

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсового проекту

**«РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ ДЛЯ
ЗАКРИТОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ»**

за курсом «Системи теплоенергозабезпечення та когенераційні установки»
для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика»
всіх форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 16.02.2023 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2023

Методичні вказівки до курсового проекту «Розрахунок теплової схеми водогрійної котельні для закритої системи тепlopостачання» за курсом «Системи теплоенергозабезпечення та когенераційні установки» для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» всіх форм навчання / уклад.: Т. М. Пугачова, О. В. Кошельнік, О. В. Круглякова, В. Г. Павлова. – Харків: НТУ «ХПІ». – 20 с.

Укладачі: Т. М. Пугачова
О. В. Кошельнік
О. В. Круглякова
В. Г. Павлова

Рецензент О. Ю. Єгорова

Кафедра теплотехніки та енергоефективних технологій

ВСТУП

Теплопостачання – це складова частина провідної галузі промисловості – енергетики, куди входять електропостачання та газопостачання.

Системою теплопостачання називається сукупність взаємозалежних енергоустановок, які здійснюють теплопостачання міста, району, підприємства.

Розрізняють місцеве і централізоване теплопостачання. Місцеве теплопостачання орієнтоване на одну або декілька будівель, централізоване – на житловий або промисловий район. В Україні найбільшого значення набуло централізоване теплопостачання. Його основні переваги перед місцевим теплопостачанням – значне зниження витрати палива й експлуатаційних витрат (наприклад, за рахунок автоматизації котельних установок і підвищення їх ККД); можливість використання низькосортного палива; зменшення ступеня забруднення повітряного басейну і поліпшення санітарного стану населених місць.

Роль великих центральних промислово-опалювальних котелень у системах теплопостачання поруч із тепловими електричними станціями безупинно зростає. У перспективі їм також належатиме провідне місце у балансі теплопостачання промисловості та житлових масивів.

У зв'язку з цим питання проектування центральних теплоджерел, раціоналізація та систематизація технічних рішень у цій галузі, які забезпечують високі економічні показники проєктованих установок, набуває підвищеної значущості.

1 МЕТА Й ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Метою виконання роботи є закріплення теоретичних знань і отримання практичних навичок при проектуванні водогрійної котельні для закритої системи тепlopостачання.

Основними завданнями роботи є:

- розрахунок опалювального навантаження;
- розрахунок теплової схеми водогрійної котельні для закритої системи тепlopостачання;
- підбір основного обладнання.

2 ОПИС СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Структура системи тепlopостачання

Основне призначення систем тепlopостачання – забезпечення споживачів необхідною кількістю теплоти необхідних параметрів.

Система тепlopостачання складається з таких функціональних елементів: джерело теплової енергії (котельня, ТЕЦ); транспортуючі пристрої теплової енергії до приміщень (теплові мережі); теплоспоживаючі прилади, які передають теплову енергію споживачеві (радіатори опалення, калорифери).

Розрізняють три види систем тепlopостачання: децентралізовані (автономні), централізовані та теплофікаційні.

Децентралізовані або автономні системи – це системи тепlopостачання з невеликими індивідуальними джерелами тепла, такими як опалювальні печі, котельні на різних видах палива та інші теплогенератори. Децентралізовані системи, як правило, складаються з джерела тепла та системи теплоспоживання (опалення, гаряче водопостачання), тепломережі, як такі, відсутні.

Централізовані системи – основний спосіб тепlopостачання – складаються із джерела тепла, теплових мереж та систем споживання теплоти. В якості джерел тепла використовують квартальні, районні або промислово-опалювальні котельні різної потужності. Залежно від теплоносія котельні мо-

жуть бути водогрійними, паровими та пароводяними. Теплоносій – водяна пара – використовується для забезпечення технологічного навантаження.

У містах мають місце такі види теплових навантажень: технологічне, на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Величина окремих видів теплових навантажень залежить від низки факторів – енергоємності (за тепловою енергією) технологічних процесів, ступеня забудови житлової зони щодо загальної території, наявності громадських та комунально-побутових установ, ступеня благоустрою будівель тощо.

2.2 Закриті системи теплопостачання

За способом приєднання системи гарячого водопостачання системи теплопостачання поділяються на відкриті та закриті.

