

Расход тепловых нагрузок, регулирование отпуска теплоты. Расчет теплообменников.

Задание №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЖИТЕЛЕЙ

По заданному генплану района города выполняем нумерацию кварталов с определением площадей квартала, зная этажность застройки района города, находим плотность населения (принимая, что для 1-2 этажной застройки приходится 50-70чел/га, 3-4 этаж – 200-230чел/га, 6-8этаж – 350чел/га).

Количество жителей по кварталам определяется по формуле:

$$N = F \cdot b$$

Где, F – площадь кварталов района города, га ;

b- Плотность населения района города, чел/га.

Площадь кварталов вычисляют по генплану, не включая площади улиц, проспектов, площадей, парков, территории промышленных предприятий.

РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК.

Определение часовых и годовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение проводится для жилых и общественных зданий в соответствии с климатическими данными района строительства (приложение1).

Основные расчетные зависимости для жилых зданий:

1. Определение часового расхода теплоты на отопление отдельного здания производится из условия теплового баланса здания:

$$Q_{от} = 1,1(Q_{н.о} + Q_v - Q_{вн}), \text{ Вт}$$

1,1 – коэффициент, учитывающий дополнительные потери теплоты в местной системе отопления, т. е. 10% запас на неучтенные потери;

$Q_{н.о}$ - потери теплоты через наружные ограждения здания, Вт.

Q_v - расход теплоты на вентиляцию (инфильтрацию) т.е. тепло, затраченное на подогрев вентиляционного воздуха, Вт.

$Q_{вн}$ - тепловые выделения внутри здания, Вт.

а) Потери теплоты через наружные ограждения здания

$$Q_{н.о} = F_{жс} \cdot \kappa_2 \cdot q_{н.о} (t_{вн} - t_{н.о}^p), \text{Вт}$$

$F_{жс}$ - жилая площадь, м². $F_{жс} = N \cdot f_{жс}$, м².

$f_{жс} = 12 - 18 \text{ м}^2 / \text{чел}$ - норма жилой площади, приходящаяся на одного человека. В расчетах принимать $18 \text{ м}^2 / \text{чел}$;

N - количество жителей;

K_2 - объемный коэффициент здания (зависит от этажности, года строительства, материала из которого построено здание), $\text{м}^3 / \text{м}^2$.

Для кирпичных зданий старой постройки с высотой этажа 4м $K_2 = 7 \div 8 \text{ м}^3 / \text{м}^2$. для крупноблочных, крупнопанельных и кирпичных зданий строительства 1955-1970г.г. вследствие уменьшения высоты этажа до 2,7-2,8 м коэффициент K_2 уменьшился до $5,2 \div 6,2 \text{ м}^3 / \text{м}^2$. Для зданий более поздней постройки с большей площадью вспомогательных помещений квартир коэффициент K_2 возрос до $6,2 \div 7,3 \text{ м}^3 / \text{м}^2$ и имеет тенденцию к еще большему увеличению в связи с дальнейшим улучшением благоустройством квартир.

$q_{н.о}$ - удельная отопительная характеристика здания (потери теплоты через наружные ограждения здания, отнесенные к его наружному объему и расчетной разности температур):

$$q_{н.о} = 1,06 \cdot \left\{ \frac{P}{S} \cdot \left[\frac{1}{R_{ст}} + d \cdot \left(\frac{1}{R_{ок}} - \frac{1}{R_{ст}} \right) \right] + \frac{1}{H} \cdot \left(\frac{1}{R_{ч}} \cdot \varphi_{ч} + \frac{1}{R_{пол}} \cdot \varphi_{пол} \right) \right\}, \text{Вт} / \text{м}^3 \cdot \text{°C};$$

H – высота здания, м;

P - периметр пола здания, м²;

S – площадь пола здания, м²;

$R_{ст}, R_{ок}, R_{ч}, R_{пол}$ – термические сопротивления теплопередаче стен, окон, чердака, пола $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;

d – степень остекления (для жилых зданий $d = 0,11-0,33$)

$\varphi_{ч}, \varphi_{пол}$ – поправочные коэффициенты на расчетный перепад температур для верхнего и нижнего горизонтальных ограждений $\varphi_{ч} = 0,75 \div 0,9$; $\varphi_{пол} = 0,5 \div 0,7$

Определяем приведенное сопротивление теплопередаче R ограждающих конструкций (окон, стен, пола, потолка) методом интерполяции из условий энергосбережения по приложению 2, для этого в соответствии со СНиП II-3-79* находим количество градусо-суток отопительного периода (ГСОП):

$$ГСОП = (t_{в} - t_{н.о}^{cp}) \cdot Z_{от}; ^{\circ}C \cdot сут$$

$t_{в}$ – температура воздуха в помещении $t_{в} = 18^{\circ}C$;

$t_{н.о}^{cp}$ – средняя температура отопительного периода, $^{\circ}C$.

$Z_{от}$ – продолжительность отопительного периода, сут.

б) расход теплоты на вентиляцию (инфильтрацию)

$$Q_{в} = F_{жс} \cdot q_{в}^{жс} \cdot (t_{в} - t_{н.о}^p)$$

$q_{в}^{жс} = l_{yд} \cdot C = 3 \cdot 0,35 = 1,05 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C$ – удельная вентиляционная характеристика здания;

$l_{yд}$ – удельный объем воздуха, т.е. кол-во воздуха, поступающего на 1 м^2 жилой площади в 1ч ($3 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$);

C – удельная объемная теплоемкость воздуха $= 0,35 \text{ Вт}/\text{м}^3 \cdot ^{\circ}C$

в) Внутренние тепловыделения (от людей, осветительных приборов, электрических, бытовых приборов, газовых плит).

$$Q_{вн} = F_{жс} \cdot q'_{вн}, \text{ Вт}$$

$$q'_{вн} = q_{вн} \left(1 + \frac{F_{кух}}{F_{жс}} \right)$$

$q'_{вн}$ – суммарные удельные тепловыделения, приходящиеся на 1 м^2 жилых помещений, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$q_{\text{вн}} = 21 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ - количество бытового теплоты на 1 м^2 площади помещений, имеющих отопительные приборы;

$$\frac{F_{\text{кух}}}{F_{\text{ж}}} \sim 0,25 \quad \text{для 2-х и 3-х комнатных квартир.}$$

2. Определение расхода теплоты на ГВ зимой

$$Q_{\text{зв}}^3 = \frac{N \cdot q_{\text{сут}}^{\text{сп}} \cdot C \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{х}}) \cdot (1 + \beta_{\text{г}})}{24}, \text{Вт}$$

N - количество потребителей;

$q_{\text{сут}}^{\text{сп}}$ - расход горячей воды одним жителем в сутки отопительного сезона, $\frac{\text{Вт}}{\text{чел}}$.

$$q_{\text{сут}}^{\text{сп}} = 105 \frac{\text{л}}{\text{сут} \cdot \text{чел}}$$

C - удельная теплоемкость воды = $1,16 \frac{\text{Вт}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

$t_{\text{г}}$ - средняя температура воды в водоразборных стояках системы горячего водоснабжения $t_{\text{г}} = 55^\circ\text{C}$

$t_{\text{х}}$ - температура холодной воды в водопроводе $t_{\text{х}} = 5^\circ\text{C}$

$\beta_{\text{г}}$ - коэффициент, зависящий от протяженности и мощности системы ГВ, при наличии сетей после ЦТП и изолированных водоразборных стояках $\beta_{\text{г}} = 0,15 \div 0,25$; при изолированных водоразборных стояках $\beta_{\text{г}} = 0,3 \div 0,35$.

3. Определение расхода теплоты на ГВ летом

$$Q_{\text{лв}}^3 = Q_{\text{зв}}^3 \frac{t_{\text{г}} - t_{\text{х.л.}}}{t_{\text{г}} - t_{\text{х.з}}} \cdot \beta_{\text{л}}, \text{Вт}$$

$t_{\text{х.з}}$ и $t_{\text{х.л}}$ - зимняя (5°C) и летняя (15°C) температура воды в водопроводе.

$\beta_{\text{л}}$ - коэффициент, учитывающий снижение летнего расхода теплоты на ГВ по отношению к зимнему расходу; при отсутствии более конкретных данных $\beta_{\text{л}} = 0,8$, за исключением курортных и южных городов, для которых $\beta_{\text{л}} = 1,2$.

Основные расчетные зависимости для общественных зданий.

4. Определение расхода теплоты на отопление

$$Q_{от}^{общ} = 1,1 \cdot V_n^{общ} \cdot q_{от}^{общ} (t_в - t_{н.о}^p) \cdot (1 + \mu) \cdot \beta_t, \text{Вт.}$$

1,1 – коэффициент учитывающий дополнительные потери теплоты в системе отопления;

$V_n^{общ}$ – объем здания по наружному обмеру, м³.

$$V_n^{общ} = V_{общ} \cdot N,$$

где N – количество жителей;

$V_{общ}$ – удельный объем общественных зданий, отнесенный к одному жителю, зависит от крупности поселений и ориентировочно составляет:

	$V_{общ}$ м ³ /житель
в малых городах (численность населения $N_{города}$ до 50 000 чел.)	12,5
в средних и больших городах ($N_{города} = 50\ 000 \dots 250\ 000$ чел.)	18
в крупных городах ($N_{города} > 250\ 000$ чел.)	20-24

$q_{от}^{общ}$ – удельный расход теплоты на отопление общественных зданий, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$;

$q_{от}^{общ} = 0,4 \div 0,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$ из справочных данных для реперных температур $t_{нв} = -30^\circ\text{C}$;

μ – коэффициент, учитывающий расход теплоты на подогрев инфильтрационного воздуха, который при отсутствии приточной вентиляции = 0,1–0,2; в зданиях с приточной вентиляцией $\mu = 0$;

β_t – температурный коэффициент, учитывающий изменения требуемого термического сопротивления наружных стен в зависимости от $t_{i.i}^\delta$.

$$\beta_t = 1 + 0,6 \cdot \frac{30 + t_{н.о}^p}{t_в - t_{н.о}^p}$$

2. Расход теплоты на вентиляцию

$$Q_в^{общ} = V_n^{общ} \cdot q_в^{общ} (t_в - t_{н.о}^p) \cdot \beta_t, \text{Вт}$$

$q_в^{общ}$ - удельная вентиляционная характеристика общественных зданий
 $\text{Вт}/\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$

$q_в^{общ} = 0,25 \div 0,35 \text{ Вт}/\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ для реперных температур $t_{iа} = 30^\circ\text{N}$.

3. Расход теплоты на горячее водоснабжение в общественных зданиях в зимний период

$$Q_{ГВ}^{общ} = \frac{q_{сут.сп}^{общ} \cdot N \cdot C(t_2 - t_x)(1 + \beta_t)}{24}, \text{ Вт}/\text{чел}$$

$q_{сут.сп}^{общ} = 25 \text{ л}/\text{сут.} \cdot \text{чел}$ - средний расход горячей воды для общественных зданий в городах.

Расход теплоты на горячее водоснабжение в общественном здании в летний период

$$Q_{зв}^л = Q_{зв}^3 \frac{t_2 - t_{x.л.}}{t_2 - t_{x.з.}} \cdot \beta_l, \text{ Вт}$$

Результаты расчетов свести в таблицу.

	Расходы теплоты, Вт			
	На отопление	На вентиляцию	На ГВ (зимой)	ВСЕГО
Жилые дома		-		
Общественные здания				
Итого:				

Годовой расход теплоты жилыми и общественными зданиями

1. Годовой расход теплоты на систему отопления.

$$Q_{от}^{год} = (Q_{от}^{ж} + Q_{от}^{общ}) \frac{t_в - t_{н.о}^{ср}}{t_в - t_{н.о}^p} \cdot Z_{от.пер.}, \text{ Вт}/\text{год}$$

2. Годовой расход теплоты на систему вентиляции.

$$Q_в^{zod} = \frac{Z}{24} \cdot Q_в^{общ} \frac{t_в - t_{н.о}^{cp}}{t_в - t_{н.о}^p} \cdot Z_{от.пер.} \text{ Bm/год.}$$

Z- число часов работы системы вентиляции $Z = 16 \frac{\text{час}}{\text{сут.}}$

3. Годовой расход теплоты на систему горячего водоснабжения.

$$Q_{zв}^{zod} = \sum Q_{zв}^z \cdot Z_{от.пер.} + \sum Q_{zв}^л \cdot (8400 - Z_{от.пер.}), \text{ Bm/год.}$$

Суммарный годовой расход теплоты жилыми и общественными зданиями.

$$Q_{zod}^{\Sigma} = Q_{от}^{zod} + Q_в^{zod} + Q_{ГВ}^{zod}, \text{ Bm/год.}$$

Построение годового графика повторяемости расходов теплоты жилыми и общественными зданиями.

