

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ
Кафедра теплових електричних станцій та енергозберігаючих технологій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ
З ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ»
для здобувачів вищої освіти першого рівня

Перший рівень вищої освіти – бакалавр
Спеціальність: 144 – Теплоенергетика
Освітньо-професійна програма– Теплоенергетика та менеджмент енергозбереження
Курс – 2, семестр 3

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Основи енергоменеджменту» для здобувачів вищої освіти першого рівня.
Спеціальність 144 – Теплоенергетика. Освітньо-професійна програма – Теплоенергетика та менеджмент енергозбереження. Курс 2, семестр -3.
Укладачі: Дорошенко Ж.Ф., Остапенко Л.Ю.

Методичні вказівки розглянуті та затверджені на засіданні кафедри ТЕСЕТ
протокол № 1 від «30» « 08 » 2023 р.

Зав.кафедрою

Г.А.Баласанян

Голова методичної комісії ІЕКСУ

В.В.Кандєєва

« » « » 2023 р.

Директор ІЕКСУ

А.С.Мазуренко

« » « » 2023 р.

ЗМІСТ

1. Мета розрахунково-графічної роботи	4
2. Загальні задачі енергоменеджменту	4
3. Визначення енергетичної ефективності	4
4. Загальні принципи використання енергоменеджменту в системах теплопостачання	5
5. Задачі розрахунково-графічної роботи	5
6. Алгоритм виконання і оформлення РГР	6
7. Література	7
8. Додатки	8

1. МЕТА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Навчальним планом підготовки бакалаврів за спеціальністю 144 – Теплоенергетика (спеціалізацій - «Теплоенергетика та менеджмент енергозбереження» і «Теплові електростанції та інноваційні енергетичні технології») передбачено в процесі вивчення дисципліни «Основи енергоменеджменту» виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 144 – Теплоенергетика з метою виявлення методичної і практичної допомоги при виконанні розрахунково-графічної роботи (РГР) з дисципліни «Основи енергоменеджменту».

Метою РГР є:

- закріплення знань, отриманих студентами в процесі засвоєння теоретичного і практичного матеріалу з дисципліни;
- формування чіткого уявлення про практичне значення прийомів енергоменеджменту для вирішення реальної задачі з підвищення енергетичної ефективності елемента системи теплопостачання, а саме ланки транспортування теплоносія.

Виконання РГР передбачає використання знань з теорії теплообміну з метою визначення теплових втрат з поверхні трубопроводів, вибору ефективного теплоізоляційного матеріалу згідно критерія - «критичний діаметр ізоляції», проведення порівняльного аналізу результатів для різних технологій організації транспортування теплоносія і визначення економії палива за рахунок зменшення теплових втрат при обґрунтованому виборі матеріалу ізоляції.

2. ЗАГАЛЬНІ ЗАДАЧІ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

Енерго- і ресурсозбереження є однією з найважливіших задач сучасних виробничих технологій і державної політики.

В умовах зростання енергетичної складової в витратах на виробництво продукції особливу актуальність набуває управління енергетичними ресурсами – ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ.

Сучасні концепції управління енергетичними ресурсами базуються на положеннях і методах теорії енергетичного менеджменту. Метою використання інструментарію енергетичного менеджменту (ЕМ) є зменшення енерговитрат. Зменшення витрат енергетичних ресурсів за рахунок ефективного ЕМ спричиняють низку переваг:

- зростання прибутку підприємств;
- збереження робочих місць;
- додаткові фінансові джерела інвестування;
- збільшена конкурентноспроможність;
- підвищення економічної стійкості підприємства.

