**Міністерство освіти і науки України**

 **ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

 **Методичні вказівки**

 **до виконання розрахунково-графічної роботи**

 **з дисципліни «Основи енергоменеджменту»**

 **для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

 **спеціальності 144 – Теплоенергетика,**

 **освітньої програми –Теплоенергетика**

 **та менеджмент енергозбереження,**

 **інституту енергетики**

 **та компʹютерно-інтегрованих систем управління**

 **Одеса: ДУ ОП, 2021**

 **Міністерство освіти і науки України**

 **ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

 **Методичні вказівки**

 **до виконання розрахунково-графічної роботи**

 **з дисципліни «Основи енергоменеджменту»**

 **для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

 **спеціальності 144 – Теплоенергетика,**

 **освітньої програми –Теплоенергетика**

 **та менеджмент енергозбереження,**

 **інституту енергетики**

 **та компʹютерно-інтегрованих систем управління**

 Затверджено

 на засіданні кафедри ТЕСЕТ

 Протокол №2 от 08.09.2021 р.

 Погоджено

 з гарантом освітньої програми

  **Одеса: ДУ ОП, 2021**

**Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Основи енергоменеджменту» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітньої програми – Теплоенергетика та менеджмент енергозбереження, інституту енергетики та компʹютерно-інтегрованих систем управління**./

*Уклад.: Ж.Ф. Дорошенко*.Одеса: ДУ ОП, 2021. - 14 с.

 Укладач: **Дорошенко Ж.Ф**., канд.техн. наук, доцент

 Методичні вказівки до виконання РГР допомогають формувати у здобуачів вищої освіти на основі теоретичних знань з дисципліни чітке уявлення щодо практичного значення заходів енергетичного менеджменту для вирішення реальних заджач з підвищення енергетичної ефективності муніципальної системи теплопостачання, а саме ланки транспортування мережного теплоносія – теплових мереж.

 Навчальний матеріал доповнений прикладами розрахунків втрат теплоти в системах транспортування теплоносіїв, необхідним для виконання індивідуального завдання довідкового матеріалу.

 **ЗМІСТ**

Вступ 4

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. Критерії оцінювання виконання РГР 7

8. Література 8

9. Додатки 9

 **ВСТУП**

 Навчальним планом підготовки бакалаврів за спеціальністю 144 – Теплоенергетика (спеціалізацій - «Теплоенергетика та менеджмент енергозбереження») передбачено в процессі вивчання дисципліни «Основи енергоменеджменту» виконання розрахунково-графічної роботи (РГР).

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

 **1. МЕТА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ**

 Метою РГР є:

* закріплення знань, отриманих здобувачами в процесі засвоєння теоретичного і практичного матеріала з дисципліни;
* формування чіткого уявлення про практичне значення прийомів енергоменеджменту для вирішення реальної задачі з підвищення енергетичної ефективності одного з елементів 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 обгрунтованому виборі матеріалу ізоляції.

 Виконання РГР сприятиме набуттю здобувачами компетенцій, які передбачені ОПП спеціальності 144 - Теплоенергетика, а саме:

- СК7 - здатність продемонструвати розуміння широкого міждисциплінарного інженерного контексту і його основеих принципів;

- СК17 – здатність обирати іноваційну стратегію розвитку підприємств, що спрямована на оптимізацію паливно-енергетичного комплексу.

 В процесі виконання РГР здобувач повинен продемонструвати такі результати:

- уміти оцінювати та синтезувати інформацію;

- уміти оцінювати впливи зовнішніх та внутрішніх факторів на перебіг процесів в теплоенергетичному устаткуванні;

- уміти визначати перспективи, прогнозувати та планувати цілі і задачі у коротккостроковій та довгостроковій перспективі;

- уміти аналізувати інформацію та визначати оптимальге розвʹязання теплоенергетичних задач;

- здатність застосовувати знання в галузі теплоенергетичних процесів, технологій опрацювання режимної інформації та експлуатації устаткування;

- уміти застосовувати раціональні технології функціювання теплоенергетичних систем традіційних та іноваційних на базі енергозберігаючих технологій.

 Обсяг индивідуальної роботи щодо виконання РГР складає 15 годин (0,5 кредиту). РГР виконується на протязі 6 семестру з захистом у терміни, які визначаються у терміни, які визначаються графіком учбового процесу.

 **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 енергетичнисми 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 функціювання 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 безперечного виконання цільової задачі з кращими енергетичними показниками.

