0,3445 \text{ кг/кВт}\cdot\text{год}$.

1.2 Теоретичні відомості та методичні рекомендації

Як відомо, різні види органічного палива, що використовуються для енергозабезпечення споживачів, при спалюванні одиниці об'єму або маси виділяють різну кількість теплоти. Тобто наявні енергетичні ресурси не однакові за якістю та теплотворністю.

Кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні 1 кг твердого або рідкого палива або 1 м^3 газоподібного палива, прийнято називати *теплотою згорання палива* або *теплотворною властивістю палива*.

Для зручності зіставлення енергетичної цінності різних видів палива та їх сумарного обліку, витрату усіх видів палива порівнюють з витратою так званого умовного палива.

За умовне приймається таке паливо, при згорянні 1 кг якого виділяється 7000 ккал , або $29,33 \text{ МДж}$ енергії.

Тож знаючи теплотворну властивість будь-якого палива, можна визначити його еквівалент в умовному паливі

$$B_{yi} = B_i \cdot \frac{Q_{ni}^p}{Q_{ny}^p}, \quad (1.1)$$

де B_{yi} - витрата i -го виду палива в умовному паливі;

B_i, Q_{ni}^p - витрата та теплотворна властивість (ккал/кг) i -го виду палива в натуральних одиницях;

Q_{ny}^p - нижча теплота згоряння умовного палива ($Q_{ny}^p = 7000$ ккал/кг).

За одиницю вимірювання в країнах СНД прийнята тонна умовного палива (т.у.п.). У багатьох інших країнах світу використовується ідентична по суті одиниця вимірювання – тонна нафтового еквіваленту (т.н.е.); 1 т.н.е. = 41,86 МДж.

При виробленні теплової або електричної енергії будь-яка теплогенеруюча установка споживає паливо. Витрату умовного палива в цьому випадку можна визначити:

- для теплової енергії

$$B_{yt.e.} = Q \cdot b_m, \quad (1.2)$$

де Q - кількість теплової енергії, що виробляється, Гкал;

b_m - питома витрата умовного палива на вироблення теплової енергії, кг/Гкал;

- для електричної енергії

$$B_{ye.e.} = E \cdot b_e, \quad (1.3)$$

де E - кількість електричної енергії, що виробляється, кВт·год;

b_e - питома витрата умовного палива на вироблення електричної енергії, г/кВт·год.

При використанні поняття умовного палива не враховуються затрати енергії на видобування палива, його транспортування споживачу, а також його підготовку або переробку. Врахувати ці затрати при аналізі енергоспоживання дозволяє введення іншого показника – *первинне умовне паливо*.

Коефіцієнти перерахунку споживаного котельно-пічного палива, що виражене в умовному паливі, на первинне дорівнюють:

для мазуту $k_m = 1,107$;

для газу $k_g = 1,167$;

для енергетичного вугілля $k_e = 1,065$.

1.3 Зміст завдання та порядок його виконання

1 Ознайомитися з теоретичними відомостями та методичними рекомендаціями.

2 Зробити перерахунок обсягу витрати природного газу, що виражений в натуральних одиницях B_g , на умовне паливо B_{yg} .

3 Зробити перерахунок обсягу витрати вугілля, що виражений в натуральних одиницях B_e , на умовне паливо B_{ye} .

4 Розрахувати обсяг річного споживання умовного палива при виробленні теплової енергії $B_{ytm.e}$.

5 Визначити обсяг річного споживання умовного палива при виробленні електричної енергії B_{yee} .

6 Перерахувати обсяг витрати мазуту, що використовується на технологічний процес, на умовне паливо $B_{ytm.n}$.

7 Визначити сумарну витрату мазуту, що споживається підприємством, в розрахунку на умовне паливо B_{ym} .

8 Зробити розрахунок обсягу річного споживання електроенергії із енергосистеми на умовне паливо B_{yee}^c .

9 Визначити сумарне річне споживання підприємством усіх енергоресурсів в розрахунку на умовне паливо $\sum B_y$.

10 Зробити перерахунок витрати енергоресурсів, вираженої в умовних одиницях $\sum B_y$, на первинне умовне паливо $\sum B_{ny}$.

- 11 Зробити висновки, оформити звіт із практичного заняття.
- 12 Дати відповіді на контрольні запитання з метою підготовки до захисту практичного заняття.

Контрольні запитання для самоперевірки

- 1 Що називається теплотворною властивістю палива?
- 2 У яких випадках натуральні одиниці вимірювання витрати палива доцільно перераховувати на умовне паливо?
- 3 Що розуміється під поняттям «умовне паливо»?
- 4 Які існують одиниці вимірювання умовного палива?
- 5 Яким чином перераховується теплова або електрична енергія на умовне паливо?
- 6 Чому дорівнює значення нижчої теплоти згоряння умовного палива?
- 7 Які додаткові складові включає показник «первинне умовне паливо»?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ОСІННЬО-ВЕСНЯНОМУ РЕГУЛЮВАННІ ВІДПУСКУ ТЕПЛОТИ НА ОПАЛЕННЯ БУДИНКІВ

2.1 Завдання та вихідні дані

Визначити економію теплової енергії при застосуванні в центральному тепловому пункті кількісного регулювання теплової енергії на опалення будівель в осінньо-весняний період. Також визначити термін окупності устаткування, необхідного для здійснення такого регулювання. Міста розташування житлових кварталів та інші вихідні дані наведено в таблиці 2.1 за варіантами завдання.

Теплопостачання житлового кварталу здійснюється від ЦТП.

Розрахункову температуру внутрішнього повітря прийняти самостійно у межах $(18...22)^{\circ}\text{C}$.

Вартість теплової енергії за 1 Гкал складає 304,0 грн.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані за варіантами завдання

Показник та одиниця вимірювання	Значення показника за варіантами завдання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Місто, де розташовано житловий район	Вінниця	Донецьк	Запоріжжя	Київ	Львів	Полтава	Слов'янськ	Суми	Харків	Чернігів
Розрахункове теплове навантаження на опалення будівель, кВт	5400	7200	3500	9500	4300	5900	8100	3900	9000	7600
Розрахункові температури теплоносія до ЦТП в подавальному та зворотному трубопроводах, °C	130/70	150/70	130/70	130/70	110/70	150/70	150/70	150/70	150/70	150/70
Температура зовнішнього повітря в точці зламу температурного графіка, °C	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3

Капітальні витрати на обладнання, матеріали та монтаж вузла регулювання, грн	75200	87000	75200	75200	65050	90500	87000	98200	85100	94300
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

2.2 Теоретичні відомості та методичні рекомендації

Теплове навантаження абонентів не постійне. Воно змінюється в залежності від метеорологічних умов (температури зовнішнього повітря, вітру, інсоляції), режиму витрати води на гаряче водопостачання та інших факторів. Для забезпечення високоякісних та економічних режимів теплопостачання важливо мати ефективно налагоджене регулювання відпуску теплоти.

В залежності від пункту здійснення регулювання розрізняють:

- центральне (відбувається на теплогенеруючій станції (ТЕЦ або котельня));
- групове (на центральних теплових пунктах (ЦТП));
- місцеве (на індивідуальних теплових пунктах (ІТП));
- індивідуальне (безпосередньо на теплоспоживаючих приладах у абонента).