Відкриті системи теплопостачання – системи, у яких відбувається водозабір гарячої води для потреб споживача безпосередньо з тепломережі. Водозабір може бути частковим або повним. Гаряча вода, що залишилася в системі, використовується для опалення та вентиляції. Витрата води в тепломережі при цьому компенсується додатковою кількістю води, що подається до теплової мережі. Основна перевага відкритої системи теплопостачання – її економічна вигода.

Закриті системи теплопостачання – системи, в яких вода, що циркулює в трубопроводі, використовується тільки як теплоносій і не забирається з тепломережі для забезпечення гарячого водопостачання. Система у цьому випадку повністю замкнута від довкілля. Безумовно, і в такій системі можливий незначний витік теплоносія. Втрати води компенсуються за допомогою регулятора підживлення автоматично.

Подача тепла в закритій системі теплопостачання регулюється централізовано, при цьому кількість теплоносія (води) залишається в системі незмінною, а витрата тепла залежить від температури теплоносія, що циркулює. У закритих системах теплопостачання зазвичай використовуються можливості теплових пунктів. До них надходить теплоносій від постачальника теплової енергії (наприклад, від ТЕЦ), а центральні теплові пункти районів регулюють температуру теплоносія до необхідної величини потреб опалення та гарячого водопостачання, і розподіляють його споживачеві.

Переваги закритої системи теплопостачання – висока якість гарячого водопостачання, енергозберігаючий ефект. Недолік – складність водопідготовки через віддаленість теплових пунктів один від одного.

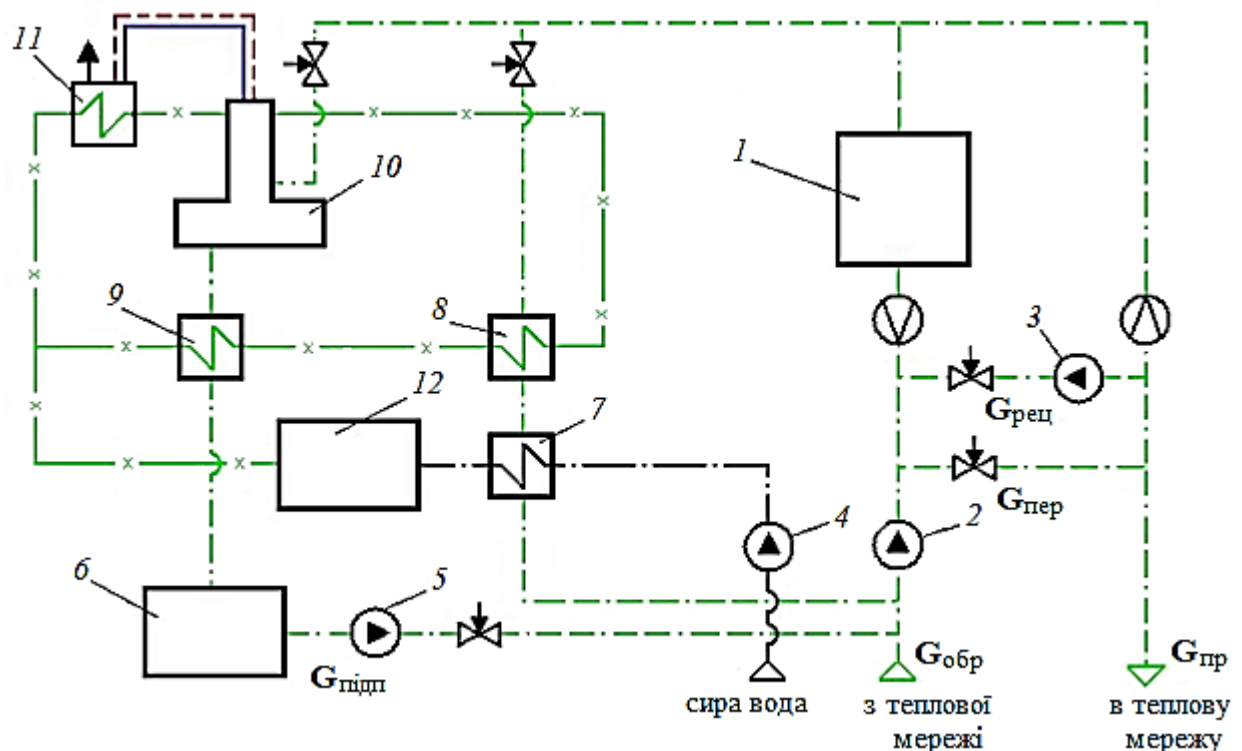


Рисунок 2.1 – Теплова схема котельні з водогрійними котлами для закритої системи теплопостачання:

1 – котел водогрійний; 2 – насос мережевий (МН); 3 – насос рециркуляції;
4 – насос сирі води (НСВ); 5 – насос підживлювальної води; 6 – бак підживлювальної води; 7 – підігрівач сирі води; 8 – підігрівач хімічно очищеної води; 9 – охолоджувач підживлювальної води; 10 – деаератор; 11 – охолоджувач випару; 12 – установка водопідготовки (ВПУ)

Вода із зворотної лінії теплових мереж із невеликим напором 200–400 кПа надходить до мережевих насосів 2. Туди ж підводиться вода від підживлювальних насосів 5, що компенсує втрати води в теплових мережах.

До насоса 2 подається гаряча мережева вода, теплота якої частково використовується в теплообмінниках для підігріву хімічно очищеної води 8 та сирі води 7.

Для забезпечення на вході до котла температури води, заданої за умовами запобігання корозії, в трубопровід за насосом 2 подають необхідну кіль-

кість гарячої води, яка виходить з водогрійних котлів 1. Вода подається рециркуляційним насосом 3.

За усіх режимів роботи теплової мережі, крім максимально зимового, частину води в кількості $G_{\text{пер}}$ зі зворотної лінії після насосів 2, міняючи котли, подають лінією перепуску в подавальну магістраль, де ця вода, змішуючись з гарячою водою з котлів, забезпечує задану розрахункову температуру в подавальній магістралі теплових мереж.

Хімічно очищена вода, яка додається для компенсації втрат, підігрівается в теплообмінниках 9, 8, 11 і деаерується в деаeratorі 10. Воду для підживлення теплових мереж з баків 6 забирає підживлювальний насос 5 і подає в зворотну лінію.

Для скорочення витрати води на рециркуляцію її температура на виході з котлів підтримується, як правило, вище за температуру води в лінії подачі тепломережі. Тільки при максимальному зимовому режимі температура води на виході з котлів і в лінії подачі буде однаковою.

Для закритих систем навіть у потужних водогрійних котельнях можна обійтися одним деаeratorом підживлювальної води з невисокою продуктивністю. Зменшується також потужність підживлювальних насосів 5 та обладнання ВПУ, знижуються вимоги до якості підживлювальної води в порівнянні з відкритими системами.

Водогрійні котли надійно працюють лише за умови підтримки постійної витрати води, що проходить через них. Витрата води має бути постійною, незалежно від коливань теплових навантажень. Тому регулювання відпуску теплової енергії в мережу необхідно здійснювати шляхом зміни температури води на виході котлів.

3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА КОТЕЛЬНЮ

3.1 Початкові дані для розрахунку теплового навантаження

Початкові дані наведені в табл. 3.1 (N – номер студента за списком групи).

Таблиця 3.1 – Початкові дані для розрахунку теплового навантаження

Найменування	Вихідні дані
Селище знаходиться поблизу міста	Харків
Число житлових будинків у селищі $n_{\text{ж}}$	$62 + 5 \cdot N$
Об'єм одного житлового будинку $V_{\text{ж}}$, м ³	$30\,030 + 10 \cdot N$
Число громадських будівель $n_{\text{г}}$	8
Об'єм одного громадського будинку $V_{\text{г}}$, м ³	$14\,000 + 5 \cdot N$
Середній об'єм житлової будівлі на мешканця району $V_{\text{ср}}$, м ³ /чол	$60 + N$

3.2 Визначення величин теплових навантажень району

3.2.1 Визначення величин теплових навантажень

Для визначення теплових навантажень під час проектування часто користуються укрупненими показниками. У цьому випадку розрахунок проводиться у наступній послідовності.

Визначимо загальний обсяг житлових та громадських будівель як

$$V = n_{\text{ж}} \cdot V_{\text{ж}} + n_{\text{г}} \cdot V_{\text{г}},$$

де $n_{\text{ж}}$, $n_{\text{г}}$ – кількість житлових та громадських будівель; $V_{\text{ж}}$, $V_{\text{г}}$ – об'єм однієї житлової та громадської будівлі, відповідно, за зовнішнім обміром, м³.