Для построения такого графика выписывают из климатологических таблиц число часов стояния различных наружных температур для географического пункта, соответствующего расположению зданий. Выписку ведут с интервалом температур 5-10⁰С, включая в интервал длительность стояния данной температуры для отопления и температур ниже ее.

Пример дан из расчета тепловой нагрузки на 1 чел.

Определить расчетные расходы теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение на 1 чел. (Вами проект рассчитывается на количество жителей всего города) и построить графики часовых и годовых расходов теплоты.

Исходные данные

Район строительства - г. Москва

Температура наружного воздуха (расчетная) для проектирования отопления - $t_{н.о}^p = -26^{\circ}\text{C}$

Температура наружного воздуха (средняя отопительного периода) - $t_{н.о}^p = -3,7^{\circ}\text{C}$

Продолжительность отопительного периода - $Z_{от.пер} = 212 \text{сут.}$

Решение.

Расходы теплоты жилыми зданиями

1. Определение расхода теплоты на отопление

$$Q_{от} = 1,1(Q_{н.о} + Q_в - Q_{вн}), Bm$$

$$Q_{н.о} = F_{жс} \cdot K_2 \cdot q_{н.о} (t_{вн} - t_{н.о}^p), Bm$$

$F_{жс}$ - жилая площадь, m^2 .

$$F_{жс} = 1 \cdot 18 = 18, m^2$$

Принимаем здание с размерами:

$$a = 50m, b = 20m, H = 36m$$

$$q_{н.о} = 1,06 \cdot \left\{ \frac{P}{S} \cdot \left[\frac{1}{R_{ст}} + d \cdot \left(\frac{1}{R_{ок}} - \frac{1}{R_{ст}} \right) \right] + \frac{1}{H} \cdot \left(\frac{1}{R_ч} \cdot \varphi_ч + \frac{1}{R_{пол}} \cdot \varphi_{пол} \right) \right\}, Bm / m^3 \cdot ^\circ C;$$

P - периметр пола здания, m^2 ;

$$P = 2(50+20) = 140m.$$

S - площадь здания в плане, m^2 ;

$$S = 50 \times 20 = 1000m^2.$$

• Определение $q_{н.о}$ из условий энергосбережения.

$$ГСОП = (18 - (-3,7)) \cdot 212 = 4600^\circ C \cdot сут$$

По СНиП II-3-79* находим исходя из значения ГСОП:

- Стены 4000 \rightarrow 2,8; 6000 \rightarrow 3,5; $R_{ст} = 3,01 m^2 \cdot ^\circ C / Bm$;

- Окна 4000 \rightarrow 0,45; 6000 \rightarrow 0,6; $R_{ок} = 0,495 m^2 \cdot ^\circ C / Bm$;

- Чердачные перекрытия, покрытия (полы) 4000 \rightarrow 3,7; 6000 \rightarrow 4,6;

$$R_ч = 3,97 m^2 \cdot ^\circ C / Bm$$

$$q_{н.о} = 1,06 \cdot \left\{ \frac{140}{1000} \cdot \left[\frac{1}{3,01} + 0,3 \cdot \left(\frac{1}{0,495} - \frac{1}{3,01} \right) \right] + \frac{1}{36} \cdot \left(\frac{1}{3,97} \cdot 0,8 + \frac{1}{3,97} \cdot 0,6 \right) \right\} = 0,134 Bm / m^3 \cdot ^\circ C;$$

$$Q_{н.о} = 18 \cdot 7 \cdot 0,134 \cdot (18 - (-26)) = 743 Bm / чел$$

б) расход теплоты на вентиляцию (инфильтрацию)

$$Q_в = F_{жс} \cdot q_в^{жс} \cdot (t_в - t_{н.о}^p) = 18 \cdot 1,05 \cdot (18 - (-26)) = 832 Bm / чел$$

в) Внутренние тепловыделения (от людей, осветительных приборов, электрических, бытовых приборов, газовых плит).

$$Q_{вн} = F_{жс} \cdot q'_{вн}, \text{ Вт}$$

$$q'_{вн} = 21 \cdot (1 + 0,25) = 26 \text{ Вт/м}^2$$

$$Q_{вн} = 18 \cdot 26 = 468 \text{ Вт/чел}$$

$$Q_{от} = 1,1 \cdot (743 + 832 - 468) = 1217,7 \text{ Вт/чел}$$

2. Определение расхода теплоты на ГВ зимой

$$Q_{гв}^3 = \frac{N \cdot q_{сут}^{ср} \cdot C \cdot (t_z - t_x) \cdot (1 + \beta_z)}{24} = \frac{1 \cdot 105 \cdot 1,16 \cdot (55 - 5) \cdot (1 + 0,2)}{24} = 305 \text{ Вт/чел}$$

3. Определение расхода теплоты на ГВ летом

$$Q_{гв}^л = Q_{гв}^3 \frac{t_z - t_{х.л.}}{t_z - t_{х.з}} \cdot \beta_l = 305 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 195 \text{ Вт/чел}$$

Расходы теплоты общественными зданиями

4. Определение расхода теплоты на отопление

$$Q_{от}^{общ} = 1,1 \cdot V_n^{общ} \cdot q_{от}^{общ} (t_{вн} - t_{н.о}^p) \cdot (1 + \mu) \cdot \beta_t = 1,1 \cdot 18 \cdot 0,45 \cdot (18 - (-26)) \cdot (1 + 0) \cdot 1,05 = 411,6 \text{ Вт/чел}$$

$$\beta_t = 1 + 0,6 \cdot \frac{30 + t_{н.о}^p}{t_{вн} - t_{н.о}^p} = 1 + 0,6 \frac{30 + (-26)}{18 - (-26)} = 1,05$$

2. Расход теплоты на вентиляцию

$$Q_v^{общ} = V_n^{общ} \cdot q_v^{общ} (t_{вн} - t_{н.о}^p) \cdot \beta_t = 18 \cdot 0,3 \cdot (18 - (-26)) \cdot 1,05 = 249,5 \text{ Вт/чел}$$

3. Расход теплоты на горячее водоснабжение

$$Q_{ГВ}^{общ} = \frac{q_{сут.ср}^{общ} \cdot C (t_z - t_x) (1 + \beta_t)}{24} = \frac{25 \cdot 1,16 (55 - 5) (1 + 0,2)}{24} = 73 \text{ Вт/чел}$$

$$Q_{ГВ}^3 = 73 \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 47 \text{ Вт/чел}$$

	Расходы теплоты, Вт			
	На отопление	На вентиляцию	На ГВ (зимой)	ВСЕГО
Жилые дома	1217,7	-	305	1522,7

Общественные здания	411,6	249,5	73	734,1
Итого:	1629,3	249,5	378	2256,1

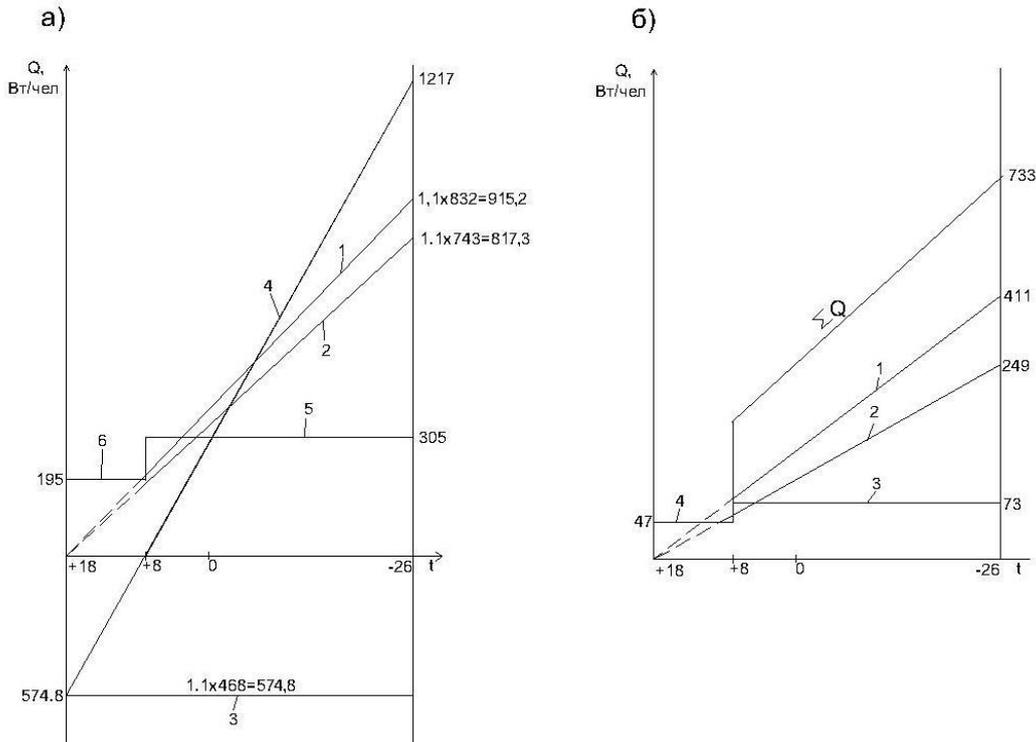


Рис.1 Графики зависимости часовых расходов тепла от наружной температуры: а) жилыми зданиями: 1-расход тепла на вентиляцию, 2-расход тепла на наружные ограждения, 3- внутренние (бытовые) тепловыделения, 4-расход тепла на отопление, 5-расход тепла на горячее водоснабжение зимой, 6- расход тепла на горячее водоснабжение летом; б) общественными зданиями: 1- расход тепла на отопление, 2-расход тепла на вентиляцию, 3-расход тепла на горячее водоснабжение зимой, 4- расход тепла на горячее водоснабжение летом.

Годовой расход теплоты жилыми и общественными зданиями

$$Q_{om}^{год} = (1217,7 + 411,6) \frac{18 - (-3,7)}{18 - (-26)} \cdot 5088 = 4086910 \quad \text{Вт/чел.год}$$

$$Z_{от.лет} = 212 \cdot 24 = 5088 \text{ час/год}$$

$$Q_e^{год} = \frac{16}{24} \cdot 249,5 \cdot \frac{18 - (-3,7)}{18 - (-26)} \cdot 5088 = 417381,75 \text{ Вт/чел.год}$$

Z- число часов работы системы вентиляции $Z = 16 \frac{\text{час}}{\text{сут.}}$

$$Q_{ГВ}^{год} = 378 \cdot 5088 + 242(8400 - 5088) = 2724768 \text{ Вт/чел.год}$$

$$Q_{год}^{\Sigma} = 4086910 + 417381,75 + 2724768 = 7229059,75 \text{ Вт/чел.год} = 7,7 \text{ МВт/чел.год}$$

Построение годового графика повторяемости расходов теплоты жилыми и общественными зданиями.

$t_n, ^\circ\text{C}$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+8
$n, \text{ часы}$	0,48	10,8	48,96	129,6	331,68	592,8	943,2	1590,48	1440
$\Sigma n, \text{ часы}$	0,48	11,28	60,24	189,81	521,52	1114,32	2057,52	3648	5088

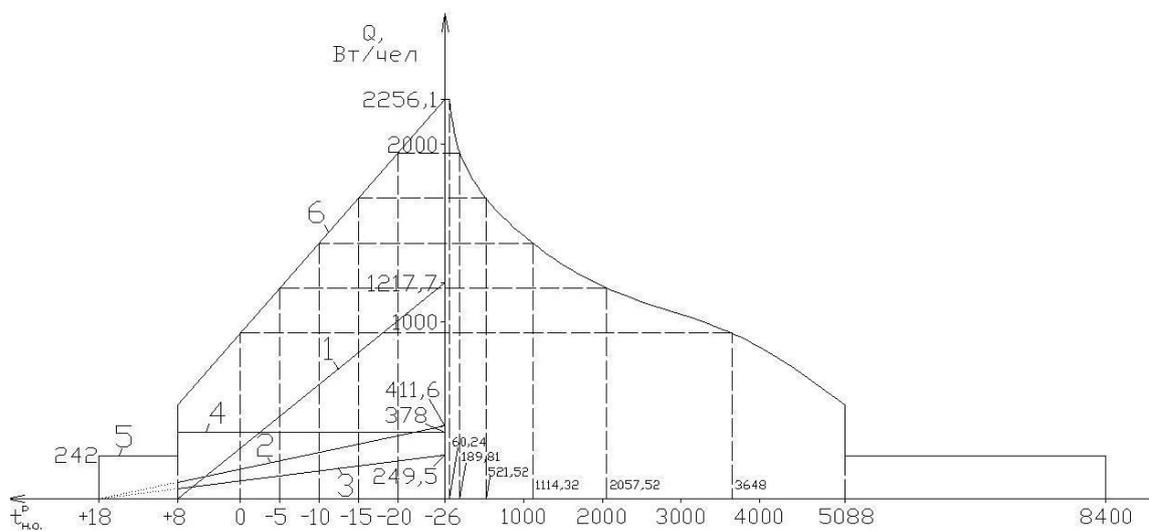


Рис.2 График повторяемости расходов теплоты жилыми и общественными зданиями: 1- расход тепла на отопление жилых зданий, 2- расход тепла на отопление общественных зданий, 3- расход тепла на вентиляцию общественных зданий, 4- расход тепла на горячее водоснабжение зимой жилых и общественных зданий, 5- расход тепла на горячее водоснабжение летом жилых и общественных зданий

Задание №2

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА КАЧЕСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ НА ОТОПЛЕНИЕ.