У більшості випадків теплове навантаження у районі різномірне. Наприклад, опалення та гаряче водопостачання; опалення, вентиляція та гаряче водопостачання і т.д. Крім того, у великих містах з протяжними тепловими мережами абоненти, що розташовані на різній відстані від ТЕЦ, через транспортне запізнення теплоносія знаходяться в неоднакових умовах.

Тому для забезпечення високої якості теплопостачання слід застосовувати комбіноване регулювання, яке повинно сполучати якнайменше дві ступені регулювання – центральне та групове або місцеве. У такому випадку на ЦТП або ІТП встановлюється вузол регулювання відпуску теплоти. Зазвичай до його складу входять регулятори тиску, температури, витрати; за необхідністю – підмішувачий насос з регульованим приводом.

Теплове навантаження, що споживається системами опалення та вентиляції будівель при температурі зовнішнього повітря в точці зламу температурного графіка, визначається за формулою, *кВт*,

$$\sum Q'' = Q \cdot \frac{t_i - t_n''}{t_i - t_n'}, \quad (2.1)$$

де Q - розрахункове теплове навантаження на опалення будівель;

t_i - розрахункова температура внутрішнього повітря;

t_n'' - температура зовнішнього повітря в точці зламу;

t_n' - середня розрахункова температура зовнішнього повітря (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Довідкові кліматологічні дані для деяких міст України

Місто	$t_n', ^\circ C$	Тривалість стояння температури зовнішнього повітря в інтервалі	
		+3...+5 $^\circ C$, год	+5,1...+8 $^\circ C$, год
Вінниця	-21	834	756
Донецьк	-23	798	729
Запоріжжя	-22	805	742
Київ	-22	805	742
Львів	-19	848	747
Полтава	-23	798	729
Слов'янськ	-23	798	729
Суми	-24	772	712
Харків	-23	798	729
Чернігів	-23	798	729

Кількість споживаної теплоти при відсутності групового регулювання в період, коли температура зовнішнього повітря становить від +3 до +8 $^\circ C$, визначається за формулою, *кДж*,

$$\sum Q' = \sum Q'' \cdot n, \quad (2.2)$$

де n - тривалість стояння температури від $+3$ до $+8$ $^{\circ}\text{C}$, s .

Теплове навантаження на опалення та вентиляцію будинків в цьому ж діапазоні температур при наявності комбінованого регулювання визначається в два етапи. На першому розраховується середня температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$,

$$t_{cp} = \frac{6,55 \cdot S_{5,1-8} + 3,85 \cdot S_{3-5}}{S_{5,1-8} + S_{3-5}}, \quad (2.3)$$

де $6,55$ та $3,85$ - середні температури зовнішнього повітря відповідно інтервалів від $+5,1$ до $+8$ $^{\circ}\text{C}$ та від $+3$ до $+5$ $^{\circ}\text{C}$;

$S_{5,1-8}$ та S_{3-5} - тривалість стояння (повторюваності) температури зовнішнього повітря відповідно інтервалів від $+5,1$ до $+8$ $^{\circ}\text{C}$ та від $+3$ до $+5$ $^{\circ}\text{C}$, год (таблиця 2.2).

На другому етапі визначається теплове навантаження, яке відповідає даній температурі при наявності регулювання, kWt ,

$$Q_{cp} = Q \cdot \frac{t_i - t_{cp}}{t_i - t'_n}. \quad (2.4)$$

Тоді сумарну кількість теплоти за цей період можна визначити за формулою, kДж ,

$$\sum Q'_{cp} = Q_{cp} \cdot n. \quad (2.5)$$

Економія теплоти при здійсненні регулювання складатиме, kДж ,

$$\Delta Q = \sum Q' - \sum Q'_{cp}. \quad (2.6)$$

А економію теплоти у грошовому вираженні можна визначити, *грн*,

$$E = \Delta Q \cdot C, \quad (2.7)$$

де ΔQ - економія теплоти при здійсненні регулювання, *Гкал*,
 C - вартість теплової енергії за 1 *Гкал*, *грн*.

Тоді термін окупності капітальних витрат у роках орієнтовно можна оцінити за формулою

$$T = K / E, \quad (2.8)$$

де K – капітальні витрати на обладнання, матеріали та монтажні роботи з установавання вузла регулювання.

2.3 Зміст завдання та порядок його виконання

1 Ознайомитися з теоретичними відомостями та методичними рекомендаціями.

2 Визначити обсяг теплового навантаження систем опалення та вентиляції будівель в точці зламу температурного графіка.

3 Зробити розрахунок кількості споживаної теплоти при температурі зовнішнього повітря від +3 до +8 $^{\circ}\text{C}$ у випадку відсутності сезонного регулювання.

4 Зробити розрахунок кількості споживаної теплоти в цьому ж діапазоні температур при наявності групового або місцевого регулювання.

5 Визначити обсяг економії теплової енергії при здійсненні регулювання та грошовий еквівалент збереженої за рік теплоти.

6 Оцінити термін окупності капітальних витрат на обладнання, матеріали та монтажні роботи з установавання вузла регулювання.

7 Зробити висновки, оформити звіт із практичного заняття.

8 Дати відповіді на контрольні запитання з метою підготовки до захисту практичного заняття.

Контрольні запитання для самоперевірки

1 Які існують види регулювання відпуску теплової енергії в опалювальних системах в залежності від місця розташування регулювального пункту?

2 З яких причин у великих містах часто не достатньо лише центрального регулювання? Як у такому випадку можна підвищити якість роботи системи теплопостачання?

3 Назвіть основні прилади та обладнання, що входять до складу вузла регулювання відпуску теплоти на ЦТП або ІТП.

4 Як визначити обсяг теплового навантаження системи опалення в точці зламу температурного графіка?

5 Які показники необхідні для розрахунку кількості споживаної теплоти при температурі зовнішнього повітря від $+3$ до $+8$ $^{\circ}\text{C}$ у випадку відсутності сезонного регулювання та при його наявності?

6 Як визначити термін окупності капітальних витрат на обладнання, матеріали та монтажні роботи з установа вузла регулювання?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ПРИВОДА НАСОСА В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

3.1 Завдання та вихідні дані

Визначити кількість збереженої електричної енергії при встановленні частотно-регулюючого пристрою на електропривод мережного насоса в системі гарячого водопостачання житлового кварталу.

Показники номінальних характеристик насоса: витрата $Q_{ном}$, напір $H_{ном}$ та потужність двигуна $P_{дв.ном}$ наведені у таблиці 3.1.

Регулювання витрати в системі здійснюється засувкою. При повністю відкритій засувці споживана потужність становить P_{max} , а витрата Q_{max} .