Визначимо площу селища S , м² :

$$S = \frac{V}{V_{\text{пит}}},$$

де $V_{\text{пит}}$ – питомий об'єм будівель на 1 м² території, м³, $V_{\text{пит}} = 1,2$ м³/м².

Розрахункова температурою зовнішнього повітря для опалення та вентиляції для міста Харкова становить $t_{\text{p.o}} = -23$ °С.

Визначимо розрахункову витрату тепла на опалення житлових та гро-

мадських будівель $Q_{ож}$ і $Q_{огi}$, Вт :

$$Q_{ож} = q_{ож} \cdot V_{ж} \cdot (t_{вр} - t_{p.o}) \cdot n_{ж},$$
$$Q_{огi} = q_{ог} \cdot V_{г} \cdot (t_{ври} - t_{p.o}) \cdot n_{гi}, \quad (A)$$

де $q_{ож}$ і $q_{ог}$ – питомі теплові втрати житлових та громадських будівель відповідно, кВт/(м³·°C); $t_{вр}$ – розрахункова внутрішня температура опалювальних житлових будівель, °C, $t_{вр} = 20$ °C; i – тип громадської будівлі (школа, дитячий садок, магазин, адміністрація, лікарня); $t_{ври}$ – розрахункова внутрішня температура опалювальних громадських будівель, °C.

Визначимо величини $q_{ож}$ і $q_{ог}$ за наближеними формулами, Вт/(м³·°C):

$$q_{ож} = \frac{a}{\sqrt[8]{V_{ж}}},$$
$$q_{ог} = \frac{a}{\sqrt[8]{V_{г}}},$$

де $a = 1,52$ – для цегляних будівель.

Приймаємо, що в селищі розташовані такі громадські будівлі:

- школи, $n_{г.Шк} = 2$;
- дитячі садки, $n_{г.Дс} = 2$;
- магазини, $n_{г.М} = 2$;
- адміністрація, $n_{г.Ад} = 1$;
- лікарня, $n_{г.Л} = 1$.

Розрахункова внутрішня температура опалювальних будівель складає:

- $t_{вр.Шк} = 19$ °C – для школи;
- $t_{вр.Дс} = 15$ °C – для магазину;
- $t_{вр.М} = 22$ °C – для дитячого садка;
- $t_{вр.Ад} = 18$ °C – для будівлі адміністрації;
- $t_{вр.Л} = 20$ °C – для лікарні.

Визначаємо розрахункову витрату тепла на опалення для шкіл $Q_{ог.Шк}$, для дитячих садків $Q_{ог.Дс}$, для лікарні $Q_{ог.Л}$, для адміністрації $Q_{ог.Ад}$, для магазинів $Q_{ог.М}$ за формулою (A).

Сумарна розрахункова витрата тепла на опалення громадських будівель становитиме $Q_{ог}$, Вт:

$$Q_{ог} = Q_{ог.Шк} + Q_{ог.Дс} + Q_{ог.Л} + Q_{ог.М} + Q_{ог.Ад}.$$

Розрахункова витрата тепла на опалення житлових та громадських бу-

дівель становитиме Q_o , Вт:

$$Q_o = Q_{ог} + Q_{ож}.$$

3.2.2 Визначення розрахункової витрати тепла на вентиляцію

Витрати теплоти на вентиляцію визначаються тільки для громадських будівель. Визначимо розрахункову витрату тепла на вентиляцію, Вт, для громадських будівель різного типу:

$$Q_{vi} = q_{vi} \cdot V_{г} \cdot n_{гi} (t_{vpi} - t_{p.o}),$$

де q_{vi} – питома витрата тепла на вентиляцію для громадських будівель різного типу, Вт/(м³·К).

Величина q_{vi} складає:

$q_{в.Шк} = 0,1$ Вт/(м³·К) – для школи;

$q_{в.Дс} = 0,12$ Вт/(м³·К) – для дитячого садка;

$q_{в.П} = 0,35$ Вт/(м³·К) – для лікарні;

$q_{в.Ад} = 0,21$ Вт/(м³·К) – для будівлі адміністрації;

$q_{в.М} = 0,12$ Вт/(м³·К) – для магазину.