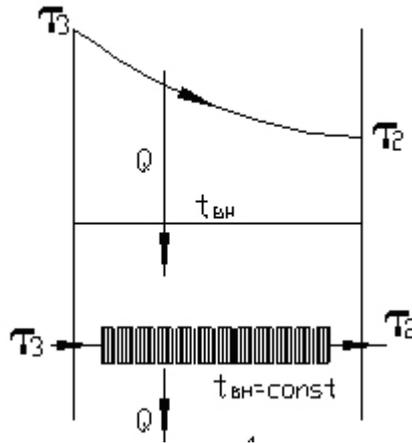


Рис. 3 Температурный график нагревательного прибора

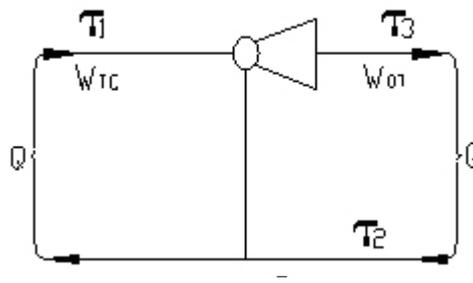


Рис.4 Схема элеваторного ввода

1. Необходимое количество подаваемой теплоты зданиям определяется из условия $t_{вн} = const$ и линейной зависимости разности температур:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{Q^p} = \frac{t_{вн}^p - t_n}{t_{вн}^p - t_{н.о}^p}$$

Линейная зависимость является следствием принятия коэффициента теплопередачи через ограждения здания постоянным.

2. Теплота Q поступает в помещения здания через нагревательные приборы от греющего теплоносителя, температура которого и расход должны быть такими, чтобы обеспечить подачу требуемого количества. Температурный график нагревательного прибора (рис. 3) иллюстрирует процесс передачи теплоты, который описывается уравнением теплопередачи:

$$Q = kF \left(\frac{\tau_3 + \tau_2}{2} - t_{вн} \right) = kF \Delta t_{cp}$$

и уравнением баланса теплоты для теплоносителя:

$$Q = cG(\tau_3 - \tau_2) = W \Delta \tau_{om}$$

Баланс теплоты для воздуха написать нельзя, так как $t_{\text{вн}} = \text{const}$

В приведенной системе уравнений заданы:

$$Q, F, t_{\text{вн}}, k$$

Коэффициент теплопередачи k задан числом, если он принимается постоянным, или математической зависимостью, по которой его можно определить. Неизвестные величины: τ_3, τ_2, W . Так как уравнений два, то надо задаваться законом изменения одного из параметров. Если $W = \text{const}$, тогда осуществляется качественное регулирование, если $\tau_3 = \text{const}$ - количественное, возможно качественно-количественное регулирование.

Запишем уравнения в безразмерном виде:

$$\bar{Q} = \bar{k} \Delta \bar{t}_{cp}$$

$$\bar{Q} = \bar{W} \Delta \bar{\tau}_{om}$$

Изменение коэффициента теплопередачи нагревательных приборов определяется экспериментально и аппроксимируется следующей математической зависимостью:

$$\bar{k} = \Delta \bar{t}_{cp}^{-n}$$

где $\Delta \bar{t}_{\bar{n}\delta}$ - средний температурный напор в отопительном приборе;

n в зависимости от типа нагревательного прибора изменяется в пределах 0,25 – 0,32.

Из решения уравнения получаем:

$$\tau_3 = \tau_2 + \Delta \tau_{om}^p \frac{\bar{Q}}{\bar{W}_{om}} ;$$

$$\tau_2 = t_{\text{вн}} + \Delta t_{cp}^p \bar{Q}^{\frac{1}{n+1}} - 0,5 \Delta \tau_{om}^p \frac{\bar{Q}}{\bar{W}_{om}}$$

При качественном регулировании $\bar{W} = 1$, τ_3 поддерживают на источнике, а τ_2 - температура воды на выходе из нагревательных приборов (реакция системы на процесс отопления здания).

Если на пути теплоносителя от источника теплоты до системы отопления установлен трансформатор температуры для снижения потенциала (например, элеватор), тогда необходимо найти закон изменения температуры на входе (τ_1) в зависимости от требуемой температуры на выходе (τ_3). Для элеваторного ввода (рис.4) коэффициент смешения остается постоянным:

$$u = \frac{W_{om} - W_{mc}}{W_{mc}} = const$$

тогда

$$\tau_3 W_{om} = \tau_1 W_{mc} + \tau_2 (W_{om} - W_{mc});$$

$$\tau_3 (1 + W) = \tau_1 + \tau_3 u;$$

$$\tau_1 = \tau_3 + (\tau_1^p - \tau_3^p) \frac{\bar{Q}}{W_{om}} = \tau_3 + (\Delta\tau_{mc}^p - \Delta\tau_{om}^p) \frac{\bar{Q}}{W_{om}};$$

$$\tau_1 = \tau_2 + \Delta\tau_{mc}^p \frac{\bar{Q}}{W_{om}} = t_{\epsilon n} + \Delta t_{cp}^p Q^{\frac{1}{n+1}} - 0,5 \Delta\tau_{om}^p \frac{\bar{Q}}{W_{om}} + \Delta\tau_{mc}^p \frac{\bar{Q}}{W_{om}}$$

Пример.

Исходные данные: $t_{\epsilon n}^p = 18^\circ C$, $\tau_1^p = 150^\circ C$, $\tau_3^p = 95^\circ C$, $\tau_2^p = 70^\circ C$, $t_{н.о}^p = -26^\circ C$

Решение:

1. Определяем параметры для основных точек.

а) Расчетные условия для отопления:

$$t_{н.о}^p = -26^\circ C, \bar{Q} = 1, \tau_1^p = 150^\circ C, \tau_3^p = 95^\circ C, \tau_2^p = 70^\circ C;$$

б) Точка излома графика температур:

$$\tau_1 = 70^\circ C;$$

$$\tau_1 = t_{\epsilon n} + \Delta t_{cp}^p Q^{\frac{1}{n+1}} - 0,5 \Delta\tau_{om}^p \bar{Q} + \Delta\tau_{mc}^p \bar{Q},$$

$$\Delta t_{cp}^p = \frac{\tau_3^p + \tau_2^p}{2} - t_{\epsilon n} = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64,5^\circ C;$$

$$\Delta\tau_{om}^p = \tau_3^p - \tau_2^p = 95 - 70 = 25^\circ C;$$

$$\Delta\tau_{mc}^p = \tau_1^p - \Delta\tau_2^p = 150 - 70 = 80 \text{ } ^\circ\text{C} ,$$

$$70 = 18 + 64,5\bar{Q}_{uz}^{-0,75} - 0,5 \cdot 25\bar{Q}_{uz} + 80\bar{Q}_{uz}$$

отсюда $\bar{Q}_{uz} = 0,34$;

$$\bar{Q} = \frac{t_{\epsilon H}^p - t_H}{t_{\epsilon H}^p - t_{H.o}^p}$$

$$0,34 = \frac{18 - t_H^{uz}}{18 + 26} ; \rightarrow t_H^{uz} = 3,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\tau_2 = t_{\epsilon H} + \Delta t_{cp}^p \bar{Q}^{-0,75} - 0,5 \Delta\tau_{om}^p \frac{\bar{Q}}{W_{om}}$$

$$\tau_2 = 18 + 64,5 \cdot 0,34^{0,75} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,34 = 42,5 \text{ } ^\circ\text{C} ;$$

$$\tau_3 = \tau_2 + \Delta\tau_{om}^p \bar{Q}$$

$$\tau_3 = 42,5 + 25 \cdot 0,34 = 51 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

в) Конец отопительного периода:

$$t_H = 8 \text{ } ^\circ\text{C} ;$$

$$\bar{Q} = \frac{18 - 8}{18 + 26} = 0,23$$

$$\tau_2 = 18 + 64,5 \cdot 0,23^{0,75} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,23 = 36,4 \text{ } ^\circ\text{C} ;$$

$$\tau_3 = 36,4 + 25 \cdot 0,23 = 42,2 \text{ } ^\circ\text{C} ;$$

$$\tau_1 = \tau_2 + \Delta\tau_{mc}^p \bar{Q} ;$$

$$\tau_1 = 36,4 + 80 \cdot 0,23 = 54,8 \text{ } ^\circ\text{C} .$$

2. Рассчитываем параметры для промежуточных значений \bar{Q} , равных 0,75; 0,5.

г) При $\bar{Q} = 0,75$

$$t_H = 18 - 0,75(18 - (-26)) = -15 \text{ } ^\circ\text{C} ;$$

$$\tau_2 = 18 + 64,5 \cdot 0,75^{0,75} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,75 = 60,6 \text{ } ^\circ\text{C} ;$$

$$\tau_3 = 60,6 + 25 \cdot 0,75 = 79,4 \text{ } ^\circ\text{C} ;$$

$$\tau_1 = 60,6 + 80 \cdot 0,75 = 120,6 \text{ } ^\circ\text{C} ;$$

д) При $\bar{Q}=0,5$

$$t_n = 18 - 0,5(18 - (-26)) = -4^{\circ}C ;$$

$$\tau_2 = 18 + 64,5 \cdot 0,5^{0,75} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,5 = 50,1^{\circ}C ;$$

$$\tau_3 = 50,1 + 25 \cdot 0,5 = 62,6^{\circ}C ;$$

$$\tau_1 = 50,1 + 80 \cdot 0,5 = 90,1^{\circ}C$$

Все рассчитанные параметры сводим в таблицу.

\bar{Q}	$t_n, ^{\circ}C$	$\tau_1, ^{\circ}C$	$\tau_3, ^{\circ}C$	$\tau_2, ^{\circ}C$
1	-26	150	95	70
0,75	-15	120,6	79,4	60,6
0,5	-4	90,1	62,6	50,1
0,34	3,1	70	51	42,5
0,23	8	54,8	42,2	36,4

По полученным данным строим температурный график (рис.5).

При изменении данного температурного графика в двухтрубных системах теплоснабжения обеспечивающих нагрузки отопления и горячего водоснабжения делается срезка графика: в закрытых системах – при $70^{\circ}C$, в открытых – при $65^{\circ}C$.

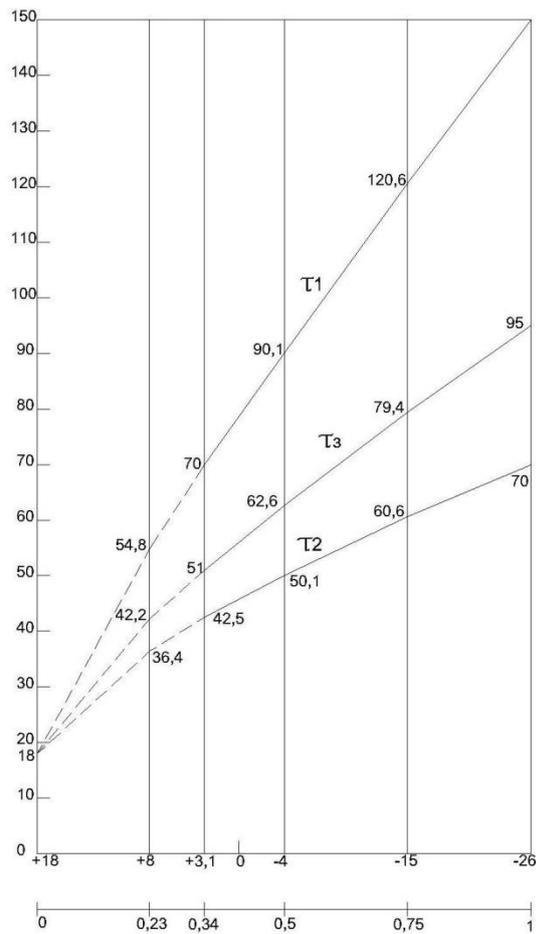


Рис. 5 Температурный график

Задание №3

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ ПО СУММАРНОЙ НАГРУЗКЕ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.