 **3. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

 Ефект енергозбереження визначається різницією енергетичних витрат (в фізичних або економічних одиницях) до впровадження пропозицій з енергозбереження, які повинні забезпечувати підвищення ефективності використовування 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 який системі на основі використування інструментарію енергетичного менеджменту. Згідно з відповідним алгоритмом ЕМ:

* проведення якісного оцінювання енерговитратності виконання цільової задачі з метою виявлення причин необгрунтованих витрат енергії;
* виявлення конкретних мер щодо зменшення енрговитрат 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 добуватися зменшення енергоспоживання в процесі отримання цільового продукту за конкреною технологією [3].

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

* елемент ГЕНЕРАЦІЇ цільового продукта (потрібний споживачеві теплоносій), який має задані параметри (температура, тиск), в означеній кількості, яка відповідає заданому видатку (кг/с), в чіткій погодженісті с часовою картою подачі теплоносія споживачеві – КОТЕЛЬНЯ, ТЕЦ;
* ланка ТРАНСПОРТУВАННЯ теплоносія від джерела до споживача – ТРУБОПРОВІДНЕ транспортування (теплові мережі, паропровіди, конденсатопровіди);
* ланка використування 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 мережового теплоносія. Крім того необхідно мати ефективну систему транспортування теплоносія, яка визначається результатами порівнювання реальних енергетичних втрат в теплових мережах з нормативно встановленними 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 необгрунтованих теплоотводів в навколишнє середовище, технічними характеристиками обладнання і ін.

 **5. ЗАДАЧІ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ**

 В РГР розглядається задача підвищення ефективності транспортування теплоносія в системі теплопостачання на базі використування 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 повʹязані з витратами електричної енергії на привід насосного обладнання – мережевих 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 – генереції 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 єнергоменеджменту дозволяє зробити висновки відносно того. чи достатньо отриманої інформації для формування конкретних, однозначних рекомендацій щодо практичної реалізації дій з зменшення енергозатратності транспортування мережного теплоносія.*

  **6. АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ І ОФОРМЛЕННЯ РГР**

 Послідовність виконання РГР визначається реалізацієй таких етапів:

1. Формулювання задачі, яка є МЕТОЮ виконання РГР.
2. Вибір матеріала для теплової ізоляції труб теплових мереж заданого зовнішнього діаметру (d2) за критичним діаметром ізоляції [2,4].
3. Визначення теплових втрат трубопроводо 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) – ΔQ = f (δіз) і Вп = f (δіз).

1. 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 вивчання дисциплін – «Тепломасообмін», «Гідрогазодинаміка». «Інформаційні технології та програмування».

 Оформлення РГР виконується у відповідності затвердженим вимогам спеціальних Положень, прийнятих в Одеському національному політехнічному університеті.

 Розрахункова частина роботи на державній мові повинна включати матеріали за темами:

1. Визначення актуальності використування енергетичного менеджменту для зменшення енергоспоживання.
2. Опис причин нераціонального використування енергоресурсів (втрат) в трубних системах транспортування теплоносіїв.
3. Практичні рекомендації щодо зменшення теплових втрат в системі транспортування теплоносіїв:
* вибір теплоізоляційного матеріалу;
* визначення тепловихвтрат в залежності від товщини теплової ізоляції;
* визначення економії енергоресурсів за рахунок зменшення теплових втрат в навколишнє середовище системи транспортування теплоносія.
1. Аналіз отриманих результатів;
2. Висновки.

 Графічна частина РГР є логічним доповненням розрахункової частини, в ній наводяться графічна інтерпретація результатів розрахунків щодо визначення енергетичної ефективності (втрати теплоти, економія теплоті, 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 повʹязані 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 ОБОВʹЯЗКОВО 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 керівниу на перевірку, після чого (з виправленнями, якщо вони потрібні) робота рекомендується до презентаціїї (захисту).

 **7. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ВИКОНАННЯ РГР**

 Виконання РГР за семестр оцінюється 20 балами (0,5 кред.), у кожному семестровому модулі по 10 балів (0,25 кред.). Розподіл балів за етапами РГР наведені в таблиці 1