Визначаємо розрахункову витрату тепла на вентиляцію для шкіл $Q_{в.Шк}$, для дитячих садків $Q_{в.Дс}$, для лікарні $Q_{в.Л}$, для адміністрації $Q_{в.Ад}$, для магазинів $Q_{в.М}$.

Сумарна розрахункова витрата тепла на вентиляцію Q_v , Вт:

$$Q_v = Q_{в.Шк} + Q_{в.Дс} + Q_{в.Л} + Q_{в.Ад} + Q_{в.М}.$$

3.2.3 Визначення витрати тепла на гаряче водопостачання

Визначимо витрату тепла на гаряче водопостачання для житлових та громадських будівель $Q_{г.в}^{3(л)}$, Вт:

$$Q_{г.в}^{3(л)} = \frac{q \cdot m \cdot (t_{гв} - t_x^{3(л)}) \cdot c \cdot \rho}{24 \cdot 3600},$$

де m – кількість жителів, які проживають у селищі, чел.; q – витрата гарячої води на одного жителя на добу, л/добу, $q = 120$ л/добу; c – теплоємність води, кДж/кг, $c = 4,19$ кДж/кг; ρ – густина води, кг/м³; приблизно можна прийняти $\rho = 1000$ кг/м³; $t_{гв}$ – температура води гарячого водопостачання, °С, $t_{гв} = 60$ °С;

$t_x^{3(l)}$ – температура холодної водопровідної води в зимовий та літній періоди, °C, $t_x^3 = 5\text{ °C}$, $t_x^l = 15\text{ °C}$.

Число мешканців, які проживають у селищі m , чол., визначимо за формулою:

$$m = \frac{V_{\text{ж}} \cdot n_{\text{ж}}}{V_{\text{ср}}}.$$

Середньогодинна витрата тепла на гаряче водопостачання визначається для зимового $Q_{\text{Г.В}}^3$ та літнього $Q_{\text{Г.В}}^l$ періодів.

4 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ ДЛЯ ЗАКРИТОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Розрахунок проводимо для трьох режимів: максимально-зимовий (МЗР), найбільш холодний місяць (НХМ) та літній (ЛР).

4.1 Початкові дані для розрахунку теплової схеми

Дані, які необхідні для розрахунку теплової схеми водогрійної котельні для закритої системи теплопостачання, зведено до табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Початкові дані для розрахунку

Найменування	Позначення	Значення величини при характерних режимах роботи котельні		
		МЗР	НХМ	ЛР
1	2	3	4	5
Розрахункова витрата тепла на опалення житлових та громадських будівель становитиме, МВт	Q_o	п. 3.2.1	—	—
Розрахункова витрата тепла на вентиляцію, МВт	Q_v	п. 3.2.2	—	—

Закінчення таблиці 4.1

1	2	3	4	5
Витрата тепла на гаряче водопостачання, МВт	$Q_{Г.В}^{з(л)}$	за розрахунком п. 3.2.3		
		$Q_{Г.В}^з$	$Q_{Г.В}^з$	$Q_{Г.В}^л$
Технологічне навантаження підприємства, МВт	$Q_{техн}$	100		
Температура повітря всередині приміщень, °С	$t_{вн}$	18	18	—
Температура зовнішнього повітря, °С	$t_{зов}$	–23	–5,9	—
Температура сирі води, °С	$t_{с.в}$	5	5	15
Температура підігрітої сирі води перед хімоводоочищенням, °С	$t'_{хов}$	19		
Температура підживлювальної води після охолоджувача деаерованої води, °С	$t''_{підж}$	70		
Коефіцієнт власних потреб хімоводоочищення	$K_{хво}$	1,25		
Температура води на виході із водогрійних котлів, °С	$t_{1в.к}$	150	150	120
Температура води на вході у водогрійний котел, °С	$t_{2в.к}$	70		
Розрахункова температура гарячої води після місцевих теплообмінників гарячого водопостачання, °С	$t_{Г.В}^{спож}$	60		
Попередньо прийнята витрата хімічно очищеної води, т/год	$G'_{хов}$	28	22	6
Попередньо прийнята витрата води на підігрів хімічно очищеної води, т/год	$G_{гр}^{під}$	14	11	1
Температура гріючої води після підігрівача хімічно очищеної води, °С	$t''_{гр}$	108		
ККД підігрівачів	η	0,98		