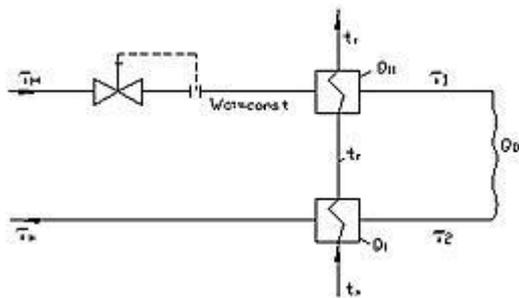


Рис.6 Схема водонагревателя горячего водоснабжения

1. График строят в предположении, что через тепловой пункт проходит отопительный расход теплоносителя, поддерживаемый РР постоянным, определяемый выражением

$$W_{om}^p = \frac{Q_{om}^p}{\Delta\tau_{mc}^p}$$

На схеме (рис.6) водонагреватели горячего водоснабжения присоединены по отношению к системе отопления последовательно. Теплоноситель с начальной температурой τ_n поступает в тепловой пункт и остывает в водонагревателе II ступени до температуры τ_1 , соответствующей отопительному графику. После системы отопления теплоноситель с температурой τ_2 поступает в водонагреватель I ступени, где остывает до конечной температуры τ_k . Следовательно, для горячего водоснабжения через теплообменники передается следующее количество теплоты:

$$Q_{\bar{a}\bar{a}} = Q_I + Q_{II} = W_{i\bar{o}} (\tau_2 - \tau_{\bar{e}}) + W_{i\bar{o}} (\tau_i - \tau_1) = W_{i\bar{o}} (\delta\tau_I + \delta\tau_{II}) = W_{i\bar{o}} \delta\tau;$$

так как $Q_{z\bar{e}} = const$, $W_{om} = const$, следовательно, $\delta\tau = const$.

Суммарный перепад температур в теплообменниках горячего водоснабжения определяется выражением:

$$\delta\tau = \frac{Q_{z\bar{e}}}{W_{om}^p} = \frac{Q_{z\bar{e}} \cdot \Delta\tau_{mc}^p}{Q_{om}^p} = \rho_{z\bar{e}} \cdot \Delta\tau_{mc}^p,$$

где

$$\rho_{z\bar{e}} = \frac{Q_{z\bar{e}}}{Q_{om}^p}.$$

При наличии баков-аккумуляторов принимают $Q_{z\bar{e}}^{cp}$, $\rho_{z\bar{e}}^{cp}$, а при использовании теплоаккумулирующей способности зданий для выравнивания графика потребления горячей воды принимают $Q_{z\bar{e}}^{\bar{o}} = \chi \cdot Q_{z\bar{e}}^{cp}$, $\rho_{z\bar{e}}^{\bar{o}} = \chi \cdot \rho_{z\bar{e}}^{cp}$, т.е. балансовую нагрузку горячего водоснабжения и $\chi = 1,2$.

2. За расчетный режим для водонагревателей горячего водоснабжения принимают режим, соответствующий точке излома отопительного графика температур, а недогрев воды в водонагревателе I ступени - $6^{\circ}C$, т.е.

$$t_n^{u3} = \tau_2^{u3} - 6.$$

3. Для построения графика рассчитывают $\delta\tau_I$, из уравнения баланса теплоты:

$$Q_I = W_{om} \cdot \delta\tau_I = W_{z\theta} (t_n - t_x).$$

Для любого режима:

$$\delta\tau_I = \frac{W_{z\theta}}{W_{om}} (t_n - t_x) = \frac{\rho_{z\theta} \Delta\tau_{mc}^p (t_n - t_x)}{t_2 - t_x} = \delta\tau \frac{t_n - t_x}{t_2 - t_x};$$

для режима, соответствующего точке излома графика температур:

$$\delta\tau_I^{u3} = \delta\tau \frac{t_n^{u3} - t_x}{t_2 - t_x}.$$

Из отношения разности температур получаем:

$$\delta\tau_I = \delta\tau_I^{u3} \frac{t_n - t_x}{t_n^{u3} - t_x}.$$

Для расчетов удобно произвести замену, используя безразмерную величину ε :

$$t_n - t_x = \varepsilon_x (\tau_2 - t_x),$$

$$t_n^{u3} - t_x = \varepsilon_x^{u3} (\tau_2^{u3} - t_x),$$

ε определяется расходами теплоносителей, которые сохраняются постоянными, следовательно $\varepsilon_x = \varepsilon_x^{u3}$.

Тогда

$$\delta\tau_I = \delta\tau_I^{u3} \frac{\tau_2 - t_x}{\tau_2^{u3} - t_x},$$

где τ_2 берется по отопительному графику температур.

Перепад температур водонагревателе II ступени определяется из выражения:

$$\delta\tau_{II} = \delta\tau - \delta\tau_I.$$

4. Методика построения графика следующая:

Задано: отопительный график температур, способ выравнивания графика потребления горячей воды, $Q_{зв}^{cp}$; Q_{om}^p или $\rho_{зв}^{cp}$; $\Delta\tau_{mc}^p$, $t_{вн}$, t_2 , t_x .

Решение:

1. Определяем параметры, неизменные для всех температурных режимов:

$$\rho_{зв}^{cp}, \rho_{зв}^{\delta}, \delta\tau, \delta\tau_I^{уз}.$$

2. Задаемся рядом значений относительных отопительных нагрузок:

$$\bar{Q}_{om}^i = \frac{Q_{om}^i}{Q_{om}^p}$$

и определяем соответствующие температуры наружного воздуха $t_{н.i}$ из выражения:

$$\bar{Q}_{om}^i = \frac{t_{вн} - t_{н.i}}{t_{вн} - t_{н.o}^p}.$$

3. Для принятых значений \bar{Q}_{om}^i последовательно рассчитываем:

$$\delta\tau_I^i, \delta\tau_{II}^i.$$

4. Рассчитываем значения температур повышенного графика τ_n и τ_k :

$$\tau_n = \tau_1 + \delta\tau_{II}, \quad \tau_k = \tau_2 - \delta\tau_I$$

Все расчеты сводим в таблицу.

Пример

Задано: Температурный график, для выравнивания графика потребления горячей воды используется теплоаккумулирующая способность здания, следовательно, в расчетах принимают $Q_{зв}^{\delta}$.

$$\rho_{зв}^{cp} = 0,25, \quad \tau_1^{\delta} = 150^{\circ}C, \quad \tau_2^p = 70^{\circ}C, \quad t_{н.o}^p = -26^{\circ}C, \quad t_2 = 60^{\circ}C, \quad t_x = 5^{\circ}C.$$

Решение.

1. Определить суммарный перепад температур в обеих ступенях теплообменника $\delta\tau$:

$$\delta\tau = \delta\tau_I + \delta\tau_{II};$$

$$\delta\tau_{II} = \tau_i - \tau_1;$$

$$\delta\tau_I = \tau_2 - \tau_{\bar{e}};$$

$$\delta\tau = \rho_{\bar{e}\bar{e}}^{\bar{e}} \cdot \Delta\tau_{mc}^p = 0,3 \cdot 80 = 24^0 C;$$

$$\Delta\tau_{mc}^p = \tau_1^p - \tau_2^p = 150 - 70 = 80^0 C,$$

$$\rho_{\bar{a}\bar{a}}^{\bar{a}} = \chi \cdot \rho_{\bar{a}\bar{a}}^{\bar{n}\bar{d}} = 1,2 \cdot 0,25 = 0,3,$$

Где χ -балансовый коэффициент, учитывающий неравномерность суточного графика потребления ГВ, для закрытых систем – 1,2.

2. Перепад температур сетевой воды в нижней ступени при $\bar{Q} = 0,34$ и $t_n^{u3l} = 3,1^0 C$:

$$\delta\tau_I^{u3} = \delta\tau \frac{t_n^{u3} - t_x}{t_2 - t_x}$$

t_n^{u3} - температура нагреваемой водопроводной воды между I и II ступенями водоподогревателей ГВ;

недогрев воды в I ступени $5 - 10^0 C$:

$$t_n^{u3} = \tau_2^{u3} - (5 - 10) = 42,5 - 6 = 36,5^0 C,$$

$\tau_2^{u3} = 42,5^0 C$ - из отопительного графика температур.

$$\delta\tau_I^{u3} = 24 \frac{36,5 - 5}{60 - 5} = 13,75^0 C;$$

$$\tau_{\kappa}^{u3l} = \tau_2^{u3l} - \delta\tau_I^{u3l} = 42,5 - 13,75 = 28,75^0 C$$

3 .Перепад температур сетевой воды в верхней ступени при $\bar{Q} = 0,34$ и $t_n^{u3l} = 3,1^0 C$:

$$\delta\tau_{II}^{u3l} = \delta\tau - \delta\tau_I^{u3l} = 24 - 13,75 = 10,25^0 C;$$

$$\tau_n^{u3l} = \tau_I^{u3l} + \delta\tau_{II}^{u3l} = 70 + 10,25 = 80,25^0 C.$$

4. Для каждого значения \bar{Q}_{om}^i берем из отопительного графика температур τ_1 и τ_2 и рассчитываем $\delta\tau_I, \delta\tau_{II}, \tau_n, \tau_{\kappa}$:

$$\delta\tau_I = \delta\tau_{I}^{u3} \frac{\tau_2 - t_x}{\tau_2^{u3} - t_x};$$

$$\delta\tau_{II} = \delta\tau - \delta\tau_I$$

При $\bar{Q} = 0,5$, $t_n = -4^{\circ}C$, $\tau_1 = 90,1^{\circ}C$ $\tau_2 = 50,1^{\circ}C$:

$$\delta\tau_I = 13,75 \cdot \frac{50,1 - 5}{42,5 - 5} = 16,54^{\circ}C,$$

$$\delta\tau_{II} = 24 - 16,54 = 7,46^{\circ}C;$$

$$\tau_n = \tau_1 + \delta\tau_{II} = 90,1 + 7,46 = 97,56^{\circ}C,$$

$$\tau_k = \tau_2 - \delta\tau_I = 50,1 - 16,54 = 33,56^{\circ}C.$$

При $\bar{Q} = 0,75$, $t_n = -15^{\circ}C$, $\tau_1 = 120,6^{\circ}C$; $\tau_2 = 60,6^{\circ}C$:

$$\delta\tau_I = 13,75 \frac{60,6 - 5}{42,5 - 5} = 20,39^{\circ}C;$$

$$\delta\tau_{II} = 24 - 20,64 = 3,36^{\circ}C;$$

$$\tau_n = \tau_1 + \delta\tau_{II} = 120,6 + 3,36 = 123,96^{\circ}C,$$

$$\tau_k = \tau_2 - \delta\tau_I = 60,6 - 20,39 = 40,21^{\circ}C.$$

При $\bar{Q} = 1$, $t_n = -26^{\circ}C$, $\tau_1 = 150^{\circ}C$; $\tau_2 = 70^{\circ}C$:

$$\delta\tau_I = 13,75 \frac{70 - 5}{42,5 - 5} = 23,83^{\circ}C;$$

$$\delta\tau_{II} = 24 - 23,83 = 0,17^{\circ}C$$

$$\tau_n = \tau_1 + \delta\tau_{II} = 150 + 0,17 = 150,17^{\circ}C,$$

$$\tau_k = \tau_2 - \delta\tau_I = 70 - 23,83 = 46,17^{\circ}C$$

Таблица 1

\bar{Q}	$t_n, ^{\circ}C$	$\tau_1, ^{\circ}C$	$\tau_2, ^{\circ}C$	$\delta\tau_I, ^{\circ}C$	$\delta\tau_{II}, ^{\circ}C$	$\tau_n, ^{\circ}C$	$\tau_k, ^{\circ}C$
1	-26	150	70	23,83	0,17	150,17	46,17
0,75	-15	120,6	60,6	20,64	3,36	123,96	40,21
0,5	-4	90,1	50,1	16,54	7,46	97,56	33,56
0,34	3,1	70	42,5	13,75	10,25	80,25	28,75

По полученным данным строим повышенный график температур (рис.7).