Вирішення задачі щодо підвищення ефективності підприємства за рахунок зниження споживання енергоресурсів починається, в першу чергу, з детального вивчення технологічного процесу, який визначається як мета функціонування підприємства і має назву ЦІЛЬОВОЇ ЗАДАЧІ. Одночасно розглядаються всі аспекти енергозабезпечення потреб підприємства з метою визначення реального стану з енергоспоживання в процесі виконання цільової задачі. Отримані дані є результатом енергетичного аудита і повинні бути проаналізованими для

вироблення конкретних рекомендацій щодо зниження енерговитратності за умов забезпечення безперервного виконання цільової задачі з кращими енергетичними показниками.

3. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Ефект енергозбереження визначається різницею енергетичних витрат (в фізичних або економічних одиницях) до впровадження пропозицій з енергозбереження, які повинні забезпечувати підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, з їх подальшим впровадженням.

В якості критерія ефективності енергозберігаючих заходів часто визначають питомі витрати енергоресурсів, які відповідають енергетичним характеристикам конкретного обладнання в означеному технологічному процесі [1].

4. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Такий підхід дозволяє вирішувати задачу зниження споживання енергоресурсів в будь-якій системі на основі використання інструментарію енергетичного менеджменту. Згідно з відповідним алгоритмом ЕМ:

- проведення якісного оцінювання енерговитратності виконання цільової задачі з метою виявлення причин необґрунтованих витрат енергії;
- виявлення конкретних мер щодо зменшення енерговитрат з оцінюванням ефективності пропонуємих заходів.

Такий алгоритм дій є універсальним при вирішенні задач енергозбереження на основі інструментарію енергетичного менеджменту, який має основою принципи системного підходу, що дозволяє намагатися зменшення енергоспоживання в процесі отримання цільового продукту за конкретною технологією [3].

Принципова структура систем теплопостачання, в тому числі муніципальних, складається з таких елементів:

- елемент ГЕНЕРАЦІЇ цільового продукту (потрібний споживачеві теплоносіїв), який має задані параметри (температура, тиск), в означеній кількості, яка відповідає заданому видатку (кг/с), в чіткій погодженості з годинною картою подачі теплоносія споживачеві – КОТЕЛЬНЯ, ТЕЦ;
- ланка ТРАНСПОРТУВАННЯ теплоносія від джерела до споживача – ТРУБОПРОВІДНЕ транспортування (теплові мережі, паропроводи, конденсатопроводи);
- ланка використання теплоносія – СПОЖИВАЧ (промисловий, муніципальний).

Наявність споживача з набором його вимог щодо надійного та ефективного постачання енергоресурсів визначає УМОВИ створення конкретної СИСТЕМИ теплопостачання.

Ефективність такої системи визначається ефективністю кожного з її елементів. Так, наприклад, для організації муніципального теплопостачання необхідно мати ефективне джерело (за значенням питомих витрат палива на генерацію ГДж теплоти) генерації мережевого теплоносія. Крім того необхідно мати ефективну систему транспортування теплоносія, яка визначається результатами порівнювання реальних енергетичних втрат в теплових мережах з нормативно встановленими значеннями. Нормативні значення втрат в мережах визначаються рівнем сучасних технологій транспортування теплоносіїв. І нарешті, заключний елемент системи теплопостачання – використання теплоти СПОЖИВАЧЕМ. Енергетична ефективність в цьому елементі системи визначається величиною втрат теплоти за рахунок необґрунтованих теплоотводів в навколишнє середовище, технічними характеристиками обладнання та інш.

5. ЗАДАЧІ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

В РГР розглядається задача підвищення ефективності транспортування теплоносія в системі теплопостачання на базі використання інструментарію енергетичного менеджменту.

Згідно алгоритму використання прийомів енергоменеджменту необхідно визначити енергоефективність трубопровідних мереж. Цей показник залежить від значення енергетичних втрат в мережах, які складаються з теплових і гідравлічних втрат. Визначення енергетичних втрат в мережах оцінюють витратами палива на генерацію теплоти, яка втрачається в мережах, і витратами електричної енергії на транспортування теплоносія з урахуванням гідравлічних характеристик трубопроводів (втрати енергії потоку на подолання тертя пов'язані з витратами електричної енергії на привід насосного обладнання – мережових насосів). Витрати електричної енергії визначаються питомими витратами палива на теплових електричних станціях. Таким чином, енергетична ефективність трубопровідних мереж транспортування теплоносія фактично залежить від паливної складової в двох технологічних процесах – генерації теплоти і генерації електричної енергії.