Вартість частотно-регулюючого пристрою, що запропоновано до встановлення, складає $C_{чрп}$.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані по характеристикам роботи насоса та вартості ЧРП

Варіант завдання	$Q_{ном}$	$H_{ном}$	$P_{дв.ном}$	Q_{max}	P_{max}	$Ц_{ЧРП}$
	$м^3/год$	$м$	$кВт$	$м^3/год$	$кВт$	$грн$
1	80	45	25	65	22	594400
2	65	40	29	55	20	430900
3	100	50	35	85	30	605800
4	45	25	18	38	15	320000
5	110	55	35	95	30	680110
6	95	50	32	80	29	670100
7	70	45	30	60	27	536200
8	40	25	22	35	19	405000
9	105	60	40	90	36	715700
10	55	30	25	45	21	498650

В таблиці 3.2 наведено дані добового графіка витрати гарячої води за періодами часу з приблизно однаковим тепловим навантаженням.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані за добовим графіком споживання теплоти

Періоди часу t_b , год	Витрата теплоти на гаряче водопостачання Q , $м^3/год$, за варіантами завдання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-4	12	18	20	9	21	19	15	9	20	12
4-8	61	50	79	33	87	75	55	31	84	40
8-12	52	44	70	28	68	60	49	25	68	36
12-16	44	38	45	18	53	52	32	19	53	29
16-20	65	55	85	38	95	80	60	35	90	45
20-24	52	40	45	20	60	63	41	22	63	33

3.2 Теоретичні відомості та методичні рекомендації

При експлуатації водяних систем теплопостачання необхідно мати можливість змінювати характеристики насосів

або трубопроводів. Для регулювання подачі у таких системах широко застосовують дросельні заслінки, які встановлюються на початку напірного трубопроводу насоса. Дросель вводить додатковий гідравлічний опір, який гасить частину напору, що створюється насосом. Даний спосіб регулювання є найбільш простим і розповсюдженим, але він має досить низьку економічну ефективність.

Зазвичай в системах теплопостачання насосне обладнання встановлюється з резервом по напору від 15 до 50 %. Це пов'язано з необхідністю врахування таких факторів:

- перспектива забудови даного району;
- добові коливання напорів холодної води, які створюються водопостачальниками.

Тому експлуатація насосів у системах теплопостачання супроводжується створенням надлишкових напорів та завищеним обсягом витрати гарячої води. А це спричиняє втрату електричної енергії, що споживається насосом. У даному практичному занятті необхідно визначити обсяг неефективно використаної електроенергії при дроселюванні потоку в порівнянні з регулюванням подачі за допомогою частотних перетворювачів.

На першому етапі розрахунку встановлюється залежність споживаної потужності P від витрати Q при дросельному регулюванні. Граничні значення P відповідають потужності, що споживається насосом при повністю відкритій та при повністю закритій засувці.

При повністю відкритому дроселі споживана потужність становить P_{\max} . При повністю закритій засувці трубопроводу не експлуатуються, але, як показують експериментальні дослідження, потужність зменшується на 30 - 35% від максимальної. Тобто мінімальна споживана потужність становить, $\kappaВт$,

$$P_{\min} = P_{\max} - (0,3...0,35) \cdot P_{\max} . \quad (3.1)$$

Далі визначаються показники споживаної потужності P для проміжних значень відносної витрати, $\kappaВт$,

$$P^* = P_{\min} + (P_{\max} - P_{\min}) \cdot (Q^* / Q_{\max}). \quad (3.2)$$

Розрахунки за залежністю (3.2) виконати для

$$Q^* = (0,2\dots 1) \cdot Q_{\max}, \quad (3.3)$$

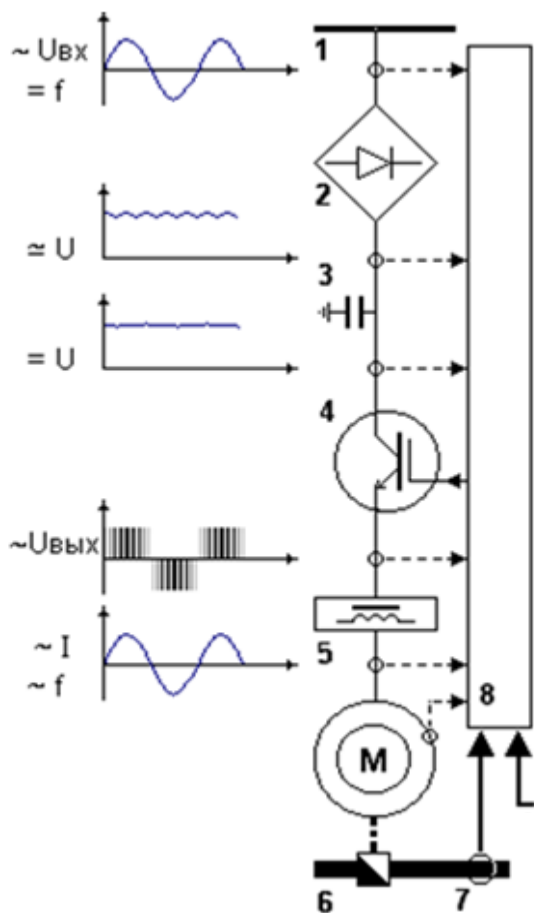
де Q_{\max} - відносна витрата при повністю відкритій засувці.

Результати розрахунків зводимо в таблицю та, спираючись на них, будемо характеристику $P_{\text{дрос}}$, що являє собою залежність споживаної насосом потужності від витрати при дросельному регулюванні $P_{\text{дрос}} = f(Q^*)$.

Регулювання подачі Q можна здійснювати, не лише впливаючи на мережу, в якій працює насос (як при першому варіанті регулювання), а й безпосереднім впливом на привод насоса за допомогою частотних перетворювачів.

Частотний перетворювач – це пристрій, що складається із випрямляча, який перетворює змінний струм в постійний, та інвертора, що перетворює постійний струм в імпульсний потрібних частоти і амплітуди.

Застосування такого пристрою дає змогу змінювати частоту обертання вала електродвигуна і, таким чином, впливати на показник витрати води, що прокачується насосом.



1 – мережа живлення; 2 – випрямляч;
 3 – фільтр; 4 – імпульсний інвертор;
 5 – високочастотний фільтр; 6 -
 привод насоса; 7 – датчик; 8 –
 система управління.

Рисунок 3.1 – Схема частотно-регульованого електропривода

Для побудови графіка економії електроенергії від впровадження ЧРП на насосному обладнанні необхідно знайти залежність споживаної потужності P від витрати Q , кВт,

$$P_{чрп} = (Q^* / Q_{\max})^3 \cdot P_{\max}, \quad (3.4)$$

де Q^* - характерні значення відносної витрати, розраховані за формулою (3.3).

Перетворювач частоти, встановлений на електродвигун, та синхронізований по роботі власною системою управління, називається *частотно-регульований привід (ЧРП)* (рисунок 3.1).

Потужність, що споживається насосом, знаходиться у кубічній залежності від швидкості обертання вала, тобто $P = f(n^3)$. Тому зменшення частоти обертання вала призводить до суттєвого зниження споживаної електроенергії. А застосування ЧРП для автоматичного управління швидкістю обертання вала асинхронного електродвигуна дозволяє значно підвищити економічність роботи насоса.