4.2 Розрахунок теплової схеми

Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення та вентиляцію для режиму найбільш холодного місяця:

$$K_{o.b} = \frac{t_{BH} - t_{3OB}}{t_{BH} - t_{p.o}}.$$

Температура води в лінії подачі на потреби опалення та вентиляції:

– для режиму найбільш холодного місяця, °С:

$$t_1 = 18 + 64,5 K_{o.b}^{0,8} + 67,5 K_{o.b}.$$

– для максимально-зимового режиму $t_1 = 150$ °С.

Температура зворотної мережі після систем опалення та вентиляції

– для режиму найбільш холодного місяця, °С:

$$t_2 = t_1 - 80 K_{o.b}.$$

– для максимально-зимового режиму $t_1 = 70$ °С.

Відпуск теплоти на опалення та вентиляцію, МВт:

- для максимально-зимового режиму

$$Q_{o.b} = Q_o + Q_{техн} + Q_v;$$

- для режиму найхолоднішого місяця .

$$Q_{o.b} = (Q_o + Q_{техн} + Q_v) \cdot K_{o.b}.$$

Сумарний відпуск теплоти на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання для кожного режиму, МВт:

$$Q = Q_{o.b} + Q_{г.в}.$$

Витрата води в лінії подачі системи гарячого водопостачання споживачів для максимально-зимового режиму, т/год:

$$G_{г.в}^{спож} = \frac{860 \cdot Q_{г.в}^3}{t_{г.в}^{спож} - t_{с.в}},$$

де 860 – коефіцієнт переведу (3600/4,19). Тут і далі витрати теплоти в формулах підставляються в МВт (якщо немає додаткових вказівок).

Розглянемо варіант зі змішаною схемою підключення теплообмінників гарячого водопостачання як найпоширеній.

Теплове навантаження підігрівача першого ступеня (на зворотній лінії мережевої води) для режиму найбільш холодного місяця, МВт:

$$Q_{г.в}^I = 0,00116 \cdot G_{г.в}^{спож} [t_2 - (\Delta t_b + t_{с.в})].$$

де Δt_b – мінімальна різниця температур води, що гріє й нагрівається, °С, $\Delta t_b = 10$ °С; 0,00116 – коефіцієнт переведу (4,19/3600).

Теплове навантаження підігрівача другого ступеня для режиму найбільш холодного місяця, МВт:

$$Q_{Г.В}^{II} = Q_{Г.В}^3 - Q_{Г.В}^I.$$

Витрата мережевої води на місцевий теплообмінник другого ступеня, тобто на гаряче водопостачання для режиму найбільш холодного місяця, т/год:

$$G_{Г.В}^{II} = \frac{860 \cdot Q_{Г.В}^{II}}{t_1 - t_2}.$$

Витрати мережевої води на місцевий теплообмінник для літнього режиму, т/год:

$$G_{Г.В}^{Л} = \frac{860 \cdot Q_{Г.В}^{Л}}{t_1^{Л} - (\Delta t_{в} + t_{с.В})},$$

де $t_1^{Л}$ – температура мережевої води в лінії подачі, °С, ($t_1^{Л} = 70$ °С).

Витрата мережевої води на опалення та вентиляцію для режимів МЗР та НХМ, т/год:

$$G_{о.В} = \frac{860 \cdot (Q_o + Q_{в})}{t_1 - t_2}.$$

Витрата мережевої води на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання для кожного режиму, т/год:

$$G_{вн} = G_{о.В} + G_{Г.В}.$$

Температура води в зворотній мережі після зовнішніх споживачів, °С:

$$t_{зв}^{під} = t_2 - \frac{860 \cdot Q_{Г.В}}{G_{вн} \cdot \eta},$$

де $Q_{Г.В} = Q_{Г.В}^3$ для максимально-зимового режиму, $Q_{Г.В} = Q_{Г.В}^I$ для режиму найбільш холодного місяця, $Q_{Г.В} = Q_{Г.В}^{Л}$ для літнього режиму; $t_2 = t_1^{Л}$ для літнього режиму.