В РГР розглядається питання зменшення теплових втрат в трубопровідних мережах. Технічне вирішення цього питання забезпечується зменшенням теплоотводів з поверхні трубопроводів за рахунок використання теплової ізоляції [2]. Механізм зменшення теплоотводів детально розглядається в теоретичному і практичному аспектах дисципліни «Тепломасообмін» (4, 5 семестри).

Результатом виконання РГР є дані, які дозволяють зробити висновки про вплив товщини обраного теплоізоляційного матеріалу на тепловтрати в навколишнє середовище. Крім того, розглядання системи транспортування з позицій основ енергоменеджменту дозволяє зробити висновки відносно того, чи достатньо отриманої інформації для формування конкретних, однозначних рекомендацій щодо практичної реалізації дій з зменшення енергозатратності транспортування мережевого теплоносія.

6. АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ І ОФОРМЛЕННЯ РГР

Послідовність виконання РГР визначається реалізацією таких етапів:

1. Формулювання задачі, яка є МЕТОЮ виконання РГР.
2. Вибір матеріала для теплової ізоляції труб паропроводу [2,4].
3. Визначення теплових втрат трубопроводу в залежності від товщини ізоляції (довільний вибір студентом трьох значень товщини теплоізоляційного шару).
4. Визначення ефективності теплової ізоляції в залежності від товщини шару ізоляції у вигляді функціональної залежності (графіків) – $\Delta Q = f(\delta_{iz})$ і $B_n = f(\delta_{iz})$.
5. Оцінювання отриманих результатів і формулювання практичних рекомендацій щодо зменшення теплових втрат в теплових мережах за рахунок застосування прийомів енергетичного менеджменту.

В процесі виконання етапів РГР студенти використовують теоретичні знання і практичні навички, які отримані в результаті вивчення дисциплін – «Тепломасообмін», «Гідрогазодинаміка». «Інформаційні технології та програмування».

Оформлення РГР виконується у відповідності з затвердженими вимогами Положень, прийнятих в Національному університеті «Одеська політехніка».

Розрахункова частина роботи повинна включати матеріали за темами:

1. Визначення актуальності використання енергетичного менеджменту для зменшення енергоспоживання.
2. Опис причин нераціонального використання енергоресурсів (втрат) в трубних системах транспортування теплоносіїв.
3. Практичні рекомендації щодо зменшення теплових втрат в системі транспортування теплоносіїв:
 - вибір теплоізоляційного матеріалу;

- визначення теплових втрат в залежності від товщини теплової ізоляції;
 - визначення економії енергоресурсів за рахунок зменшення теплових втрат в навколишнє середовище системи транспортування теплоносія.
4. Аналіз отриманих результатів;
 5. Висновки.

Графічна частина РГР є логічним доповненням розрахункової частини, в ній наводяться графічна інтерпретація результатів розрахунків щодо визначення енергетичної ефективності (втрати теплоти, економія теплоти, річна економія теплоти, річна економія палива в залежності від товщини ізоляції).

Порядок комплектації РГР:

1. Титульний лист
2. Вихідні дані
3. Зміст
4. Текст розрахункової частини РГР з вказівками пунктів, які пов'язані з пунктами 1...5 (див. вище)
5. Висновки
6. Література

Нумерація сторінок починається з титульного листа (без вказівки на ньому номера сторінки).

Графічні матеріали наводяться за текстом з крізною нумерацією – Рис.1, Рис.2..... (рисунки повинні мати назву).

За текстом ОБОВ'ЯЗКОВО наводяться посилки на літературні джерела, які використовувалися в роботі, в квадратних дужках ([]) у відповідності з номером, під яким вони наводяться в частині «Література».