Характеристика споживання потужності насосом при використанні ЧРП $P_{чрп}$ являє собою залежність споживаної насосом потужності від витрати при частотному регулюванні $P_{чрп} = f(Q^*)$. Характеристику $P_{чрп}$ доцільно розмістити на одному рисунку з графіком споживаної потужності при дросельному регулюванні потоку $P_{дрос}$.

Протягом доби у системах гарячого водопостачання спостерігається суттєва нерівномірність споживання теплової енергії. Для житлових будинків характерні пікові ранкові та вечірні навантаження зі значним зниженням витрати теплоти вночі та вдень. В адміністративних приміщеннях найбільше споживання припадає на денний робочий час з мінімальним навантаженням уночі.

Спираючись на вихідні дані, необхідно побудувати добовий графік витрати гарячої води за періодами часу t_i з приблизно однаковою витратою Q .

Отриманий графік і показники характеристик $P_{дрос}$ та $P_{чрп}$ використовуються для визначення обсягу збереженої упродовж доби електроенергії за рахунок застосування ЧРП, $\hat{\Delta} \cdot \tilde{a} / \tilde{a} \acute{a}$,

$$\Delta E_{\delta} = \sum_{i=1}^m \Delta P_i \cdot t_i, \quad (3.5)$$

де t_i – період часу з однаковим тепловим навантаженням, год;

ΔP_i – різниця потужностей для відповідного t_i , кВт;

m – кількість ділянок з різними ΔP_i .

Потім розраховується річна економія електроенергії при застосуванні частотно-регульованого привода насоса, $\hat{\Delta} / \delta$,

$$\Delta E_{чрп} = T_{\eta} \cdot \Delta E_{\delta}, \quad (3.6)$$

де T_{η} - тривалість роботи насоса впродовж року (приймаємо

$T_{\eta} = 4050 \tilde{a} / \delta$.)

У грошовому еквіваленті вартість збереженої електроенергії за рік визначається як, $\tilde{a}\delta i / \delta$,

$$\Delta C_{ел.ен.} = \Delta E_{чрп} \cdot C_{ел.ен.} \quad (3.7)$$

де $C_{ел.ен.}$ - вартість 1 кВт/год електроенергії
($C_{ел.ен.} = 0,97 \text{ грн./кВт}\cdot\text{год}$).

Визначити економічну ефективність застосування частотного регулювання привода насоса можна шляхом розрахунку терміну окупності обраного обладнання, p ,

$$T_{окуп} = \frac{a_1 \cdot C \cdot f \cdot C_{чрп}}{\Delta C_{ел.ен.} \cdot K}, \quad (3.8)$$

де a_1 - кліматичний коефіцієнт ($a_1 = 1,1$);
 C – коефіцієнт, що враховує вартість монтажних робіт ($C=1,3$);
 f - коефіцієнт, що враховує вартість автоматики ($f = 1,1$);
 K – коефіцієнт, що враховує ефект додаткового енергозбереження (для мережних насосів $K=1,05 \div 1,1$);
 $C_{чрп}$ - вартість обраного обладнання (з вихідних даних).

Окрім електричної енергії частотне регулювання привода насоса має додаткові складові енергозбереження, за якими складно розрахувати економічний ефект, а саме:

- зменшення зносу основного обладнання за рахунок плавних пусків, усунення гідравлічних ударів, зниження напору (з наявного досвіду у комунальній сфері кількість дрібних ремонтів основного обладнання знижується в два рази);
- зниження шуму, що особливо важливо при розташуванні насосів поблизу житлових або службових приміщень;
- можливість комплексної автоматизації систем водопостачання.

3.3 Зміст завдання та порядок його виконання

1 Ознайомитися з теоретичними відомостями та методичними рекомендаціями.

2 Розрахувати залежність споживаної насосом потужності P від витрати Q при дросельному регулюванні та побудувати графік $P_{дрос} = f(Q^*)$.

3 Зробити розрахунок залежності споживаної насосом потужності P від витрати Q при використанні частотного регулювання привода насоса та побудувати графік $P' = f(Q^*)$.

4 Побудувати добовий графік витрати гарячої води Q за періодами часу t_i .

5 Зробити розрахунок обсягу збереженої упродовж року електроенергії за рахунок застосування ЧРП.

6 Визначити грошовий еквівалент збереженої за рік електричної енергії.

7 Зробити висновки, оформити звіт із практичного заняття.

8 Дати відповіді на контрольні запитання з метою підготовки до захисту практичного заняття.

Контрольні запитання для самоперевірки

1 Які існують можливі варіанти регулювання витрати води в насосних установках?

2 В чому полягає суть дросельного регулювання витрати води в насосних установках?

3 З яких причин потужність насосних установок для систем гарячого водопостачання обирається із завищеними показниками за напором?

4 Як визначити мінімальну та максимальну потужність, що споживається насосом при дросельному регулюванні потоку?

5 Поясніть сутність регулювання витрати води в насосах за допомогою частотних перетворювачів.

6 З чого складається частотно-регульований привід насоса?

7 Які елементи в ЧРП відповідають за перетворення змінного струму в постійний?

8 Який елемент в ЧРП відповідає за перетворення постійного струму в імпульсний?

9 Чи доцільне використання ЧРП, якщо регулювання насосної установки за витратою здійснюється в малому діапазоні? Обґрунтуйте чому.

10 Як змінюються умови експлуатації системи теплопостачання при застосуванні частотних перетворювачів для регулювання установки?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЇ ПАЛИВА В КОТЛОАГРЕГАТІ ПРИ ЗМЕНШЕННІ КОЕФІЦІЄНТА ПРОДУВКИ

4.1 Завдання та вихідні дані

Визначити економію природного газу для парового котла з витратою пари D_n і показником при коефіцієнта продувки K_{np} . За рахунок проведення енергозберігаючих заходів відсоток продувки зменшився на ΔK_{np} .

Теплотворна властивість природного газу складає $Q_n^p = 35,8 \text{ МДж} / \text{м}^3$.

Котлоагрегат працює з коефіцієнтом корисної дії $\eta_{ку}$, виробляючи при цьому пар температурою t_{nn} з робочим тиском P_{nn} .

Живильна вода підводиться до котлоагрегату з температурою $t_{жв} = 105^\circ\text{C}$.

