**КОНТРОЛЬНА РОБОТА**

З дисципліни «Джерела теплопостачання промислових підприємств»

# «РОЗВ’ЯЗАННЯ ЗАДАЧ з теми:

# РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ»

**ЗАДАЧА 1**

Визначити для умов міста розрахункові теплові потоки на опалення, вентиляцію й гаряче водопостачання п'яти кварталів району міста.

Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування систем опалення *t*0 = –31 0С. Щільність населення *Р* = 400 чілга. Загальна площа житлового будинку на одного жителя заг = 18 м2чіл. Середня за опалювальний період норма витрати гарячої води на одного жителя за добу *а* = 115 лдоба.

**Розрахунок:** Розрахунок теплових потоків зводимо в табл. 6.1. У графи 1, 2, 3 таблиці заносимо відповідно номери кварталів, їхня площа *F*кв у гектарах, щільність населення *Р.* Кількість жителів у кварталах *m*, визначаємо по формулі



Для кварталу №1 кількість жителів складе:

 чол.

Загальну площу житлових будинків кварталу *А* визначаємо по формулі



Для кварталу №1:

 м2

Прийнявши для будинків будівлі після 1985м величину питомого показника теплового потоку на опалення житлових будинків при *t* 0 = -31 0С *qо* = 87 Вт/м2, знаходимо розрахункові теплові потоки на опалення житлових і суспільних будівель кварталів по формулі:



Для кварталу №1 при *K*1 = 0,25 одержимо розрахункову витрату тепла на опалення житлових і суспільних будинків:



Максимальні теплові потоки на вентиляцію суспільних будинків кварталів визначаємо по формулі:



Для кварталу №1 при *ДО*2 = 0,6 одержимо:



За додатком 3 навчального посібника збільшений показник теплового потоку на гаряче водопостачання *qh* з врахуванням суспільних будинків при нормі на одного жителя *a* = 115 лдобу складе 407 Вт.

Середньодобові теплові потоки на гаряче водопостачання житлових і суспільних будинків кварталів визначаємо по формулі



Для кварталу №1 ця величина складе



Сумарний тепловий потік по кварталах, *Q*Σ, визначаємо підсумовуванням розрахункових теплових потоків на опалення, вентиляцію й гаряче водопостачання



Для кварталу №1 сумарний тепловий потік складе



Аналогічно виконуються розрахунки теплових потоків і для інших кварталів.

Таблиця 1 - Розрахунок теплових потоків

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № кварталу | Площа кварталу *F*кв, га | Щільність населення *P* чіл/га | Кількість жителів *m* | Загальна площа, *А*, м2 | Тепловий потік, МВт |
| *Q* 0 max | *Q* v max | *Q* hm | *Q* Σ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 12345 | 1015201015 | 400400400400400 | 40006000800040006000 | 7200010800014400072000108000 | 7,8311,74515,667,8311,745 | 0,941,411,880,941,41 | 1,6282,4423,2561,6282,442 | 10,39815,59720,79610,39815,597 |
|  | ∑54,8 | 6,58 | 11,396 | 72,786 |

**ЗАДАЧА 2**

Для кліматичних умов міста виконати розрахунок і побудова графіків годинних витрат теплоти на опалення вентиляцію й гаряче водопостачання, а також річних графіків теплоспоживання по тривалості теплового навантаження й по місяцях. Розрахункові теплові потоки району міста на опалення *Q* 0 max = 300 МВт, на вентиляцію *Q* v max = 35 МВт, на гаряче водопостачання *Q*hm = 60 Мвт. Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування систем опалення *t*0 = -31 0C.

**Розрахунок:** Визначимо, використовуючи формули перерахування і вартові витрати на опалення й вентиляцію при температурі зовнішнього повітря *t*н= +100С.

 МВт

 МВт

Відклавши на графіку (див. рис. 2а) значення  й  при *t*н = +10 0С, а також значення  й  при *t*н = *t*0 = -31 0C і з'єднавши їх прямою, одержимо графіки = *f* (*t*н) і = *f* (*t*н). Для побудови годинного графіка витрати теплоти на гаряче водопостачання, визначимо, використовуючи формулу перерахування, середньогодинну витрату теплоти на гаряче водопостачання для неопалювального періоду .

 МВт

Графік середньогодинної витрати теплоти на гаряче водопостачання не залежить від температури зовнішнього повітря, і буде являти собою пряму, паралельну осі абсцис з ординатою 60 МВт для опалювального періоду і з ординатою 38,4 МВт для неопалювального періоду. Додавши ординати годинних графіків на опалення, вентиляцію й гаряче водопостачання для діапазону температур *t*н = +10 ÷ -31 0C і з'єднавши їх прямою одержимо сумарний годинний графік . Для побудови річного графіка теплоти по тривалості теплового навантаження знаходимо тривалості стояння температур зовнішнього повітря в годинниках з інтервалом 50C і тривалість опалювального періоду для міста *n*0 = 4920 ч. Дані зводимо в таблицю 2.