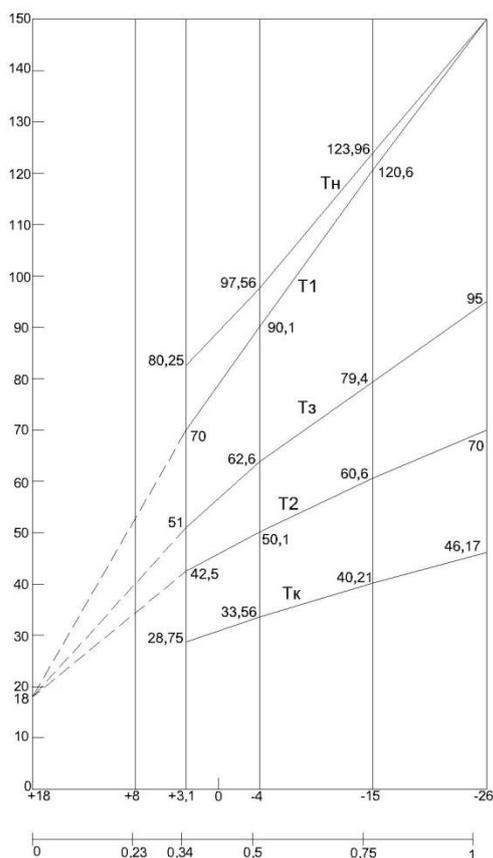


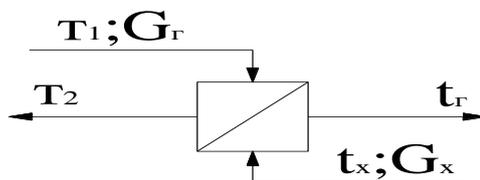
Рис. 7 Повышенный график температур

Задание №4

РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Выбор поверхности теплообменников (параллельная схема присоединения горячего водоснабжения, независимая схема присоединения систем отопления).

1) Простейшая схема



2) Блок-схема расчета

$$Q^{макс}, \tau_1, \tau_2, t_2, t_x \rightarrow G_z^{макс}, G_x^{макс} \rightarrow f'_{mp}, f'_{mmp} \rightarrow \text{Тип теплообменника, т.е. } d_{mp},$$

$$d_{эвб}, f_{mp}, f_{mmp}, F_{сек} \rightarrow V_{mp}, V_{mmp}, \rightarrow t_x^{cp}, \tau_z^{cp} \rightarrow \alpha_{mp}, \alpha_{mmp}, \rightarrow K \rightarrow \Delta t_{cp}^j \rightarrow F \rightarrow n_{сек}$$

$$, \rightarrow \Delta P_{mp}, \Delta P_{mmp}.$$

3) Основные расчетные зависимости

τ_2 принимаем из технико-экономических расчетов;

$$Q^{i\dot{a}\dot{e}\dot{n}} = G_a^{i\dot{a}\dot{e}\dot{n}} \tilde{n}(\tau_1 - \tau_2) = G_o^{i\dot{a}\dot{e}\dot{n}} \tilde{n}(t_a - t_o);$$

$$f'_{mp} = \frac{G_{mp}^{макс}}{1 \cdot \rho};$$

$$f'_{mmp} = \frac{G_{mmp}^{макс}}{1 \cdot \rho},$$

где 1 – ориентировочная скорость воды в трубках и межтрубном пространстве. Тип теплообменника (из справочных данных, ГОСТ 27590-88) – приложение 3 (т.е.)

$$d_{mp}, d_{эвб}^{mmp}, f_{mp}, f_{mmp}, F_{сек});$$

$$V_{mp} = \frac{G_{mp}^{макс}}{f_{mp} \cdot \rho};$$

$$V_{mmp} = \frac{G_{mmp}^{макс}}{f_{mmp} \cdot \rho}.$$

$$t_{cp} = \frac{t_2 + t_x}{2};$$

$$\tau_{cp} = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2};$$

$$\alpha_{mp} = (1630 + 21 \cdot t_{cp} - 0,041 \cdot t_{cp}^2) \cdot \frac{V_{mp}^{0,8}}{d_{mp}^{0,2}}$$

(при прохождении в трубках нагреваемой среды);

$$\alpha_{mmp} = \Phi(\tau_{cp}) \cdot \frac{V_{mmp}^m}{d_{эвб}^{1-m}}$$

($m = 0,78$ для гладких трубок, $m = 0,75$ для профилированных трубок; $\Phi(\tau_{cp})$ из таблицы ГОСТа 27590-88) – приложение 3;

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{mp}} + \frac{\delta_{cm}}{\alpha_{cm}} + \frac{1}{\alpha_{mmp}}} = \frac{0,85}{\frac{1}{\alpha_{mp}} + \frac{1}{\alpha_{mmp}}},$$

где $\frac{\delta_{cm}}{\alpha_{cm}}$ можно пренебречь, ввиду малой величины;

$$\Delta t_{cp}^{\text{л}} = \frac{\delta t_{\delta} - \delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\delta t_{\delta}}{\delta t_{\text{м}}}};$$

$$F = \frac{Q^{\text{макс}}}{K \Delta t_{cp}^{\text{л}}};$$

$$n_{\text{сек}} = \frac{F}{F_{\text{сек}}};$$

$$\Delta P_{mp} = 6714 \cdot V_{mp}^2 \cdot n, [Па];$$

$$\Delta P_{mmp} = 28300 \cdot V_{mmp}^2 \cdot n, [Па].$$

4) Пример расчета.

Подобрать водо-водяной скоростной теплообменник (ГОСТ 27590-88) для подогрева водопроводной воды, поступающей в систему горячего водоснабжения, определить площадь поверхности нагрева (F), число секций в теплообменнике ($n_{\text{сек}}$) и потери давления по греющей и нагреваемой воде ($\Delta P_{mp}, \Delta P_{mmp}$).

Исходные данные:

$$Q_{\text{зб}}^{\text{макс}} = 1 \cdot 10^6 \text{ Вт}; \tau_1 = 70^{\circ}\text{C}; \tau_2 = 30^{\circ}\text{C}; t_2 = 65^{\circ}\text{C}; t_x = 5^{\circ}\text{C}.$$

Расчет:

$$G_z^{\text{макс}} = \frac{1 \cdot 10^6}{1,163(70 - 30)} = 21496 \text{ кг/ч};$$

$$G_x^{\text{макс}} = \frac{1 \cdot 10^6}{1,163(65 - 5)} = 14331 \text{ кг/ч}.$$

В теплообменниках ГВ в трубках проходит нагреваемая вода, в межтрубном пространстве – греющая, поэтому

$$f'_{mp} = \frac{14331}{1 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,0041 \text{ м}^2;$$

$$f'_{мп} = \frac{21496}{1 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,0061 \text{ м}^2.$$

По ГОСТу 27590-88 выбираем тип подогревателя:

ПВ – 114 х 4 – 1,0 – РГ – 6 – УЗ с гладкими трубками,
 $d_{mp} = 0,014 \text{ м}$; $d_{экс} = 0,0155 \text{ м}$; $f_{mp} = 0,00293 \text{ м}^2$; $f_{мп} = 0,005 \text{ м}^2$; $F_{сек} = 3,58 \text{ м}^2$
 (число секций подсчитано ниже).

$$V_{mp} = \frac{14331}{0,00293 \cdot 975 \cdot 3600} = 1,393 \text{ м/с};$$

$$V_{мп} = \frac{21496}{0,005 \cdot 975 \cdot 3600} = 1,225 \text{ м/с};$$

$$t_{cp} = \frac{65 + 5}{2} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \tau_{cp} = \frac{70 + 30}{2} = 50 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\alpha_{mp} = (1630 + 21 \cdot 35 - 0,041 \cdot 35^2) \frac{1,393^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 7113,3 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2, \text{ } ^\circ\text{C})};$$

$$\alpha_{мп} = 4236 \frac{1,225^{0,78}}{0,0155^{0,22}} = 12411,48 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2, \text{ } ^\circ\text{C})};$$

$$K = \frac{0,85}{\frac{1}{7113,3} + \frac{1}{12411,48}} = 3863,6 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2, \text{ } ^\circ\text{C})};$$

$$\Delta t_{cp}^n = \frac{25 - 5}{\ln \cdot \frac{25}{5}} = 12,43 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$F = \frac{1 \cdot 10^6}{3863,6 \cdot 12,43} = 20,82 \text{ м}^2;$$

$$n_{сек} = \frac{20,82}{3,58} = 5,82. \text{ Принимаем к установке } n_{сек} = 6 \text{ шт.}$$

$$\Delta P_{mp} = 6714 \cdot 1,393^2 \cdot 6 = 78169 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{мп} = 28300 \cdot 1,225^2 \cdot 6 = 254806 \text{ Па}.$$

В теплообменник, рассчитанный в примере, поступает греющая вода с $\tau_1 = 150^\circ C$. Определить расход греющей воды и температуру ее на выходе при той же тепловой нагрузке.

Итерационный метод

Задаемся $\tau_2 = 6,3^\circ C$;

$$G_z = \frac{1 \cdot 10^6}{1,163(150 - 6,3)} = 5983 \text{ кг/ч}$$

$$t_{cp} = \frac{65 + 5}{2} = 35^\circ C$$

$$\tau_{cp} = \frac{150 + 6,3}{2} = 78,15^\circ C;$$

$$V_{mp} = \frac{14331}{0,00293 \cdot 975 \cdot 3600} = 1,393 \text{ м/с};$$

$$V_{мп} = \frac{5983,6}{0,005 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,341 \text{ м/с};$$

$$\alpha_{mp} = (1630 + 21 \cdot 35 - 0,041 \cdot 35^2) \cdot \frac{1,393^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 7670,9 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2, ^\circ C)};$$

$$\alpha_{мп} = 4700,9 \cdot \frac{0,341^{0,78}}{0,0155^{0,22}} = 5080 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2, ^\circ C)};$$

$$K = \frac{0,85}{\frac{1}{7670,9} + \frac{1}{5080}} = 2598,6 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2, ^\circ C)};$$

$$\Delta t_{cp}' = \frac{85 - 1,3}{\frac{8,5}{1,3}} = 20,02^\circ C;$$

$$F' = \frac{1 \cdot 10^6}{2598,6 \cdot 20,02} = 19,22 \text{ м}^2;$$

$$\frac{F - F'}{F} = \frac{20,8 - 19,22}{20,8} = 0,076 \text{ (т.е. 7,6\%)}.$$

Метод безразмерных комплексов

$$A = \frac{12,43}{\sqrt{(70 - 30)(65 - 5)}} = 0,254;$$

$$\varepsilon = \frac{65 - 5}{150 - 5} = 0,414.$$

Принимаем $\theta = 2,4$ и определяем

$$Z = \frac{1 - \theta}{A\sqrt{\theta}} = \frac{1 - 2,4}{0,254\sqrt{2,4}} = -3,558.$$

Проверяем

$$\varepsilon = \frac{l^{+z} - 1}{l^z - \theta}; \quad 0,414 = \frac{l^{-3,558} - 1}{l^{-3,558} - 2,4};$$

$$0,414 = 0,41$$

$$W_x = \frac{Q_{2\text{в}}^{\text{max}}}{65 - 5} = \frac{1 \cdot 10^6}{60} = 16666,7 \text{ Вт/}^\circ\text{C};$$

$$W_2 = \frac{16666,7}{2,4} = 6944,4 \text{ Вт/}^\circ\text{C}; \quad \tau_2 = 150 - \frac{1 \cdot 10^6}{6944,4} = 150 - 144 = 6^\circ\text{C};$$

$$G_2 = \frac{1 \cdot 10^6}{1,163(150 - 6)} = 5971,15 \text{ кг/ч.}$$

Задание №5

РАСЧЕТ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ СМЕШАННОЙ СХЕМЫ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

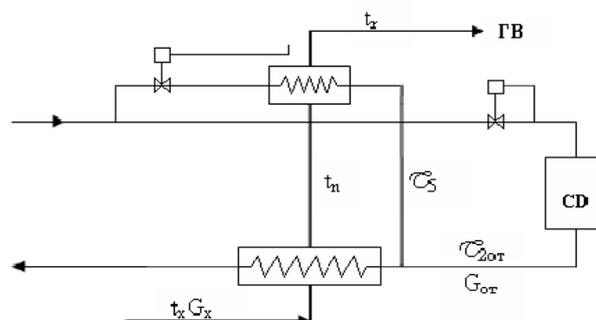


Рис. 8 Двухступенчатая смешанная схема присоединения теплообменников ГВ.