В таблиці 4.1 наведено дані за показниками роботи котельної установки.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані за варіантами завдання

Варіант завдання	D_n	P_{nn}	t_{nn}	K_{np}	ΔK_{np}	$\eta_{ку}$
	т/год	МПа	$^\circ\text{C}$	$\%$	$\%$	$\%$
1	20	4	400	5,4	2	0,92

2	43	3	235	7,2	3,5	0,93
3	50	2,5	300	7,5	3	0,93
4	15	2	550	5,0	2,5	0,87
5	5,7	0,9	480	5,5	3	0,87
6	10	2,9	450	6,5	3,5	0,89
7	25	1,4	520	8	3,5	0,92
8	6,5	2,3	400	6	2	0,91
9	30,4	3,9	440	7,5	3	0,93
10	26	2,5	350	4,5	2,5	0,90

4.2 Теоретичні відомості та методичні рекомендації

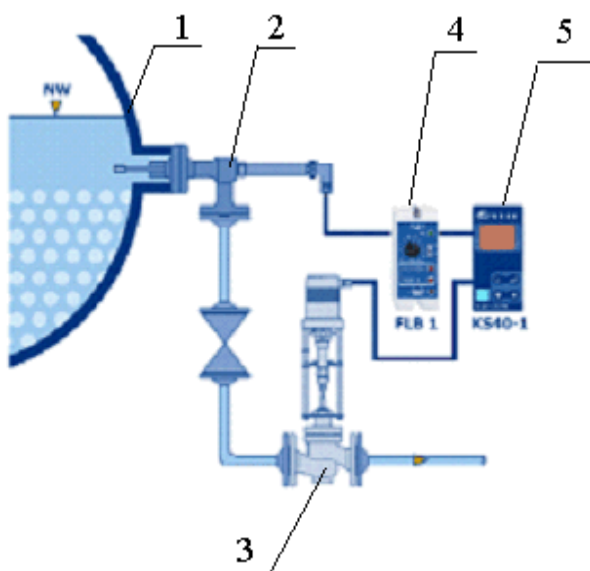
Живильна вода котлових установок не є повністю знесоленою. Солі надходять з підживлювальною водою, з солями комплексонів, що використовуються при хімообробці живильної води, а також можуть утворюватися при конденсації пари.

При кипінні води в котлі концентрація солей зростає, так як розчинені солі залишаються в котельній воді і не несуться разом з паром. Підвищений солеміст призводить до утворення піни, яка спричиняє ряд негативних наслідків:

- піна може впливати на точність вимірювання рівня води в котлі і, отже, на безпеку експлуатації обладнання;

- піднімаючись з паром в паропроводи, піна веде до зниження сухості пари, прикипає до поверхонь паропроводів і теплообмінних апаратів і, отже, веде до зниження ефективності теплопередачі.

Також під час випаровування води тверді залишки солей опускаються на дно котлів з утворенням відкладень, що теж ускладнює теплопередачу.

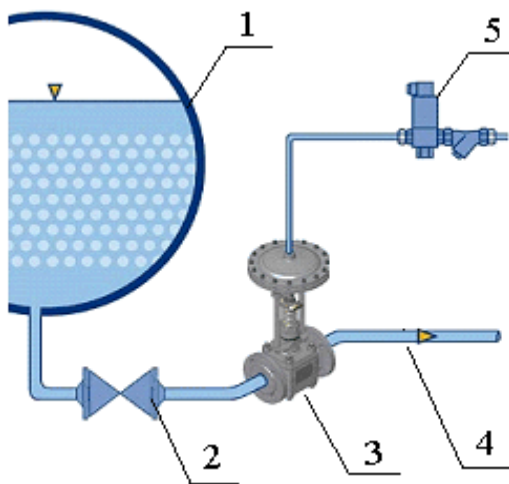


1 – верхній барабан котла; 2 – датчик провідності; 3 – клапан безперервної продувки котла; 4 – перетворювач сигналу; 5 – контролер

З метою підтримання концентрації зважених і розчинених твердих речовин у встановлених межах використовуються дві процедури:

1 Верхня продувка котла. Здійснюється для підтримки певного солемісту або лужності котлової води на рівні, необхідному для отримання чистої пари. Відбувається шляхом відведення деякої частини котельної води з розчиненими домішками, що скупчуються у поверхні води в тій кількості, в якій вони надходять із живильною водою. Як правило, являє собою безперервний процес, що виконується в автоматичному режимі (рисунок 4.1).

2 Нижня продувка котла. Здійснюється для видалення шламу з нижніх частин котла з метою підтримки прийнятних характеристик теплообміну. Ця процедура виконується періодично (кілька секунд кожні кілька годин). Може відбуватися як в автоматичному режимі, так і вручну. Загальна схема автоматизованої нижньої продувки котла подана на рисунку 4.2.



1 – нижній барабан котла;
 2 – запобіжний клапан; 3 – клапан періодичної продувки котла; 4 – труба для відведення продувальної води;
 5 – програмний електромагнітний клапан

Різке відкриття клапана нижньої продувки з великим прохідним перетином створює значний перепад тиску (розрідження) на сидлі клапана, під дією якого засмоктується більша частина солей.

З точки зору енергоефективності продувка негативно впливає на роботу котла тому, що при цьому видаляється багато води з температурою, яка дорівнює температурі насичення $t = t_{нас}$.

Рисунок 4.2 – Схема нижньої продувки котла

Таким чином вимагається збільшення витрати палива для компенсації цих втрат. Тож зменшення витрати продувальної води котельної установки є одним із енергозберігаючих заходів.

Існує кілька способів скорочення обсягу продувальної води:

1) повернення конденсату (повернення половини конденсату дозволяє скоротити величину продувки на 50 %);

2) в залежності від якості живильної води можуть бути необхідними зм'якшення, декарбонізація і демінералізація води. У разі живлення котла сировою водою коефіцієнт продувки може досягати 7-8 %; водопідготовка дозволяє знизити цю величину до 3 % і менше;

3) установлення автоматизованої системи управління продувкою;

4) спуск продувальної води при середньому або низькому тиску, що супроводжується випаровуванням.

Витрата палива котельної установки визначається за заданою теплопродуктивністю котлоагрегату, $m^3/год$,

$$B_n = \frac{D_n \cdot (h_{nn} - h_{жсв}) + D_{np} \cdot (h_{nn} - h_{жсв})}{Q_n^p \cdot \eta_{ку}}, \quad (4.1)$$

де D_n - витрата пари, $m/год$;

Q_n^p - теплотворна властивість палива на робочу масу,
 $MДж / m^3$;

$\eta_{ку}$ - ККД котельної установки;

D_{np} - витрата продувальної води, $m/год$;

h_{nn} - ентальпія перегрітої пари (додаток А), $кДж / кг$;

$h_{жсв}$ - ентальпія живильної води, $кДж / кг$;

h_{nn} - ентальпія насиченої пари, $h_n f(P_n)$ (додаток Б),
 $кДж / кг$.

Витрата продувальної води може становити до 10 % від продуктивності котла і визначається за формулою, $m/год$,

$$D_{np} = D_n \cdot K_{np} / 100, \quad (4.2)$$

де K_{np} - коефіцієнт продувки (відсоткова частка загального споживання котлоагрегатом живильної води).

Дана величина враховується в балансі котла, якщо відсоток продувки $K_{i\delta} > 2\%$.

У випадку, коли $K_{np} < 2\%$, $m^3/год$,

$$B_n = \frac{D_n \cdot (h_{nn} - h_{жсв})}{Q_n^p \cdot \eta_{ну}}. \quad (4.3)$$

Із рівнянь (4.1) або (4.3) визначається витрата палива B_{n1} для базового варіанта при заданому відсотку продувки K_{np} .

У випадку впровадження енергозберігаючих заходів, що призводять до змінення витрати продувальної води, використовуються ті ж рівняння для визначення витрати палива (B_{n2}).