Таблиця 2 - Тривалість стояння температур зовнішнього повітря

|  |  |
| --- | --- |
| Тривалість стояння, *n*, година | Температура зовнішнього повітря |
| -40-35 | -35-30 | -30-25 | -25-20 | -20-15 | -15-10 | -10-5 | -50 | 0+5 | +5+10 |
| *n* | 2 | 47 | 275 | 630 | 800 | 666 | 596 | 561 | 583 | 760 |
| Температури | -35 і нижче | -30 і нижче | -25 і нижче | -20 і нижче | -15 і нижче | -10 і нижче | -5 і нижче | 0 і нижче | +5 і нижче | +8 і нижче |
| ∑*n* | 2 | 49 | 324 | 954 | 1754 | 2420 | 3016 | 3577 | 4160 | 4920 |

Графік по тривалості теплового навантаження (див. рис. 1б) будується на підставі сумарного годинного графіка . Для цього із точок на осі температур (+10, 0, -10, -20, -30) відновлюємо перпендикуляри до перетинання з лінією сумарного годинного графіка й із точок перетинання проводимо горизонтальні прямі до перетинання з перпендикулярами, відновленими із точок на осі тривалості, що відповідають даним температурам. З'єднавши знайдені точок плавної кривої, одержимо графік по тривалості теплового навантаження за опалювальний період протягом 4920 годин. Потім побудуємо графік по тривалості теплового навантаження за неопалювальний період, для чого проведемо пряму, паралельну осі абсцис із ординатою рівної = 38,4 МВт до розрахункової тривалості роботи системи теплопостачання в році рівної 8400 годин.

Рис. 1 - Графіки теплового споживання: а - годинні графіки теплового споживання; б - річний графік по тривалості теплового навантаження

Для побудови річного графіка теплового споживання по місяцях по знаходимо середньомісячні температури зовнішнього повітря. Потім, використовуючи формули перерахування і визначимо годинні витрати теплоти на опалення й вентиляцію для кожного місяця із середньомісячною температурою нижче +10 0C. Визначимо сумарні витрати теплоти для місяців опалювального періоду як суму годинних витрат на опалення, вентиляцію й гаряче водопостачання. Для місяців неопалювального періоду (з >+10) сумарну витрату теплоти буде дорівнює середньогодинні витраті теплоти на гаряче водопостачання = 38,4 Мвт. Виконаємо розрахунки для січня

 МВт

 МВт

 МВт

Аналогічно виконуємо розрахунки й для інших місяців опалювального періоду. Використовуючи отримані дані, побудуємо річний графік теплового споживання по місяцях (див. рис. 2)

Таблиця 3 - Середньогодинні витрати теплоти по місяцях року

|  |  |
| --- | --- |
| Середньогодинні витрати теплоти по місяцях | Середньомісячні температури зовнішнього повітря |
| Січ | Лют | Берез | Квіт | Трав | Черв | Лип | Серп | Вер | Жов | Лист | Груд |
| -22,3 | -17,2 | -8,5 | 3,1 | 11,1 | 17,4 | 21,1 | 20 | 13,9 | 4,7 | -8,1 | -18,5 |
|  | 237,1 | 207,1 | 155,9 | 87,6 |  |  |  |  |  | 78,2 | 153,5 | 214,7 |
|  | 27,7 | 24,2 | 18,2 | 10,2 |  |  |  |  |  | 9,1 | 17,9 | 25 |
|  | 60 | 60 | 60 | 60 | 38,4 | 38,4 | 38,4 | 38,4 | 38,4 | 60 | 60 | 60 |
|  | 324,8 | 291,3 | 234,1 | 157,8 | 38,4 | 38,4 | 38,4 | 38,4 | 38,4 | 147,3 | 231,4 | 299,7 |



Рис. 2 - Річний графік теплового споживання по місяцях

**ЗАДАЧА 3**

Побудувати для закритої системи теплопостачання графік центрального якісного регулювання відпуску теплоти по спільному навантаженню опалення й гарячого водопостачання (підвищений або скоректований температурний графік). Прийняти розрахункові температури мережної води в магістралі, що подає *t*1= 130 0С у зворотної магістралі *t*2= 70 0С, після елеватора *t*3= 95 0С. Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення *t*0 = -31 0С. Розрахункова температура повітря усередині приміщення *t*i = 20 0С. Розрахункові теплові потоки прийняти з задачі 2. *Q*0max= 300 МВт; *Q*vmax = 35 МВт; *Q*hm = 60 Мвт. Температура гарячої води в системах гарячого водопостачання *t*h = 60 0С, температура холодної води *t*с = 50С. Балансовий коефіцієнт для навантаження гарячого водопостачання *α*б = 1,2. Схема включення водопідігрівачів систем гарячого водопостачання двоступінчаста послідовна .