 Таблиця 1. Оцінювання виконання РГР

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  **Етапи виконання** |  **Результати** |  **Бали** |
|  **1** |  **2** |  **3** |
|  **1** |  **2** |  **3** |
| Загальна характеристика системи муніципального теплопостачання і визначення актуальності використання енергоменеджменту для підвищення її енергетичної ефективності. | Виконання розділу розрахункової частини з визначенням доцільності використання інструментарію енергетичного менеджменту щодо підвищення енергоефективності складових системи теплопостачання |   2 |
| Аналіз причин нераціонального використання енергоресурсів (теплових втрат) в системах транспортування теплоносіїв. | Детальний опис причин теплових втрат в трубних системах транспортування теплоносіїв і їх впливу на показники енергетичної ефективності  |  3  |
| Аналіз процесу теплообміну між теплоносієм в трубі і навколишнім середовищем з визначенням практичних рекомендацій щодо зменшення теплових втрат в системі транспортування теплоносія  | Вибір теплоізоляційного матеріалу з використанням критерію «критичний діаметр ізоляції». Визначення теплових втрат в залежності від товщини теплової ізоляції. Визначення економії енергоресурсів за рахунок зменшення теплових втрат в системі транспортування теплоносія |  10 |
| Аналіз отриманих результатів | Отримання результатів технічної складової вирішення задачі щодо зменшення теплових втрат за рахунок характеристик теплової ізоляції трубопроводів |  3 |
| Висновки | Оцінка результатів використання теплової ізоляції з метою надання практичних рекомендацій щодо виконання теплоізолційних робіт трубопроводів систем теплопостачання з метою підвищення їх енергетичної ефективності.  |  2 |
|  **РАЗОМ** |  **20** |

1. **7. ЛІТЕРАТУРА**

 **Основна**

1. Дзядкевич 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.

 **9. ДОДАТКИ**

 **Д9.1. ВИХІДНІ ДАНІ РГР**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Внутрішнійдіаметр, d1,мм  | Зовнішнійдіаметр, d2, мм | Довжинатрубы, l, м | Температурамережевої воды tʹмв / tʹʹмв.,ºC поч. / кінц. |
|  1 | 21/20 ⃰ | 25 |  35 |  125/123 |
|  2 | 101/100 | 108 |  125 |  140/137 |
|  3 | 126/125 | 133 |  140 |  130/126 |
|  4 | 28/25 | 32 |  95 |  110/107 |
|  5  | 209/200 | 219 |  215 |  105/101 |
|  6 | 34/32 | 38 | 50 |  135/132 |
|  7 | 41/40 | 45 | 85 |  120/115 |
|  8 | 150/150 | 159 | 100 |  115/111 |
|  9 | 83/80 | 89 | 75 |  140/138 |
|  10 | 51/50 | 57 | 45 |  95/93 |
|  11 | 271/250 | 273 | 115 |  145/141 |
|  12 | 125/125 | 133 | 155 |  150/145 |
|  13 | 150/150 | 159 | 110 |  135/130 |
|  14 | 42/40 | 48 | 65 |  115/113 |
|  15 | 54/50 | 60 | 105 |  155/151 |

\*У знаменнику значення умовного діаметра (Dу, 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 )

**Д9.2 ВЛАСТИВОСТІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ РЕКОМЕНДОВАНІ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ЗА НОРМАМИ ОСНОВНОГО ШАРУ ІЗОЛЯЦІЇ**

**ДЛЯ ТРУБОПРОВОДІВ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ [4]**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  Матеріал |  Умовний діаметр труб,Dу мм | Коефіцієнт теплопровідності, λіз, Вт/(м·К) | Товщина, δіз,мм |
| Плити м'які з мінеральної вати на синтетичному сполучному |   100…450  |  0,040 |  60…100 |
| Мати мінераловатні в металевій сітці або в склотканині |  200…1400  |  0,043 |   40…120 |
| Напівциліндри з пінопласту(до t = 130ºC) |  40…250 |  0,041 |  30…60 |
| Сегменти вапняно-кремнеземні |  250…1000 |  0,070 |  50…150 |
| Шнур з мінеральної вати в обплетенні з склотканини |  25…100 |  0,056 |  30…90 |
| Напівциліндри вулканітові |  50…250 |  0,074 |  40…80 |
| Сегменти совелітові |  200…400 |  0,078  |  50…80 |

**Д9.3 ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ**

**Д9.3.1 Приклад №1 [2]**

 Трубу зовнішнім діаметром dн = 20 мм необхідно покрити тепловою ізоляцією. В якості ізоляції може бути взятий азбест з коефіцієнтом теплопровідності λ = 0,1 Вт / (м · К), коефіцієнт тепловіддачі в навколишнє середовище α = 5 Вт / (м² · К). Чи доцільно в даному випадку використовувати азбест в якості матеріалу для теплової ізоляції ?

 ***Рішення:***

Критичний діаметр ізоляції дорівнює:

 dкр.із = 2λ / α = (2 · 0,1) / 5 = 0,04 м = 40 мм.

Оскільки dн <d кр.із азбест в розглянутому прикладі використовувати НЕДОЦІЛЬНО.