Тоді економія палива від зменшення відсотка продувальної води визначається різницею, m^3/god ,

$$\Delta B_n = B_{n1} - B_{n2}. \quad (4.4)$$

А відсоткове зменшення витрати палива складатиме, % ,

$$\Delta B_n' = \frac{B_{n1} - B_{n2}}{B_{n1}} \cdot 100. \quad (4.5)$$

Затрати на паливо для котельні визначаються, $y.o./god$,

$$Z = C_n \cdot B_n, \quad (4.6)$$

де C_n - вартість палива (для природного газу приймаємо $C_n = 480 \text{ y.o./1000 } m^3$).

А економія ресурсів від проведених енергозберігаючих заходів складатиме, m^3/god ,

$$\Delta Z = Z_1 - Z_2, \quad (4.7)$$

де Z_1 , Z_2 - вартість палива до та після здійснення заходів зі зменшення відсотку продувки.

Окрім економічного ефекту, зменшення коефіцієнта продувки має ряд інших переваг:

- скорочення обсягу стічних вод, а також витрат енергії на охолодження цих вод;

- зменшення негативного впливу на навколишнє середовище хімічних речовин, що використовуються для водопідготовки живильної води, та інші.

Але зменшення величини продувки нижче критичного рівня може привести до проблем, пов'язаних з піноутворенням і утворенням накипу. Тож проводити такі заходи можна лише після виконання відповідного техніко-економічного розрахунку.

4.3 Зміст завдання та порядок його виконання

1 Ознайомитися з теоретичними відомостями та методичними рекомендаціями.

2 Визначити витрату палива парового котла B_{n1} для базового варіанта при заданому відсотку продувки K_{np} .

3 Зробити розрахунок витрати палива B_{n2} після впровадження енергозберігаючих заходів, що призвели до змінення витрати продувальної води.

4 Визначити економію палива від зменшення відсотка продувальної води в натуральних одиницях ΔB_n та у відсотковому відношенні $\Delta B'_n$.

5 Розрахувати затрати на паливо для котельні до та після здійснення заходів зі зменшення коефіцієнта продувки.

6 Визначити обсяг економії ресурсів від проведених енергозберігаючих заходів.

7 Зробити висновки, оформити звіт із практичного заняття.

8 Дати відповіді на контрольні запитання з метою підготовки до захисту практичного заняття.

Контрольні запитання для самоперевірки

1 Які негативні наслідки для роботи котельної установки спричиняє кипіння живильної води з підвищеним солемістом?

2 Яка процедура допомагає підтримувати у встановлених межах концентрацію зважених твердих речовин живильної води?

3 Яка процедура допомагає підтримувати у встановлених межах концентрацію розчинених твердих речовин живильної води?

4 Поясніть відмінність проведення верхньої та нижньої продувок котла.

5 За яких умов для визначення витрати палива використовується залежність (4.1)?

6 Як визначається коефіцієнт продувки?

7 З якої причини продувка котла спричиняє зменшення показників ефективності роботи агрегату?

8 Які заходи зменшують витрату продувальної води?

9 Екологічні переваги мінімізації коефіцієнта продувки.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5

РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ПОНОВЛЕННІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВОДУ

5.1 Завдання та вихідні дані

Визначити економію теплової енергії при заміні пошкодженої мінераловатної ізоляції трубопроводу на новий теплоізоляційний матеріал із пінополіуретану.

Середню за опалювальний період температуру води прийняти:

- у подавальному трубопроводі: для розрахункових температур 150, 130, 105, 95 °С відповідно 89, 79, 66, 61 °С;

- у зворотному трубопроводі: при розрахунковій температурі 70 °С – 49 °С.

Міста знаходження тепломережі, на якій проводиться реконструкція, та інші вихідні дані наведено в таблиці 5.1.

Середня температура атмосферного повітря для деяких міст України наведена у додатку В. Теплофізичні властивості теплоізоляційних матеріалів наведені у додатку Г.

Товщину шару ізоляції δ_{i3} прийняти за таблицею 5.2.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані за варіантами завдання

Показник та одиниця вимірювання	Значення показника за варіантами завдання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Місто, де знаходиться теплова мережа	Харків	Донецьк	Запоріжжя	Київ	Львів	Полтава	Слов'янськ	Суми	Вінниця	Чернігів
Розрахункові температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, °С	130 / 70	150 / 70	130 / 70	90 / 70	150 / 70	150 / 70	130 / 70	90 / 70	150 / 70	130 / 70
Довжина ділянки l , м	40	25	37	42	50	35	20	60	55	65
Діаметр трубопроводу d , мм	125	82	150	100	70	184	125	207	150	82
Зволоження ізоляції, %	20	15	30	25	10	35	15	20	30	25

Таблиця 5.2 – Орієнтовна товщина ізоляції для розрахунку теплових втрат

d , мм	25-50	65-80	100-125	150-200	250-300	450-800
$\delta_{із}$, мм	40	60	80	100	120	140

5.2 Теоретичні відомості та методичні рекомендації

Теплова ізоляція є елементом конструкції трубопроводів. Вона уповільнює процес теплопередачі та виконує роль основного термічного опору в конструкції. В сучасних теплопроводах до теплоізоляційних матеріалів висувається ряд вимог до їх теплофізичних та механічних властивостей:

– низька теплопровідність як в сухому стані, так і в стані природної вологості;

- низький рівень водопоглинання і невелика висота капілярного підйому вологи;
- мала корозійна активність;
- високий електричний опір;
- достатня механічна міцність при стисненні та при згині.

Згідно з вихідними даними, існуюча ділянка теплової мережі має пошкоджену мінераловатну ізоляцію з підвищеною вологістю. Характерна особливість матеріалів із мінеральної вати – висока пористість. І хоча дана властивість зумовлює низьку теплопровідність, мінвата має показники підвищеного водопоглинання та дуже низьку межу міцності. І через це, під час експлуатації, досить швидко погіршуються її теплоізоляційні властивості.

Теплові втрати ізолюваного трубопроводу теплової мережі довжиною l визначають за рівнянням, Bm [7],

$$Q_{iz} = \frac{\pi l (t_1 - t_n)}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_{mp}} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_{iz}} \ln \frac{d_{iz}}{d_2} + \frac{1}{\alpha_n d_{iz}}}, \quad (5.1)$$

де l - довжина теплопроводу;

t_1, t_n - температури відповідно теплоносія та навколишнього повітря;

d_1, d_2 - внутрішній та зовнішній діаметри трубопроводу;

d_{iz} - зовнішній діаметр теплової ізоляції;

α_1, α_n - коефіцієнти тепловіддачі відповідно від теплоносія до внутрішньої поверхні трубопроводу та у навколишнє повітря від зовнішньої поверхні теплопроводу;

$\lambda_{mp}, \lambda_{iz}$ - коефіцієнти теплопровідності відповідно стінки трубопроводу та матеріалу ізоляції.

Виходячи з (5.1), формулу для визначення питомих лінійних (на одиницю довжини теплопроводу) втрат теплоти можна привести до вигляду [8,9]

$$q_l = \frac{t_1 - t_2}{R_l}, \quad (5.2)$$

де R_l - сумарний термічний опір теплопередачі.