Витрата підживлювальної води для компенсації витоків у тепломережі зовнішніх споживачів для кожного режиму, т/год:

$$G_{вт} = 0,01 \cdot K_{тм} \cdot G_{вн},$$

де $K_{тм}$ – коефіцієнт втрат в тепловій мережі (для закритих мереж $K_{тм} = 2$ %).

Витрата сирі води, що надходить на хімводоочищення для кожного режиму, т/год:

– для максимально-зимового режиму та для режиму найбільш холодного місяця

$$G_{c.b} = 1,25 \cdot G_{BT},$$

– для літнього режиму

$$G_{c.b} = 1,3 \cdot G_{BT}.$$

Температура хімічно очищеної води після охолоджувача деаерованої води для кожного режиму, °C:

$$t''_{хов} = \frac{G_{BT}}{G'_{хов}} (t'_{підж} - t''_{підж}) \cdot \eta + t'_{хов},$$

де $t'_{підж}$ – температура підживлювальної води після деаератора (для атмосферного деаератора $t'_{підж} = 104$ °C).

Температура хімічно очищеної води, що надходить у деаератор для кожного режиму, °C:

$$t^d_{хов} = \frac{G_{гр}^{під}}{G'_{хов}} (t_{1в.к} - t''_{гр}) \cdot \eta + t''_{хов}.$$

Температура сирії води перед хімводоочищенням для кожного режиму, °C:

$$t'_{хов} = \frac{G_{гр}^{під}}{G_{c.b}} (t''_{гр} - t''_{підж}) \cdot \eta + t_{c.b}.$$

Витрата гріючої води на деаератор для кожного режиму, т/год:

$$G_{гр}^d = \frac{G_{BT} t'_{підж} - G'_{хов} \cdot t^d_{хов}}{t_{1в.к}}.$$

Перевіряється витрата хімічно очищеної води на підживлення тепломережі для кожного режиму, т/год:

$$G_{хов} = G_{BT} - G_{гр}^d.$$

Витрата теплоти на підігрів сирії води для кожного режиму, МВт:

$$Q_{c.b} = 0,00116 \frac{G_{c.b.}}{\eta} (t'_{хов} - t_{c.b}).$$

Витрата теплоти на підігрів хімічно очищеної води для кожного режиму, МВт:

$$Q_{хов} = 0,00116 \frac{G_{хов}}{\eta} (t^d_{хов} - t''_{хов}).$$

Витрата теплоти на деаератор для кожного режиму, МВт:

$$Q_d = 0,00116 \frac{G_{\text{гр}}^d}{\eta} (t_{1\text{в.к}} - t''_{\text{підж}}).$$

Витрата теплоти на підігрів хімічно очищеної води в охолоджувачі деаерованої води для кожного режиму, МВт:

$$Q_{\text{охл}} = 0,00116 \frac{G_{\text{хов}}}{\eta} (t''_{\text{хов}} - t'_{\text{хов}}).$$

Сумарна витрата теплоти, яка необхідна у водогрійних котлах, для кожного режиму, МВт:

$$\sum Q = Q + Q_{\text{с.в}} + Q_{\text{хов}} + Q_d - Q_{\text{охл}}.$$

Витрата води через водогрійні котли для кожного режиму, т/год:

$$G'_k = \frac{860 \cdot \sum Q}{t_{1\text{в.к}} - t_{2\text{в.к}}}.$$

Витрата води на рециркуляцію для кожного режиму, т/год:

$$G_{\text{рец}} = \frac{G'_k (t_{2\text{в.к}} - t_{\text{зв}}^{\text{під}})}{t_{1\text{в.к}} - t_{\text{зв}}^{\text{під}}}.$$

Витрати води по перепускній лінії для кожного режиму, т/год:

$$G_{\text{пер}} = \frac{G_{\text{вн}} (t_{1\text{в.к}} - t_1)}{t_{1\text{в.к}} - t_{\text{зв}}^{\text{під}}}.$$

Витрата мережної води від зовнішніх споживачів через зворотну лінію для кожного режиму, т/год:

$$G_{\text{зв}} = G_{\text{вн}} - G_{\text{вт}}.$$

Розрахункова витрата води через котли для кожного режиму, т/год:

$$G'_k = G_{\text{вн}} - G_{\text{гр}}^{\text{під}} - G_{\text{рец}} - G_{\text{пер}}.$$

Витрата води, що надходить до зовнішніх споживачів прямою лінією, для кожного режиму, т/год:

$$G' = G'_k - G_{\text{гр}}^d - G_{\text{рец}} + G_{\text{пер}}.$$

За отриманими даними можна вибрати тип і кількість водогрійних котлів, витрату води через котел, гідравлічний опір.