**Розрахунок:** Попередньо виконаємо розрахунок і побудову опалювально-побутового графіка температур з температурою мережної води в трубопроводі, що подає, для точки зламу  = 70 0С. Значення температур мережної води для систем опалення *τ*10; *τ*20; *τ*30 визначимо використовуючи розрахункові залежності для температур зовнішнього повітря *t*н= +10; 0; -10; -23; -31 0С

,

,

.

Визначимо, використовуючи формули значення величин 







Для *t*н = +100С значення *τ*10, *τ*20 ,*τ*30 відповідно складуть:







Аналогічно виконаємо розрахунки температур мережної води й для інших значень *t*н. Використовуючи розрахункові дані й прийнявши мінімальну температуру мережної води в трубопроводі, що подає, = 70 0С, побудуємо опалювально-побутовий графік температур (див. рис.4). Точці зламу температурного графіка будуть відповідати температури мережної води = 70 0С, = 45,4 0С, = 55,7 0С, температура зовнішнього повітря = - 0,85 0С. Отримані значення температур мережної води для опалювально-побутового графіка зведемо в таблицю. Далі приступаємо до розрахунку підвищеного температурного графіка. Задавшись величиною недогріву Δ*t*н= 7 0С визначимо температуру водопровідної води, що  нагріває, після водопідогрівача першого щабля



Визначимо за формулою балансове навантаження гарячого водопостачання :  МВт

За формулою визначимо сумарний перепад температур мережної води *δ* в обох щаблях водопідогрівачів



Визначимо по формулі перепад температур мережної води у водопідогрівачі першого щабля  для діапазону температур зовнішнього повітря від *t*н= +10 0С до *t*н = - 0,85 0С



Визначимо для зазначеного діапазону температур зовнішнього повітря перепад температур мережної води в другому щаблі водопідогрівача 



Визначимо використовуючи формули значення величин *δ*2 і *δ*1 для діапазону температур зовнішнього повітря *t*н від *t*н = - 0,85 0С до *t*0= -310С. Так, для *t*н= -10 0С ці значення складуть:





Аналогічно виконаємо розрахунки величин *δ*2 і *δ*1 для значень *t*н = -23 0С и *t*н= –31 0С. Температури мережної води  й  у падаючому й зворотному трубопроводах для підвищеного температурного графіка визначимо по формулах.

Так, для *t*н= +10 0С и *t*н= - 0,85 0С ці значення складуть





для *t*н = -10 0С





Аналогічно виконаємо розрахунки для значень *t*н = -23 0С и -31 0С. Отримані значення величин *δ*2, *δ*1, , зведемо в таблицю.

Для побудови графіка температури мережної води у зворотному трубопроводі після калориферів систем вентиляції  в діапазоні температур зовнішнього повітря *t*н = +10 ÷ - 0,850С використаємо формулу



Визначимо значення *τ*2v для *t*н = +10 0С. Попередньо задамося значенням 0С. Визначимо температурні напори в калорифері  й  відповідно для *t*н = +10 0С і *t*н = - 0,85 0С





Обчислимо ліві й праві частини рівняння

Ліва частина 

Права частина 

Оскільки чисельні значення правої й лівої частин рівняння близькі за значенням (у межах 3%), приймемо значення  як остаточне.

Для систем вентиляції з рециркуляцією повітря визначимо, використовуючи формулу, температуру мережної води після калориферів *τ*2v для

*t*н = *t*0 = -310C: 

Тут значення Δ*t* ; *τ* ; *τ* відповідають *t*н = *t*v= - 23 0С. Оскільки даний вираз розв’язується методом підбору, попередньо задамося значенням *τ*2v = 540С. Визначимо значення Δ*t*к і Δ*t*





Далі обчислимо ліву частину виразу



Оскільки ліва частина виразу близька за значенням правої (1,003≈1), прийняте попереднє значення *τ*2v = 54 0С будемо вважати остаточним. Використовуючи дані таблиці побудуємо опалювально-побутові й підвищений температурні графіки регулювання (див. рис. 3).