У величину R_l відповідно до (5.1) входять чотири складових термічних опорів, m^0K/Wm ,

$$R_l = R_1 + R_{mp} + R_{i3} + R_H. \quad (5.3)$$

Для теплопроводів термічні опори від теплоносія до внутрішньої поверхні трубопровода R_1 та стінки трубопроводу R_{mp} звичайно не враховують, тому що вони досить малі у порівнянні з двома іншими. Термічний опір шару теплоізоляції R_{i3} та опір тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплопроводу в навколишнє повітря R_H визначаються за формулами

$$R_{i3} = \frac{1}{2\pi\lambda_{i3}} \ln \frac{d_{i3}}{d_2}, \quad (5.4)$$

$$R_H = \frac{1}{\pi d_{i3} \alpha_H}. \quad (5.5)$$

Коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати в залежності від відсотку зволоження можна визначити за графіком на рисунку 5.1. Щільність матеріалу прийняти $\rho_{сух} = 200 \text{ кг/м}^3$.

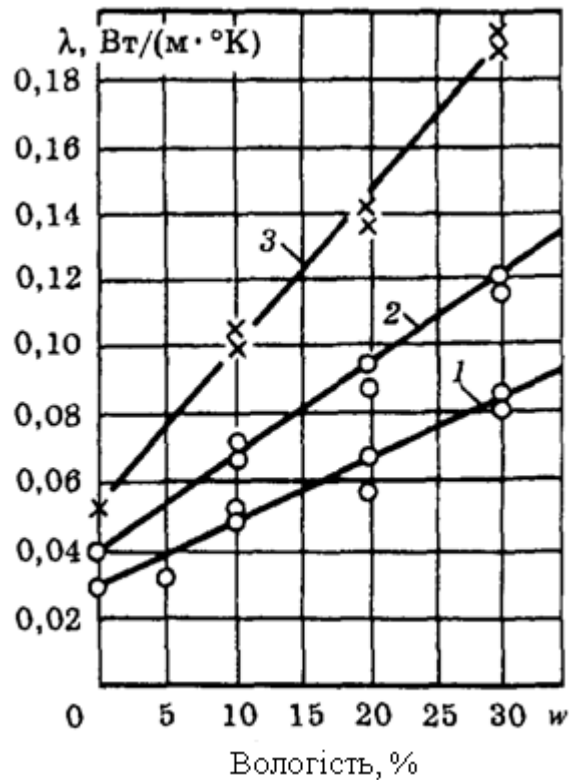
У коефіцієнті тепловіддачі α_H рекомендується враховувати тепловіддачу конвекцією та випромінюванням, тобто

$$\alpha_H = \alpha_{HK} + \alpha_{HP}. \quad (5.6)$$

Як показують практичні розрахунки, при реальній товщині теплоізоляції величина α_{HP} складає близько 2% від α_{HK} . Тому у більшості випадків врахування втрат теплоти випромінюванням не має сенсу. Для умов вимушеної конвекції величину α_{HK} можна визначити

$$\alpha_{нк} = 4,65 \frac{v_в^{0,7}}{d_{із}^{0,3}}, \quad (5.7)$$

де $\alpha_{нк}$ - у $Вт/(м^2 \cdot К)$; $d_{із}$ - у м; $v_в$ - швидкість руху повітря (швидкість вітру), м/с, для середніх умов можна приймати 5 м/с.



1 - $\rho_{сух} = 120 \text{ кг/м}^3$; 2 - $\rho_{сух} = 200 \text{ кг/м}^3$;
3 - $\rho_{сух} = 350 \text{ кг/м}^3$.

Рисунок 5.1 – Залежність теплопровідності мінеральної вати від вологості та щільності

У зв'язку з різними температурами теплоносія для подавального Q^n та зворотного Q^3 трубопроводів розрахунки для них слід проводити окремо.

Усі залежності для визначення теплових втрат теплопроводом з мінераловатною ізоляцією $Q_{м.в.}$ є відповідними і для визначення втрат з ізоляцією із пінополіуретану $Q_{п.у.}$

Економію теплової енергії при заміні пошкодженої мінераловатної ізоляції трубопроводу на пінополіуретанову теплоізоляцію можна визначити, Bt ,

$$\Delta Q = \Delta Q_{n.m.} + \Delta Q_{з.т.} = (Q_{м.в.}^n - Q_{n.у.}^n) + (Q_{м.в.}^з - Q_{n.у.}^з), \quad (5.8)$$

де $\Delta Q_{n.m.}$ - економія теплової енергії у подавальному трубопроводі;

$\Delta Q_{з.т.}$ - економія теплової енергії у зворотному трубопроводі.

5.3 Зміст завдання та порядок його виконання

1 Ознайомитися з теоретичними відомостями та методичними рекомендаціями.

2 Визначити сумарний термічний опір теплопередачі мінераловатної ізоляції $R_{l.m.в.}$.

3 Зробити розрахунок теплових втрат тепломережею з мінераловатною ізоляцією для подавального $Q_{м.в.}^n$ та зворотного $Q_{м.в.}^з$ трубопроводів.

4 Визначити сумарний термічний опір теплопередачі пінополіуретанової ізоляції $R_{l.n.у.}$.

5 Зробити розрахунок теплових втрат тепломережею з пінополіуретановою ізоляцією для подавального $Q_{n.у.}^n$ та зворотного $Q_{n.у.}^з$ трубопроводів.

6 Визначити обсяг економії теплової енергії при заміні існуючої ізоляції трубопроводу на пінополіуретанову.

7 Зробити висновки, оформити звіт із практичного заняття.

8 Дати відповіді на контрольні запитання з метою підготовки до захисту практичного заняття.

Контрольні запитання для самоперевірки

1 Яке призначення теплової ізоляції теплопроводів?

2 Які властивості повинен мати сучасний теплоізоляційний матеріал?

3 Переваги та недоліки мінераловатної ізоляції.

4 Які чинники впливають на коефіцієнт теплопередачі мінвати?

5 Які складові входять до показника сумарного термічного опору теплопередачі?

Контрольні запитання з курсу

1 Розкрити поняття «енергозбереження».

2 Які фактори вплинули на досить пізній розвиток енергозберігаючої політики в Україні?

3 Загальна характеристика Закону України «Про енергозбереження».

4 Охарактеризуйте відмінності різновидів енергетичних ресурсів: теоретичного, технічного та економічного.

5 Розкрити відмінності первинної енергії від вторинної. Використання якої з них економічно доцільніше?

6 Поняття «вторинні енергетичні ресурси» (ВЕР). Їх класифікація.

7 Основні переваги та недоліки використання ВЕР.

8 Дайте визначення теплових ВЕР. Можливі варіанти їх використання.

9 Дайте визначення ВЕР надлишкового тиску. Можливі варіанти їх використання.

10 Дайте визначення горючих ВЕР. Можливі варіанти їх використання.

11 Низькопотенційні ВЕР. Особливості їх використання.

12 Контактний теплообмінник з активною насадкою (КТАН). Призначення та принцип дії.

13 Апарати миттєвого закипання. Призначення та принцип дії.

14 Приладдя на основі теплових труб. Призначення та принцип дії.