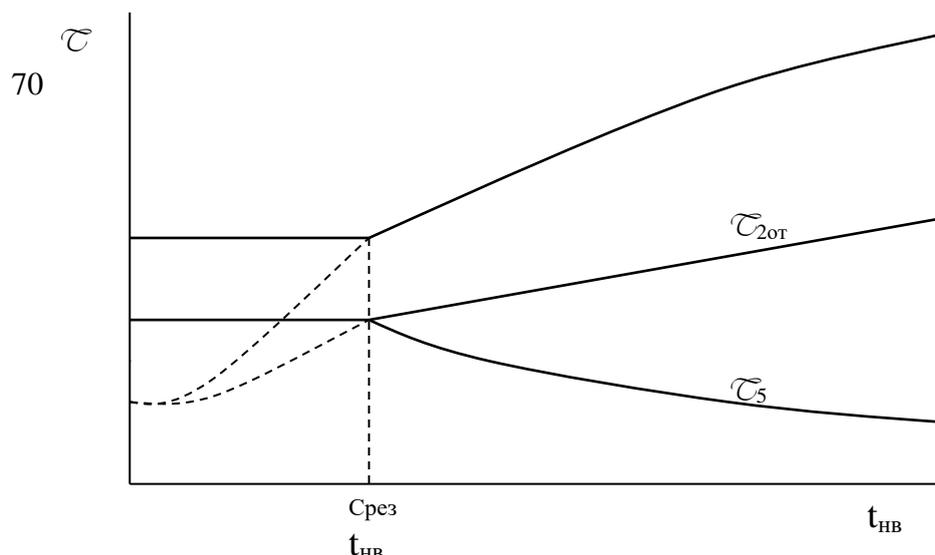


Рис. 9 График зависимости расхода воды от температуры

Схема применяется при отпуске теплоты по нормальному температурному графику, соответствующему качественному методу регулирования по отопительной нагрузке.

Выбор поверхности теплообменников

Поверхности теплообменников определяются при $Q_{\text{гв}}^{\text{макс}}$ и минимальной температуре исходной греющей среды, т.е. $\tau_1 = 70^\circ\text{C}$.

Исходные данные.

- - температуры нагреваемой среды и максимальная нагрузка горячего водоснабжения:

$$t_2; t_x; Q_{\text{гв}}^{\text{макс}}$$

- - температуры воды в подающей магистрали, на выходе из систем отопления при $t_n^{\text{срез}}$ и расход воды на отопление:

$$\tau_1; \tau_{2\text{от}}; G_{\text{от}}$$

2) Блок-схема расчета

$$\text{Задаем: } \tau_5 = \tau_{2\text{от}} \rightarrow t_n = \tau_{2\text{от}} - 5^\circ\text{C} \rightarrow$$

$$G_x^{max} = \frac{Q_{z6}^{max}}{c(t_2 - t_x)} \rightarrow$$

$$Q_I = G_x^{max} c(t_n - t_x) \rightarrow$$

$$Q_{II} = Q_{z6}^{max} - Q_I \rightarrow$$

$$G_z^{II} = \frac{Q_{II}}{c(\tau_1 - \tau_5)} \rightarrow$$

$$G_z^I = G_z^{II} + G_{om} \rightarrow$$

$$\tau_k = \tau_2 - \frac{Q_I}{cG_z^I} \rightarrow$$

$$f'_{mp}, (f'_{mp})^I, (f'_{mp})^{II} \rightarrow$$

ТИП ТЕПЛООБМЕННИКА (т.е. $d_{mp}, d_{экв}, f_{mp}, f_{mmp}, F_{сек}$) \rightarrow

расчет I ступени $t^{cp}, \tau^{cp}, V_{mp}, V_{mn}, \alpha_{mp}, \alpha_{mmp}, K$
 расчет II ступени $\Delta t_{cp}^I, F, n$

Пример

Исходные данные:

$$t_2 = 65^{\circ}C; t_x = 5^{\circ}C, Q_{z6}^{max} = 2,3 MВт, G_x^{max} = 32960,7 \text{ кг/ч}; \tau_1 = 70^{\circ}C; \tau_{2ид} = 42,5^{\circ}C;$$

$$G_{om} = 39558 \text{ кг/ч}.$$

Расчет:

$$\tau_5 = \tau_{2om} = 42^{\circ}C;$$

$$t_n = 42,5 - 5 = 37,5^{\circ}C$$

$$Q_I = G_x^{max} c(t_n - t_x) = 32960,7 \cdot 1,163(37,5 - 5) = 1226665,4 \text{ Вт}$$

$$G_z^{II} = \frac{Q_{II}}{c(\tau_1 - \tau_{2om})} = \frac{1073334,6}{1,163(70 - 42,5)} = 32960,8 \text{ кг/ч};$$

$$G_z^I = G_z^{II} + G_{om} = 32960,8 + 39558 = 72518,8 \text{ кг/ч};$$

$$\tau_k = \tau_{2om} - \frac{Q_I}{c \cdot G_z^I} = 42,5 - \frac{1226665,4}{1,163 \cdot 72518,8} = 27,5^{\circ}C.$$

В теплообменниках ГВ в трубках проходит нагреваемая вода, в межтрубном пространстве – греющая, поэтому

$$f'_{mp} = \frac{G_z^{II}}{v \cdot \rho} = \frac{32960,7}{1,975 \cdot 3600} = 0,0094 \text{ м}^2;$$

$$(f'_{мп})^I = \frac{G_z^I}{v \cdot \rho} = \frac{72518,8}{1,975 \cdot 3600} = 0,0207 \text{ м}^2;$$

$$(f'_{мп})^{II} = \frac{G_z^{II}}{v \cdot \rho} = \frac{32960,8}{1,975 \cdot 3600} = 0,0094 \text{ м}^2.$$

По ГОСТ 27590-88 выбираем тип подогревателя:

ПВ 219 х 4 – 1,0 – РП – или – УЗ с профилированными трубками

$$d_{mp} = 0,014 \text{ м}; d_{экв} = 0,0258 \text{ м}; f_{mp} = 0,00985 \text{ м}^2; f_{мп} = 0,02079 \text{ м}^2; F_{сек} = 11,51 \text{ м}^2;$$

(число секций определено ниже);

$$V_{mp} = \frac{G_z^{II}}{f_{mp} \cdot \rho} = \frac{32960,7}{0,00985 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,953 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{мп}^I = \frac{G_z^I}{f_{мп} \cdot \rho} = \frac{72518,8}{0,02079 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,998 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{мп}^{II} = \frac{G_z^{II}}{f_{мп} \cdot \rho} = \frac{32960,8}{0,02079 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,4356 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчет I ступени:

$$t_{cp} = \frac{t_n + t_x}{2} = \frac{37 + 5}{2} = 21^\circ \text{C}$$

$$\tau_{cp} = \frac{\tau_{2om} + \tau_{к}}{2} = \frac{42,5 + 27,5}{2} = 34,75^\circ \text{C}$$

$$\alpha_{mp} = (1630 + 21t_{cp} - 0,041t_{cp}^2) \cdot \frac{V_{mp}^{0,8}}{d_{mp}^{0,2}} = (1630 + 21 \cdot 21 - 0,041 \cdot 21^2) \frac{0,953^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 3968,4 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})}$$

$$\alpha_{мп} = \Phi(\tau_{cp}) \frac{V_{мп}^I}{d_{экв}} = 2750 \cdot \frac{0,998^{0,75}}{0,0258^{0,25}} = 6854 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})}$$

$$K = \frac{0,85}{\frac{1}{\alpha_{mp}} + \frac{1}{\alpha_{мп}}} = \frac{0,85}{\frac{1}{3968,4} + \frac{1}{6854}} = 2141,1 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{м}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{м}}} = \frac{22,5 - 5}{\ln \frac{22,5}{5}} = 11,6^\circ \text{C};$$

$$F^I = \frac{Q_I}{K\Delta t_{cp}^I} = \frac{1226665,4}{2141,1 \cdot 11,6} = 49,4 \text{ м}^2$$

$$n_{сек}^I = \frac{F^I}{F_{сек}} = \frac{49,4}{11,51} = 4,29$$

Принимаем к установке $n_{сек}^I = 5$ шт

Расчет II ступени:

$$t_{cp} = \frac{t_2 + t_{np}}{2} = \frac{65 + 37,5}{2} = 51,25 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\tau_{cp} = \frac{\tau_I + \tau_{2om}}{2} = \frac{70 + 42,5}{2} = 56,25 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\alpha_{mp} = (1630 + 21t_{cp} - 0,041t_{cp}^2) \frac{V_{mp}^{0,8}}{d_{mp}^{0,2}} = (1630 + 21 \cdot 51,25 - 0,041 \cdot 51,25^2) \cdot \frac{0,953^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 5863,34 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2, ^\circ\text{C})}$$

$$\alpha_{мп} = \Phi(\tau_{cp}) \frac{V_{мп}^{II}}{d_{экв}} = 3135 \cdot \frac{0,4536^{0,75}}{0,0258^{0,25}} = 4334,1 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2, ^\circ\text{C})};$$

$$K = \frac{0,85}{\frac{1}{\alpha_{mp}} + \frac{1}{\alpha_{мп}}} = \frac{0,85}{\frac{1}{5863,34} + \frac{1}{4334,1}} = 2125 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2, ^\circ\text{C})};$$

$$\Delta t_{cp}^I = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}} = 5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$F^{II} = \frac{Q_{II}}{K\Delta t_{cp}^I} = \frac{1073334,6}{2125 \cdot 5} \text{ м}^2;$$

$$n_{сек}^{II} = \frac{Q_{II}}{F_{сек}} = \frac{101}{11,51} = 8,7$$

Принимаем к установке $n_{сек}^{II} = 9$ шт.

Расчет двухступенчатой смешанной схемы

при переменных режимах работы

1) Известные исходные данные

-тип теплообменника и поверхности F^I и F^{II} ;

-параметры нагреваемой среды и тепловая нагрузка: $t_x, t_2, G_x, Q_{26} = G_x c(t_2 - t_x)$;

-температура греющей воды τ_1 (из температурного графика);

- расход воды на отопление и температура ее на выходе при τ_1 :

$$G_{om} \text{ и } \tau_{2om}, \text{ т.е. } Q_{om} = G_{om} c (\tau_1 - \tau_{2om}).$$

Необходимо определить: $\tau_5, G_{II}, \tau_k, Q_I, Q_{II}$.

2) Блок-схема расчета при использовании итерационного метода.

Задаемся:

$$\tau_k \rightarrow W_{mc} = \frac{Q_{om} + Q_{зв}}{\tau_1 + \tau_k} \rightarrow$$

$$W_{II} = W_{mc} - W_{om} \rightarrow$$

задаемся $\delta = 5 \div 20^0C \rightarrow$

$$\tau_2 = \frac{W_{mc} \tau_k - W_x (t_x + \delta)}{W_{mc} - W_x} \rightarrow$$

$$Q_I = W_{mc} (\tau_2 - \tau_k) \rightarrow$$

$$Q_{II} = Q_{зв} - Q_I \rightarrow$$

$$\tau_5 = \tau_1 - \frac{Q_{II}}{W_{II}} \rightarrow$$

$$\tau_2^{cm} = \frac{W_{om} \cdot \tau_{2om} + W_{II} \cdot \tau_5}{W_{mc}} \rightarrow \frac{(\tau_2 - \tau_2^{cm})}{\tau_2} \leq \varepsilon,$$

если нет, то задаемся новым значением δ и расчет повторяем, если да, то

$$\rightarrow t_n = \tau_2 - \delta \rightarrow \text{расчет I ступени: } t^{cp}, \tau^{cp}, V_{mp}, V_{mmp}, \alpha_{mp}, \alpha_{mmp}, K, \Delta t_{cp}^n, \frac{F'}{F} \rightarrow \leq \varepsilon,$$

если нет, то задаемся новым значением τ_k и повторяем расчет; если да, то расчет закончен.

Пример расчета

В тепловой пункт, рассчитанный в примере задания №4, поступает греющая вода с $\tau_1 = 150^0C$, при этом $\tau_{2om} = 70^0C$ и $W_{om} = 46006 \frac{Bm}{^0C}$.