Оформлена РГР подається керівнику на перевірку, після чого (з виправленнями, якщо вони потрібні) робота рекомендується до презентації (захисту).

7. ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Дзякевич Ю.В., Гевко Р.Б., Буряк М.В., Розум Р.І. Енергетичний менеджмент. – Тернопіль: Економічна думка, 2014. – 335с.
2. Драганов Б.Х., Долинський А.А., Міщенко А.В., Письменний Є.М. Теплотехніка: Підручник. – Київ: «ІНКОС», 2005. – 504с.

Додаткова

3. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., Технология энергосбережения. – М.: ФОРУМ: ИНФА – М., 2006. – 352с.
4. Беляйкин И.В., Витальев В.П. и др. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию. – Энергоатомиздат, 1981. – 416с.
5. Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям: учебное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 232с.
6. В.В.Цветков . Организация пароснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1980. – 208 с.

РОЗПОДІЛ ВАРІАНТІВ РГР (група ТП-2202)

№№	Студент	Варіант
1	Білик А.	1

2	Бродська А.	2
3	Волков Д.	3
4	Гаркуша В.	4
5	Лукашенко О.	5
6	Ляхов С.	6
7	Моловата А.	7
8	Погожий Л.	8
9	Савілов А.	9
10	Самойлов В.	10

7. ДОДАТКИ

Д7.1. ВИХІДНІ ДАНІ ДО РГР

Варіант	Внутрішній діаметр, d_1 , мм	Зовнішній діаметр, d_2 , мм	Довжина труби, l , м	Тиск пари/температура пари, P_n / t_{np} , МПа/°C
1	21/20*	25	35	$P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) $t_{np} = 400$ °C
2	101/100	108	125	$P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) $t_{np} = 400$ °C
3	126/125	133	140	$P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) $t_{np} = 400$ °C
4	28/25	32	95	$P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) $t_{np} = 400$ °C
5	209/200	219	215	$P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) $t_{np} = 400$ °C
6	34/32	38	50	$P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) $t_{np} = 400$ °C
7	41/40	45	85	$P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) $t_{np} = 400$ °C
8	150/150	159	100	$P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) $t_{np} = 400$ °C
9	83/80	89	75	$P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) $t_{np} = 400$ °C
10	51/50	57	45	$P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) $t_{np} = 400$ °C
11	271/250	273	115	$P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) $t_{np} = 400$ °C

*У знаменнику значення умовного діаметра (D_u , мм)

Примітка: Товщину ізоляції прийняти довільно (керуючись здоровим глуздом і рекомендаціями, наведеними в літературі, наприклад, плити м'які з мінеральної вати на синтетичному сполучному - товщина 60 ... 1000 мм –див. Д7.2)

Д7.2 ВЛАСТИВОСТІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ РЕКОМЕНДОВАНІ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ЗА НОРМАМИ ОСНОВНОГО ШАРУ ІЗОЛЯЦІЇ [6]

Матеріал	Густина ρ , кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності, λ , Вт/(м · К)	Допустима температура, t , °С
Азбестовий шнур	750	0,17	450 (без бавовни)
Азбозурит	550	0,15	600
Пінобетон	300	0,107	500
Феррон з азбестом	500	0,08	600

Д7.3 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКІВ

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНІСТІ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ПАРИ (ПАРОПРОВОДУ) ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ [5]

Вихідні дані:

- | | |
|--|--|
| 1. Внутрішній діаметр паропроводу | d_1 , мм |
| 2. Зовнішній діаметр паропроводу | d_2 , мм |
| 3. Товщина ізоляції | $\delta_{из}$, мм |
| 4. Діаметр трубопроводу з ізоляцією | d_3 , мм |
| 5. Довжина паропроводу | l , м |
| 6. Коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки | $\alpha_1 = 80$ Вт/(м ² ·К) |
| 7. Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні паропроводу до навколишнього повітря | $\alpha_2 = 8$ Вт/(м ² ·К) |
| 8. Тиск пари | $P_n = 10^6$ Па (≈ 10 атм) |
| 9. Температура перегрітої пари | $t_{пп} = 400$ °С |
| 10. Матеріал трубопроводу | сталь |

Приклад вирішення за умов:

$d_1 = 200$ мм;
 $d_2 = 210$ мм;
 $\delta_{i3} = 50$ мм (ізоляція – шлаковата);
 $l = 100$ м.