15 Що таке тепловий насос? Опишіть коротко його принцип дії.

16 Охарактеризуйте різновиди теплових насосів у залежності від типу привода.

17 Загальна структурна схема компресійного теплового насоса.

- 18 Які природні джерела теплоти можуть використовуватися для роботи теплового насоса?
- 19 Які види теплових ВЕР можуть використовуватися для роботи теплового насоса?
- 20 Параметр, що відображає основну характеристику роботи теплового насоса. Наведіть формулу для його визначення.
- 21 Фактори, що посилюють доцільність застосування теплових насосів.
- 22 Фактори, що вказують на недоцільність застосування теплових насосів.
- 23 Переваги застосування теплових насосів.
- 24 Недоліки застосування теплових насосів.
- 25 Основні фактори, що впливають на якість транспортування теплової енергії.
- 26 Попередньо ізольовані трубопроводи. Їх конструктивні особливості та переваги.
- 27 Які види теплоізоляційних матеріалів можуть застосовуватись для утеплення трубопроводів? Які з них найбільш перспективні?
- 28 Основні властивості сучасного ефективного теплоізоляційного матеріалу.
- 29 Частотно-регулюючий пристрій (ЧРП). Його призначення при використанні у системах теплопостачання та вентиляції.
- 30 Основні конструктивні елементи та принцип дії ЧРП.
- 31 Переваги застосування ЧРП на двигунах насосів, за якими можливо виконати розрахунок економічного ефекту.
- 32 Переваги застосування ЧРП на двигунах насосів, за якими розрахунок економічного ефекту виконати неможливо.
- 33 Розкрийте основні пункти Положення «Про матеріальне заохочення колективів та окремих працівників підприємств за економію паливно-енергетичних ресурсів».
- 34 Умови матеріального стимулювання працівників залізничного транспорту за економію паливно-енергетичних ресурсів (ТЕР).
- 35 Які існують нормативи щодо встановлення розмірів заохочення?
- 36 Що розуміють під економією енергоресурсу при розрахунку матеріальної винагороди за збережені ТЕР?

37 Які складові входять у систему нормування енерговитрат на залізничному транспорті?

38 Розкрийте основні пункти Положення «Про матеріальне стимулювання працівників локомотивного депо за економію ПЕР».

39 Які організаційні енергозберігаючі заходи сприяють економії електроенергії та дизельного палива на тягу поїздів?

40 Які технічні енергозберігаючі заходи сприяють економії електроенергії та дизельного палива на тягу поїздів?

41 Які експлуатаційні енергозберігаючі заходи сприяють економії електроенергії та дизельного палива на тягу поїздів?

42 Розкрийте поняття «економічна ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів».

43 Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Закон України «Про енергозбереження». Закони України, т.7. – С.281 – 291.

2 Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы. – К.: Наук. думка, 1999. – 320 с.

3 Энергетический менеджмент; под общ. ред. А.В. Праховника. – К.: ІЕЕ НТУУ „КПІ”, 2001. – 472 с.

4 Маляренко В.А. Энергосбережение и энергетический аудит: учеб. пособие / В.А. Маляренко, И.А. Немировский. – Харьков: ХНАГХ, 2008. – 253 с.

5 Полтавський І.П. Науково-технічні та економічні проблеми енергозбереження в Україні.- Конспект лекцій.- Харьков: УкрДАЗТ, 2001.-52 с.

6 Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Справочное пособие /Л.Д.Богуславский и др. – М.: Стройиздат, 1990. – 624 с.

7 Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи.- М.: Энергия, 1977. – 344 с.

8 Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина 1 “Теплові мережі та споруди”): Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007.- 244 с.

9 ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. - Затв. наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 09.12.2008 р. № 568. – Чинні з 2009-01-07.

Додаток В

Таблиця В.1 – Кліматологічні дані для деяких міст України

Місто	Температура зовнішнього повітря, °С				Період зі середньодобовою температурою зовнішнього повітря ≤ 8 °С	
	абсолютна мінімальна	абсолютна максимальна	середньорічна	найбільш холодної п'ятиднівки	тривалість періоду, діб	середня температура, °С
Бердянськ	-29	39	9,6	-19	168	0
Вінниця	-36	38	6,7	-21	189	-1,1
Луганськ	-42	41	8	-25	180	-1,6
Джанкой	-30	41	10,5	-17	160	1,5
Дніпропетровськ	-34	40	8,5	-23	175	-1
Донецьк	-37	40	7,5	-23	183	-1,8
Євпаторія	-28	40	11	-16	149	2,4
Житомир	-35	38	6,8	-22	192	-0,8
Запоріжжя	-34	41	9	-22	174	-0,4
Івано-Франківськ	-34	37	7,3	-20	184	-0,1
Київ	-32	39	7,2	-22	187	-1,1
Кіровоград	-35	40	7,5	-22	185	-1
Луцьк	-34	38	7,2	-20	187	-0,2
Львів	-33	37	6,7	-19	191	-0,2
Миколаїв	-30	40	9,8	-20	165	0,4
Одеса	-28	37	9,8	-18	165	1
Полтава	-37	38	7	-23	187	-1,9
Рівне	-36	38	6,9	-21	191	-0,5
Сімферополь	-29	40	10,2	-16	158	1,9
Суми	-36	38	6	-24	195	-2,5
Тернопіль	-34	37	6,9	-21	190	-0,5
Ужгород	-28	40	9,6	-18	162	1,6
Феодосія	-25	38	11,7	-15	144	2,9
Харків	-36	39	6,9	-23	189	-2,1
Херсон	-32	39	9,8	-19	167	0,6
Хмельницький	-32	36	6,8	-21	191	-0,6
Черкаси	-37	38	7,2	-22	189	-1
Чернігів	-34	39	6,5	-23	191	-1,7
Чернівці	-32	38	7,8	-20	179	-0,2
Ялта	-15	39	13	-6	126	5,2

Додаток Г

Таблиця Г.1 – Властивості теплоізоляційних матеріалів теплових мереж

Теплоізоляційний матеріал	Температура застосування, °C	Теплопровідність матеріалу в конструкції, $Вт/(м \cdot ^\circ K)$
Мати мінераловатні прошивні ГОСТ 21880-86 марки 100	Мінус 180 - 450	$0,045+0,00021t_m$
Мати із скляного штапельного волокна на синтетичному сполученні ГОСТ 10499-78 марки МС-35	Мінус 60 - 180	$0,04+0,0003t_m$
Плити теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному сполученні ГОСТ 9573-82 марки 50	Мінус 60 - 400	$0,04+0,00029t_m$
Мати звукопоглинаючі базальтові марки БЗМ РСТ УСССР 1977-87	Мінус 180 - 450	$0,04+0,0003t_m$
Плити теплоізоляційні з пінопласту на основі резольних фенолформальдегідних смол ГОСТ 20916-87 марки 50	Мінус 180 - 130	$0,040+0,00022t_m$
Пінопласт термореактивний жорсткий ТУ 6-05-1303-76 марки ФФ	Мінус 60 - 150	$0,055-0,052$
Пінополіуретан ППУ-331/3	Мінус 180 - 120	$0,036-0,031$