Определить параметры в схеме при той же тепловой нагрузке горячего водоснабжения и параметрах нагреваемой среды:

$$Q_{om} = W_{om} (\tau_1 - \tau_{2om}) = 46006 (150 - 70) = 3,68 \cdot 10^6 \text{ Bm};$$

$$W_z = G_{z\theta}^{Макс} c = 32960,7 \cdot 1,163 = 38333,3 \frac{Bm}{^{\circ}C}$$

Задаемся $\tau_k = 31^{\circ}C$.

$$W_{mc} = \frac{(Q_{om} + Q_{z\theta}^{Макс}) \cdot 10^6}{\tau_1 - \tau_k} = \frac{(3,68 + 2,3) \cdot 10^6}{150 - 31} = 50252 \frac{Bm}{^{\circ}C};$$

$$W_{II} = W_{mc} - W_{om} = 50252 - 46006 = 4246 \frac{Bm}{^{\circ}C};$$

Задаемся $t_z = 14^{\circ}C$.

$$\tau_2 = \frac{W_{mc}c - W_z(t_x + t_z)}{W_{mc} - W_z} = \frac{50252 \cdot 31 - 38333,3(5 + 14)}{50252 - 38333,3} = 69,6^{\circ}C;$$

$$Q_I = W_{mc}(\tau_2 - \tau_k) = 50252(69,6 - 31) = 1,9395 \cdot 10^6 Bm;$$

$$Q_{II} = (Q_{z\theta}^{Макс} - Q_I) \cdot 10^6 Bm = (2,3 - 1,9395) \cdot 10^6 = 0,3605 \cdot 10^6 Bm;$$

$$\tau_5 = \tau_1 - \frac{Q_{II}}{W_{II}} = 150 - \frac{0,3605 \cdot 10^6}{4246} = 65,1^{\circ}C;$$

$$\tau_2^{CM} = \frac{W_{om}\tau_{2om} + W_{II}\tau_5}{W_{mc}} = \frac{46006 \cdot 70 + 4246 \cdot 65,1}{50252} = 69,59^{\circ}C$$

Так как $\frac{69,6 - 69,59}{69,6} = 0,0001$ (т.е. меньше 0,05), то уточнять значение δ не надо.

$$t_n = \tau_2^{CM} - t_z = 69,6 - 14 = 55,6^{\circ}C$$

Расчет I ступени:

$$t_{cp} = \frac{t_x + t_n}{2} = \frac{5 + 55,6}{2} = 30,3^{\circ}C;$$

$$\tau_{cp} = \frac{\tau_2^{CM} + \tau_k}{2} = \frac{69,6 + 31}{2} = 50,3^{\circ}C;$$

$$V_{mp} = \frac{G_{z\theta}^{Макс}}{f_{mp}\rho} = \frac{32960,7}{0,00985 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,953 м/с;$$

$$V_{Mmp} = \frac{G_{mc}}{f_{Mmp}\rho} = \frac{43209}{0,02079 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,592 м/с м/с;$$

$$G_{mc} = \frac{W_{mc}}{c} = \frac{50252}{1,163} = 43209 \frac{к\kappa}{ч}$$

$$\alpha_{mp} = (1630 + 21 \cdot t_{cp} - 0,041 \cdot t_{cp}^2) \frac{V_{mp}^{0,8}}{d_{mp}^{0,2}} = (1630 + 21 \cdot 30,3 - 0,041 \cdot 30,3^2) \cdot \frac{0,953^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 5242,9 \frac{Bm}{(M^2, ^\circ C)}$$

$$\alpha_{mmp} = \Phi(\tau_{cp}) \frac{V_{mmp}^{0,75}}{d_{экс}^{0,25}} = 2959,6 \cdot \frac{0,592^{0,75}}{0,0258^{0,25}} = 5602,7 \frac{Bm}{(M^2, ^\circ C)}$$

$$K = \frac{0,85}{\frac{1}{\alpha_{mp}} + \frac{1}{\alpha_{mmp}}} = \frac{0,85}{\frac{1}{5242,9} + \frac{1}{5602,7}} = 2298,5 \frac{Bm}{(M^2, ^\circ C)}$$

$$\Delta t_{cp}^{\prime} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{M}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{M}}} = \frac{26 - 14}{\ln \frac{26}{14}} = 19,4^{\circ} C ;$$

$$F_i^{\prime} = \frac{Q_I}{K \Delta t_{cp}^{\prime}} = \frac{1,9395 \cdot 10^6}{2298,5 \cdot 19,4} = 43,5 M^2$$

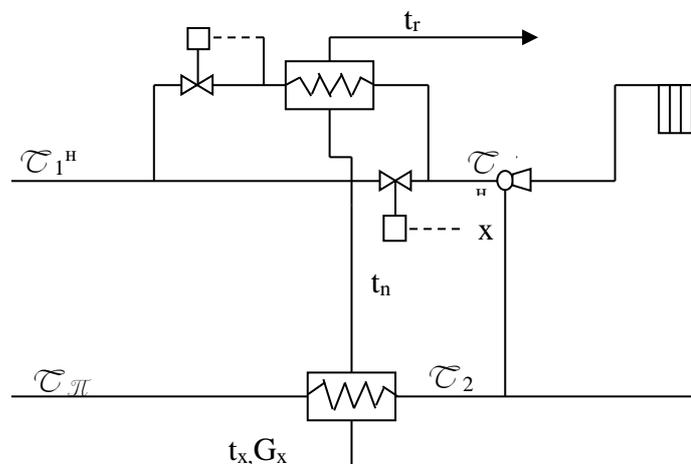
Так как $\frac{44,6 - 43,5}{44,6} = 0,024$ (т.е. меньше 0,05), то уточнять значение τ_k не надо.

Расчет II ступени не проводим, так как $Q_{II} < Q_{II}^p$

$Q_{II} = 0,3605 \cdot 106 Bm$, а $Q_{II}^p = 1,073 \cdot 106 Bm$.

Задание №6

РАСЧЕТ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ



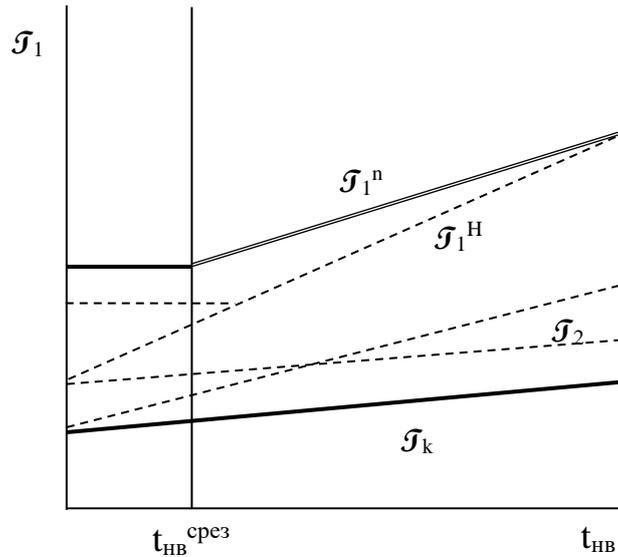


Рис. 10 Схема регулирования отпуска теплоты по повышенному температурному графику

Схема применяется при регулировании отпуска теплоты по повышенному температурному графику, обеспечивающему покрытие нагрузок $Q_{зв}^{\delta}$ и $Q_{от}$ при постоянном расходе воды в теплосети $G_{мс} = G_{от}^p$ (поддерживается регулятором РР, установленным на перемычке II ступени теплообменника горячего водоснабжения).

Выбор поверхности теплообменника

В качестве расчетного режима для выбора поверхности теплообменника необходимо принимать минимальные температуры греющей среды, которые имеют место при $t_{нв}^{спез}$. При этом I ступень (по ходу нагреваемой среды) может быть определена при $Q_{зв}^{cp}$, а II ступень – при $Q_{зв}^{макс}$.

Исходные данные

-температуры нагреваемой среды, средняя и максимальная нагрузки горячего водоснабжения:

$$t_2, t_x, Q_{зв}^{cp}, Q_{зв}^{макс}$$

-температуры греющей среды $\tau_1^n, \tau_1^p, \tau_2, \tau_k$ при $t_{нв}^{спез}$ и расход воды на отопление $G_{от}$.

2) Блок-схема расчета

$G_{z6}^{макс} \rightarrow f'_{mp}, f'_{mmp} \rightarrow$ тип теплообменников (т.е. $d_{mp}, d_{mmp}, f_{mp}, f_{mmp}, F_{сек}$) \rightarrow

расчет I ступени (при Q_{z6}^{cp}):

$t_n = \tau_2 - 5 \rightarrow G_{z6}^{cp} \rightarrow Q_I^{cp} \rightarrow t^{cp}, \tau^{cp} \rightarrow V_{mp}, V_{mmp} \rightarrow \alpha_{mp}, \alpha_{mmp} \rightarrow K \rightarrow \Delta t_{cp}^n \rightarrow F_I \rightarrow n_{сек}^I \rightarrow$

расчет II ступени (при $Q_{z6}^{макс}$):

задаемся $\tau_k \rightarrow \sum Q \rightarrow Q_{om}, Q_{om}^H \rightarrow \bar{Q} \rightarrow \tau_1, \tau_2, t_n, \tau_k' \rightarrow \frac{|\tau_k - \tau_k'|}{\tau_k} \leq \varepsilon,$

если нет, то задаемся новым значением τ_k ; если да, то переходим к расчету

II ступени

$Q_{z6}^{II} \rightarrow t^{cp}, \tau^{cp} \rightarrow V_{mp}, V_{mmp} \rightarrow \alpha_{mp}, \alpha_{mmp} \rightarrow K \rightarrow \Delta t_{cp}^n \rightarrow F_{сек} \rightarrow n_{сек}^{II}$

Пример

Исходные данные:

$$t_2 = 65^0 C; t_x = 5^0 C; Q_{z6}^{cp} = 1 \text{ МВт}; Q_{z6}^{макс} = 2,3 \text{ МВт}; \tau_1^n = 80,25^0 C; \tau_1^p = 70^0 C; \tau_2 = 42,5^0 C; \tau_k = 28,75^0 C; \\ G_{om} = 39588,7 \text{ кг/ч}$$

Расчет:

$$G_{z6}^{макс} = \frac{Q_{z6}^{макс}}{c(t_2 - t_x)} = \frac{2,3 \cdot 10^6}{1,163(65 - 5)} = 32960,7 \text{ кг/ч};$$

$$f'_{mp} = \frac{G_{z6}^{макс}}{V \cdot \rho} = \frac{32960,7}{1 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,0094 \text{ м}^2;$$

$$f'_{mmp} = \frac{G_{om}}{V \cdot \rho} = \frac{39588,7}{1 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,01128 \text{ м}^2.$$

По ГОСТ 27590-88 выбираем подогреватель с гладкими трубками

тип ПВ 219 х 4 – 1,0 – РП -псек- УЗ с параметрами

$$d_{mp} = 0,014 \text{ м}; d_{экв} = 0,0258 \text{ м}; f_{mp} = 0,00985 \text{ м}^2; f_{mmp} = 0,2079 \text{ м}^2; F_{сек} = 11,51 \text{ м}^2$$

(число секций определено ниже).