Фізичні параметри теплоносія і матеріалів:

- ентальпія перегрітої пари $h_{пп} = 3264,0$ кДж/кг; [4]
- теплопровідність сталі $\lambda_{ст} = 50$ Вт/(м·К);
- теплопровідність шлаковати $\lambda_{i3} = 0,07$ Вт/(м·К).

Поверхня теплообміну паропроводу без ізоляції

$$F_1 = \pi \cdot d_2 \cdot l = 3,14 \cdot 0,21 \cdot 100 = 66,0 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт теплопередачі (без ізоляції)

$$k_1 = 1 / [(1/\alpha_1) + (\delta_{ст}/\lambda_{ст}) + (1/\alpha_2)] =$$

$$= 1 / [(1/80) + (0,005/50) + (1/8)] = 7,3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

де $\delta_{ст} = (d_2 - d_1)/2$ - товщина стінки трубопроводу, мм.

Втрати теплоти паропроводом без ізоляції

$$Q_1 = k_1 \cdot F_1 \cdot (t_{пп} - t_n) = 7,3 \cdot 66 \cdot (400 - 10) = 187900 \text{ Вт}, \quad [\text{для води } Q_1 = k_1 \cdot F(t_{мв}' - t_{мв}'')]]$$

де $t_n = 10$ °С – температура навколишнього повітря.

Поверхня теплообміну паропровода з ізоляцією

$$F_2 = \pi \cdot d_3 \cdot l = 3,14 \cdot 0,31 \cdot 100 = 97,34 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт теплопередачі (з ізоляцією)

$$k_2 = 1 / [(1/\alpha_1) + (\delta_{ст}/\lambda_{ст}) + (\delta_{i3}/\lambda_{i3}) + (1/\alpha_2)] =$$

$$= 1 / [(1/80) + (0,005/50) + (0,05/0,07) + (1/8)] = 1,17 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Втрати теплоти паропроводом з ізоляцією

$$Q_2 = k_2 \cdot F_2 \cdot (t_{пп} - t_n) = 1,17 \cdot 97,34 \cdot (400 - 10) = 44400 \text{ Вт}.$$

Поменшення втрат теплоти за рахунок використання ізоляції складає

$$Q_1/Q_2 = 187900/44400 = 4,2 \text{ раз}.$$

В розглядаємому випадку економія теплоти буде складати

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = 187900 - 44400 = 143500 \text{ Вт}.$$

Річна економія теплоти складає

$$\Delta Q_{\text{річн.}} = 3600 \cdot \Delta Q \cdot 24 \cdot 360 = 3600 \cdot 143500 \cdot 24 \cdot 360 = 4,46 \cdot 10^{12} \text{ Дж/рік} =$$

$$= 4,46 \cdot 10^9 \text{ кДж/рік} .$$

Річна економія палива (природного газу з теплою згоряння $Q_{\text{згор}}^{\text{г}} = 35000 \text{ кДж/м}^3$), яке використовується в паровому котлі з ККД $\eta_{\text{к}} = 0,9$

$$V_{\text{п}} = \Delta Q_{\text{річн.}} / (Q_{\text{згор}}^{\text{г}} \cdot \eta_{\text{к}}) = 4,46 \cdot 10^9 / (35000 \cdot 0,9) = 141567,3 \text{ м}^3/\text{рік} .$$