Таблиця 4 - Розрахунок температурного графіка мережної води для закритої системи теплопостачання.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t*Н | *τ*10 | *τ*20 | *τ*30 | *δ*1 | *δ*2 | *τ*1П | *τ*2П | *τ*2V |
| 10 | 70,0 | 45,4 | 55,7 | 5,7 | 8,7 | 75,7 | 36,7 | 18,0 |
| -0,85 | 70,0 | 45,4 | 55,7 | 5,7 | 8,7 | 75,7 | 36,7 | 45,2 |
| -10 | 88,8 | 53,5 | 68,2 | 3,9 | 10,5 | 92,7 | 43,0 | 53,5 |
| -23 | 114,6 | 64,0 | 85,1 | 1,9 | 12,5 | 116,5 | 51,5 | 64,0 |
| -31 | 130,0 | 70,0 | 95,0 | 0,4 | 14,0 | 130,4 | 56,0 | 54,0 |

Рис. 3 - Температурні графіки регулювання мережної води для закритої системи теплопостачання ( - опалювально-побутовий; -- підвищений)

**ЗАДАЧА 4**

Побудувати для відкритої системи теплопостачання скоректований (підвищений) графік центрального якісного регулювання. Прийняти балансовий коефіцієнт αб = 1,1. Прийняти мінімальну температуру мережної води в трубопроводі, що подає, для точки зламу температурного графіка  0С. Інші вихідні дані взяти із задачі 3.

**Розрахунок**. Спочатку будуємо графіки температур центрального якісного регулювання опалювального навантаження ; ;  використовуючи розрахунки по формулах. Далі побудуємо опалювально-побутовий графік, точці зламу якого відповідають значення температур мережної води  0С;  0C;  0C, і температура зовнішнього повітря  0C. Далі приступаємо до розрахунку скоректованого графіка. Визначимо балансове навантаження гарячого водопостачання 

 MВт

Визначимо коефіцієнт відношення балансового навантаження на гаряче водопостачання до розрахункового навантаження на опалення 



Для ряду температур зовнішнього повітря *t*н= +10 0С; -10 0С; -25 0С; -31 0С, визначимо відносні витрати теплоти на опалення  по формулі. Для *t*н= -10  складе:



Потім прийнявши відомі із прикладу 6.3 значення *t*c; *t*h; *θ*; *Δt* визначимо, використовуючи формулу, для кожного значення *t*н відносні витрати мережної води на опалення .

Для *t*н = -10 0С складе:



Аналогічно виконаємо розрахунки  й для інших значень *t*н.

Температури мережної води в що подає *τ*1п і зворотному *τ*2п трубопроводах для скоректованого графіка визначимо по формулах.

Так, для *t*н =-10 0С одержимо

= = 0С

= 0С

Виконаємо розрахунки *τ*1п і *τ*2п і для інших значень *t*н. Визначимо, використовуючи розрахункові залежності, температури мережної води *τ*2v після калориферів систем вентиляції для *t*н = +10 0С и *t*н = -31 0С (при наявності рециркуляції). При значенні *t*н = +10 0С задамося попередньо величиною

*τ*2v = 250C.

Визначимо значення *Δt*к і *Δt*к





Далі обчислимо ліву й праву частини виразу



; 

Оскільки чисельні значення лівої й правої частин рівняння близькі, прийняте раніше значення *τ*2v = 250C ,будемо вважати остаточним. Визначимо також значення *τ*2v при *t*н = *t*0= -31 0C. Задамося попередньо значенням *τ*2v = 470C



Обчислимо значення Δ*t*к і 





Далі обчислимо ліву частину виразу



Оскільки ліва частина виразу близька за значенням правої (1,003≈1), прийняте раніше значення *τ*2v = 54 0С будемо вважати остаточним

Отримані значення розрахункових величин зведемо в таблицю 5.

Таблиця 5 - Розрахунок підвищеного (скоректованого) графіка для відкритої системи теплопостачання.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| tн | τ10 | τ20 | τ30 | ‾Q0 | ‾G0 | τ1п | τ2п | τ2v |
| +10 | 60 | 41,2 | 49,2 | 0,2 | 0,65 | 64,2 | 40,2 | 25 |
| +3,6 | 60 | 41,2 | 49,2 | 0,33 | 0,8 | 64,2 | 40,2 | 40,4 |
| -10 | 88,8 | 56.5 | 68,2 | 0,59 | 0,95 | 90,1 | 53,2 | 53,5 |
| -23 | 114,6 | 64 | 85,1 | 0,84 | 1,02 | 113,8 | 64,2 | 64 |
| -31 | 130 | 70 | 95 | 1 | 1,04 | 130 | 70 | 54 |

Використовуючи дані таблиці, побудуємо опалювально-побутовий, а також підвищений графіки температур мережної води.