5 ПІДБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

Насоси – це пристрої для напірного переміщення головним чином рідин з наданням енергії.

Мережевий насос використовується для циркуляції води в тепловій мережі. Його вибирають за витратою мережевої води, яка отримується з розрахунку теплової схеми. Мережевий насос встановлюється на зворотній лінії теплової мережі, де температура мережевої води не перевищує 70 °С.

Рециркуляційні насоси встановлюються в котельнях з водогрійними котлами для часткової подачі гарячої мережевої води в трубопровід, що підводить воду до водогрійного котла.

Підживлювальний насос призначений для компенсації витоку води із системи теплопостачання. Кількість води, необхідна для покриття витоків, визначається з розрахунку теплової схеми. Продуктивність підживлювальних насосів вибирається рівною подвоєній величині отриманої кількості води для забезпечення можливого аварійного підживлення.

Деаератор атмосферного тиску серії ДА – це двоступеневий пристрій, що призначений для видалення корозійно-агресивних газів (кисню і вільної вуглекислоти) з живильної води котлів та підживлювальної води систем теплопостачання.

5.1 Підбір насосів

Розрахункова витрата води через мережевий насос, т/год:

$$G_p^{MH} = (G'_{K(макс)} - G_{рец(макс)}) \cdot 1,1.$$

Розрахункова витрата води через насос сирі води, т/год:

$$G_p^{CH} = G_{BT(макс)} \cdot 1,2.$$

Розрахункова витрата води для підживлювального насоса, т/год:

$$G_p^{PH} = G_{BT(макс)} \cdot 1,1.$$

Розрахункова витрата води для рециркуляційного насоса, т/год:

$$G_p^{рец} = G_{рец(макс)} \cdot 1,1.$$

Для усіх формул індекс «макс» відповідає найбільшій величині параметра з трьох розрахункових режимів.

5.2 Підбір деаератора

Розрахункова витрата води для деаератора, т/год:

$$G_p^d = G_p^{ch} \cdot 1,1.$$

За розрахунковими витратами вибираємо відповідне обладнання та його кількість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексахін О. О. Приклади й розрахунки з теплопостачання та опалення: навч. посіб. / О. О. Алексахін, О. М. Герасимова. – Харків: ХДАМГ, 2002. – 206 с.
2. Герасимова О.М. Опалення: навч. посіб. / О.М. Герасимова. – Харків: ХДАМГ, 2001. – 137 с.
3. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-05-01]. Київ:, 2017. – 37 с.
4. Про теплопостачання. Закон України № 2633-IV від 02.06.2005.
5. КТМ 204 Україна 244-94 Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. – Київ, 1996. – 636 с.
6. Кравченко В. С. Гаряче водопостачання будівель: навч. посіб. / В. С. Кравченко, Л. А. Саблій. – Рівне: Рівненський державний технічний університет, 1999. – 74 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсового проекту

**«РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ ДЛЯ
ЗАКРИТОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ»**

з курсу «Системи теплоенергозабезпечення та когенераційні установки»

для студентів спеціальностей 144 «Теплоенергетика»
всіх форм навчання

Укладачі:

ПУГАЧОВА Тетяна Миколаївна
КОШЕЛЬНИК Олександр Вадимович
КРУГЛЯКОВА Ольга Володимирівна
ПАВЛОВА Вікторія Геннадіївна

Відповідальний за випуск проф. М. П. Кунденко
Роботу до видання рекомендував проф. В. П. Суботович

В авторській редакції

План 2023 р., поз. 83

Підписано до друку 16.02.2023. Формат 60х84 1/16.
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 0,52.
Наклад 40 прим. Зам. №. Ціна договірна

Видавничий центр НТУ «ХП», 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

Надруковано у копії-центрі «МОДЕЛІСТ» (ФО-П Миронов М.В., Свідоцтво
ВО4№022953) м. Харків, вул. Мистецтв, 3 літер Б-1 Тел. 7-170-354
www.modelist.in.ua