 **Д9.3.2 Приклад №2**

 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНІСТІ ПАРОПРОВОДУ

 ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ [5]

 **Вихідні дані:**

1. Внутрішній діаметр паропроводу d1 , мм

2. Зовнішній діаметр паропроводу d2 , мм

3. Товщина ізоляції δіз , мм

4. Діаметр трубопроводу з ізоляцією d3 , мм

5. Довжина паропроводу l , м

6. Коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки α1 = 80 Вт/(м2·К)

7. Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні

 паропроводу до навколишнього повітря α2 = 8 Вт/(м2·К)

8. Тиск пари Рп = 106 Па (≈ 10 атм)

9. Температура перегрітої пари tпп = 400 ºC

10. Матеріал трубопроводу сталь

 **Приклад вирішення за умов:**

d1= 200 мм;

d2= 210 мм;

δіз = 50 мм (ізоляція – шлаковата);

l = 100 м.

 **Фізичні параметри теплоносія і матеріалів:**

* ентальпія перегрітої пари hпп = 3264,0 кДж/кг; [4]
* теплопровідність сталі λст = 50 Вт/(м·К);
* теплопровідність шлаковати λіз = 0,07 Вт/(м·К).

 ***Рішення:***

Поверхня теплообміну паропроводу без ізоляції дорівнює

F1 = π· d2 ·l = 3,14·0,21·100 = 66,0 м2 .

Коефіцієнт теплопередачі (без ізоляції) складає

k1 = 1/ [(1/α1 ) + (δcт /λст ) + (1/α2 )] =

= 1/ [ (1/80) + (0,005/50) + (1/8)] = 7,3 Вт/(м2··К),

де δст = (d2 – d1)/2 - товщина стінки трубопроводу, мм.

Втрати теплоти паропроводом без ізоляції складає

 Q1 = k1·F1·(tпп  - tп) = 7,3·66·(400 -10) = 187900 Вт,

 *[Довідка: для води Q1=k1·F(tмвʹ-tмвʹʹ)],*

де tп = 10 ºC – температура навколишнього повітря.

Поверхня теплообміну паропровода з ізоляцією дорівнює

F2 = π· d3·l = 3,14·0,31·100 = 97,34 м2  .

Коефіцієнт теплопередачі (з ізоляцією) складає

k2 = 1/ [(1/α1) + (δст/λст) + (δіз/λіз) + (1/α2)] =

=1/[(1/80) + (0,005/50) + (0,05/0,07) + (1/8)] = 1,17 Вт/(м2·К).

Втрати теплоти паропроводом з ізоляцією дорівнюють

Q2 = k2·F2·(tпп – tп) = 1,17 ·97,34 ·(400 -10) = 44400 Вт.

Поменшення втрат теплоти за рахунок використання ізоляції складає

Q1/Q2 = 187900/44400 = 4,2 раз .

В розглядаємому випадку економія теплоти буде складати

ΔQ = Q1 – Q2 = 187900 – 44400 = 143500 Вт.

Річна економія теплоти дорівнює

ΔQрічн. = 3600 · ΔQ · 24 · 360 = 3600 · 143500 · 24 · 360 = 4,46 · 1012 Дж/рік=

= 4,46·109 кДж/рік .

Річна економія палива (природного газу з теплотою згоряння Qг згор = 35000 кДж/м3), яке використовується в паровому котлі з ККД ηк = 0,9

Bп  = ΔQрічн./(Qгзгор·ηк) = 4,46 ·109/(35000·0,9) = 141567,3 м3/рік .

 Отриманий результат підтверджує зменшення витрат енергоресурсів (потенціалу енергоносія, який транспортується) в теплоенергетичній системі за рахунок використання сучасних теплоізоляційних матеріалів. Таким чином, можна зробити висновок щодо позитивних результатів вирішення технічної складової задачі з підвищення енергетичної ефективності системи. Для виконання повного аналізу отриманих результатів необхідно провести оцінювання економічної складової розглянутого технічного вирішення задачі, яка є цільовою для РГР.

 ***ПРИМІТКА***

1. У випадку розглядання транспортирування мережового теплоносія (гаряча вода) алгоритм розрахунку не змінюється, але де які зміни мають місце:

 параметри мережової води ( початкова температура tм.вʹ і кінцева температура tм.в.ʹʹ ) ,

 коефіцієнт тепловідачі від води до внутрішній поверхні труби α1 = 1500 Вт/(м2·К)

1. Значення коефіцієнтів α2 для циліндричних поверхонь на практиці визначають за приблизними формулами:

 для обʹєктів на відкритому повітрі α2 = 11 + 7·√w,

 для обʹєктів в закритих приміщеннях з температурою на поверхні ізоляції

 tпов˂150ºC α2 = 10,3 + 0,052 (tпов – tн),

де tн  - температура навколишнього середовища (повітря), ºC,

 w – швидкість руху повітря, м/с (при відсутністі даних, приймається 10 м/с).

 Значення α2 за умовприродньої конвекціїї змінюються в діапазоні 5... 15 Вт/(м2·К).