Расчет I ступени

$$t_n = 42,5 - 5 = 37,5^0 C;$$

$$G_{z6}^{cp} = \frac{Q_{z6}^{cp}}{c(t_2 - t_x)} = \frac{1 \cdot 10^6}{1,163 \cdot (65 - 5)} = 14330,8 \text{ кг/ч};$$

$$Q_I^{cp} = G_{zg}^{cp} c(t_n - t_x) = 14330,8 \cdot 1,163 \cdot (37,5 - 5) = 533335 \text{ Bm};$$

$$t^{cp} = \frac{t_x + t_n}{2} = \frac{5 + 37,5}{2} = 21,3^{\circ}C;$$

$$\tau^{cp} = \frac{\tau_2 + \tau_k}{2} = \frac{42,5 + 28,75}{2} = 35,6^{\circ}C;$$

$$V_{mp} = \frac{G_{zg}^{cp}}{f_{mp} \cdot \rho} = \frac{14330,8}{0,00985 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,4145 \text{ м/с};$$

$$V_{мпм} = \frac{G_{om}}{f_{мпм} \cdot \rho} = \frac{39588,7}{0,02079 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,5425 \text{ м/с};$$

$$\alpha_{mp} = (1630 + 21 \cdot t_{cp} - 0,041 t_{cp}^2) \cdot \frac{V_{mp}^{0,8}}{d_{mp}^{0,2}} = (1630 + 21 \cdot 21,3 - 0,041 \cdot 21,3^2) \cdot \frac{0,4145^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 2381,4 \frac{\text{Bm}}{(\text{м}^2, ^{\circ}C)}$$

$$\alpha_{мпм} = \Phi(\tau_{cp}) \cdot \frac{V_{мпм}^{0,78}}{d_{жсг}^{0,22}} = 3796,5 \cdot \frac{0,5425^{0,78}}{0,0258^{0,22}} = 5274,3 \frac{\text{Bm}}{(\text{м}^2, ^{\circ}C)}$$

$$K = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_{mp}} + \frac{1}{\alpha_{мпм}}} = \frac{0,85}{\frac{1}{2381,4} + \frac{1}{5274,3}} = 1393,4 \frac{\text{Bm}}{(\text{м}^2, ^{\circ}C)}$$

$$\Delta t_{cp}^n = \frac{\delta t_{\delta} - \delta t_{м}}{\ln \cdot \frac{\delta t_{\delta}}{\delta t_{м}}} = \frac{23,7 - 5}{\ln \frac{23,7}{5}} = 12^{\circ}C;$$

$$F_I = \frac{Q_I^{cp}}{K \cdot \Delta t_{cp}^n} = \frac{533335}{1393,4 \cdot 12} = 31,9 \text{ м}^2;$$

$$n_{сек}^I = \frac{F_I}{F_{сек}} = \frac{31,9}{11,51} = 2,77, \text{ принимаем } n_{сек}^I \text{ 3 шт.}$$

Расчет II ступени

Задаемся $\tau_k = 16,5^{\circ}C$.

$$\sum Q = G_{om} \cdot c \cdot (\tau_1^n - \tau_k) = 39588,7 \cdot 1,163(80,25 - 16,5) = 2,93 \cdot 10^6 \text{ Bm};$$

$$Q_{om} = \sum Q - Q_{zg}^{макс} = (2,93 - 2,3) \cdot 106 = 0,63 \cdot 10^6 \text{ Bm};$$

$$Q_{om}^n = G_{om} \cdot c \cdot (\tau_1^n - \tau_k) = 39588,7 \cdot 1,163 \cdot (70 - 42,5) = 1,289 \cdot 10^6 \text{ Bm};$$

$$\bar{Q} = \frac{Q_{om}}{Q_{om}^n} = \frac{0,63}{1,289} = 0,4887;$$

$$\tau_1 = t_{en} + (\tau_1^n - t_{en}) \cdot \bar{Q} = 18 + (70 - 18) \cdot 0,4887 = 43,4^{\circ}C;$$

$$\tau_2 = t_{\text{вн}} + (\tau_2 - t_{\text{вн}}) \cdot \bar{Q} = 18 + (42,5 - 18) \cdot 0,4887 = 30^0 \text{C};$$

$$t_n = t_2 - (\tau_1^n - \tau_1) \cdot \frac{G_{\text{ом}}}{G_{\text{зб}}^{\text{макс}}} = 65 - (80,25 - 43,4) \cdot \frac{39588,7}{32960,7} = 20,78^0 \text{C};$$

$$\tau'_\kappa = \tau_2 - (t_n - t_x) \cdot \frac{G_{\text{зб}}^{\text{макс}}}{Q_{\text{ом}}} = 30 - (20,78 - 5) \cdot \frac{32960,7}{39588,7} = 16,86^0 \text{C};$$

так, как $\frac{|\tau_\kappa - \tau'_\kappa|}{\tau_\kappa} = 0,003$ (т.е. меньше 5%), принимаем $\tau_\kappa = 16,5^0 \text{C}$.

$$Q_{\text{зб}}^{\text{II}} = G_{\text{зб}}^{\text{макс}} \cdot c(t_2 - t_n) = 32960,7 \cdot 1,163 \cdot (65 - 20,78) = 1,695 \cdot 10^6 \text{Bm};$$

$$t^{\text{cp}} = \frac{t_n + t_2}{2} = \frac{20,78 + 65}{2} = 42,89^0 \text{C};$$

$$\tau^{\text{cp}} = \frac{\tau_1^n + \tau_1}{2} = \frac{80,25 + 43,4}{2} = 61,8^0 \text{C}.$$

$$V_{\text{mp}} = \frac{G_{\text{зб}}^{\text{макс}}}{f_{\text{mp}} \cdot \rho} = \frac{32960,7}{0,00985 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,953 \text{м/с};$$

$$V_{\text{мпр}} = \frac{G_{\text{ом}}}{f_{\text{мпр}} \cdot \rho} = \frac{39588,7}{0,02079 \cdot 975 \cdot 3600} = 0,5425 \text{м/с};$$

$$\alpha_{\text{mp}} = (1630 + 21 \cdot t_{\text{cp}} - 0,041 \cdot t_{\text{cp}}^2) \frac{V_{\text{mp}}^{0,8}}{d_{\text{mp}}^{0,2}} = (1630 + 21 \cdot 42,89 - 0,041 \cdot 42,89^2) \frac{0,953^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 5544,6 \frac{\text{Bm}}{\text{м}^2 \cdot ^0 \text{C}}$$

$$\alpha_{\text{мпр}} = \Phi(\tau_{\text{cp}}) \cdot \frac{V_{\text{мпр}}^{0,78}}{d_{\text{эке}}^{0,22}} = 4484 \cdot \frac{0,5425^{0,78}}{0,0258^{0,22}} = 6217 \frac{\text{Bm}}{\text{м}^2 \cdot ^0 \text{C}};$$

$$K = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_{\text{mp}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{мпр}}}} = \frac{0,85}{\frac{1}{5544,6} + \frac{1}{6217}} = 2500 \frac{\text{Bm}}{\text{м}^2 \cdot ^0 \text{C}};$$

$$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{л}} = \frac{\delta t_{\text{б}} - \delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\delta t_{\text{б}}}{\delta t_{\text{м}}}} = \frac{22,7 - 15,2}{\ln \frac{22,7}{15,2}} = 18,75^0 \text{C};$$

$$F_{\text{II}} = \frac{Q_{\text{зб}}^{\text{II}}}{K \cdot \Delta t_{\text{cp}}^{\text{л}}} = \frac{1695000}{2500 \cdot 18,75} = 36,16 \text{ м}^2;$$

$$n_{\text{сек}}^{\text{II}} = \frac{F_{\text{II}}}{F_{\text{сек}}} = \frac{36,16}{11,51} = 3,14; \text{ принимаем } n_{\text{сек}}^{\text{II}} = 3 \text{шт.}$$

Расчет двухступенчатой последовательной схемы
при переменных режимах работы

Известные исходные данные.

-тип теплообменника и поверхности F_I и F_{II} ;

-температуры нагреваемой среды и нагрузка горячего водоснабжения:

$t_2, t_x, Q_{зв}$;

-температуры греющей среды $\tau_1^n, \tau_1^h, \tau_2^h$ и расход воды на отопление G_{om} ;

Необходимо определить: $\tau_1, \tau_2, \tau_k, t_n, Q_{om}, Q_{зв}^I, Q_{зв}^{II}$.

2) Блок-схема расчета и основные зависимости

Задаемся:

$$\tau_k \rightarrow \Sigma \rightarrow Q = G_{om} \cdot c \cdot (\tau_1^n - \tau_k) \rightarrow Q_{om} = \Sigma Q - Q_{зв} \rightarrow Q_{om}^h = G_{om} \cdot c \cdot (\tau_1^h - \tau_2^h) \rightarrow \\ \rightarrow \bar{Q} = \frac{Q_{om}}{Q_{om}^h} \rightarrow \tau_1, \tau_2, t_n, \tau_k'$$

(см. пример задания №5) $\rightarrow \frac{|\tau_k - \tau_k'|}{\tau_k} \leq \varepsilon$, если нет, то задаемся новым

значением τ_k ; если да, то $\rightarrow Q_{зв}^I = G_{om} \cdot c \cdot (\tau_2 - \tau_k) \rightarrow Q_{зв}^{II} = Q_{зв} - Q_{зв}^I$.

Пример расчета аналогичен приведенному в задания № 5.

Задание №7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА СЕТЕВОЙ ВОДЫ, ПРОХОДЯЩЕЙ ЧЕРЕЗ
КАЛОРИФЕРЫ ВЕНТИЛЯЦИИ.

Расходы сетевой воды и температура ее на выходе из калориферов при различных вентиляционных нагрузках и температурах воды в подающей магистрали теплосети (в соответствии с применяемым графиком регулирования отпуска теплоты) могут быть определены следующим образом.

Расчетный (максимальный) расход сетевой воды через калориферы находится по формуле:

$$G_s^p = \frac{Q_s^p}{c(\tau_{1s}^p + \tau_{2s}^p)},$$

где Q_{ϵ}^p - расчетный (максимальный) расход теплоты на вентиляцию;

c - теплоемкость воды;

$\tau_{1\epsilon}^p$ - температура сетевой воды в подающем трубопроводе при расчетной для вентиляции температуре наружного воздуха;

$\tau_{2\epsilon}^p$ - температура сетевой воды на выходе из калорифера, определяемая, в общем случае, на основании технико-экономических расчетов.

В целях упрощения расчета, значение $\tau_{2\epsilon}^p$ принимается обычно равной температуре обратной воды из систем отопления при расчетной для вентиляции температуре наружного воздуха.

При переменных режимах работы относительная вентиляционная нагрузка может быть представлена уравнением:

$$\bar{Q}_{\epsilon} = \frac{Q_{\epsilon}}{Q_{\epsilon}^p} = \frac{K \cdot \Delta t_{cp}}{K^p \cdot \Delta t_{cp}^p} \quad (1)$$

В вентиляционной технике используется среднеарифметическая разность температур теплоносителей для Δt_{cp} , а значение коэффициента теплопередачи в калориферах находится по выражению:

$$K = a \cdot V_{\text{воды}}^n (V_{\text{возд}} \cdot \rho_{\text{возд}})^m = b \cdot G_{\text{воды}}^n \cdot G_{\text{возд}}^m,$$

где a и b - постоянные величины;

$V_{\text{воды}}$ и $G_{\text{воды}}$ - скорость воды и ее расход в трубках калорифера;

$V_{\text{возд}} \cdot \rho_{\text{возд}}$ и $G_{\text{возд}}$ - весовая скорость воздуха и его расход в живом сечении калорифера;

n и m - показатели степени, характеризующие особенности калориферов:

$$n = 0,1 - 0,2 \quad \text{и} \quad m = 0,3 - 0,5$$

Итерационный метод.

Так как расходы воздуха через калориферы обычно остаются постоянными на всем диапазоне нагрузок (определяются санитарными нормами), то выражение (1) при отмеченных условиях и средних величинах $n = 0,15$ имеет вид:

$$\bar{Q}_s^{0,85} = \left(\frac{\tau_{1s}^p + \tau_{2s}^p}{\tau_1 + \tau_{2s}} \right)^{0,15} \cdot \frac{(\tau_1 + \tau_{2s}) - (t_{np.s} + t_{нс})}{(\tau_{1s}^p + \tau_{2s}^p) - (t_{np.s} + t_{нс}^p)},$$

где τ_1 - текущее значение температуры воды в подающей теплосети при температуре наружного воздуха $t_{нс}$;

τ_{2s} - текущее значение температуры сетевой воды на выходе калорифера

$t_{np.s}$ - температура приточного воздуха на вентиляцию;

$t_{нс}$ - текущее значение температуры наружного воздуха;

Из приведенного уравнения, методом подбора или графически, определяется значение τ_{2s} при различных вентиляционных нагрузках.

Расходы сетевой воды при этом составляют:

$$G_s = \frac{Q_s}{c(\tau_1 - \tau_{2s})},$$

где $Q_s = \bar{Q}_s \cdot Q_s^p$ - текущее значение вентиляционных нагрузок при температуре наружного воздуха $t_{нс}$.

Пример

Определить расход сетевой воды через калориферы и температуру ее на выходе при наружной температуре $t_{нс} = +0,4^\circ C$, температуре приточного воздуха $t_{np.s} = +18^\circ C$ и температуре воды в подающем трубопроводе теплосети $\tau_1 = 70^\circ C$.

Расчетная вентиляционная нагрузка при $t_{нс}^p = -26^\circ C$ составляет $Q_s^p = 1 \text{ MBm}$, а расчетные температуры сетевой воды $\tau_1^p = 150^\circ C, \tau_2^p = 70^\circ C$.

Расчетный расход воды на вентиляцию

$$G_s = \frac{Q_s^p}{c(\tau_1^p - \tau_{2s}^p)} = \frac{1 \cdot 10^6}{4190(150 - 70)} = 2,98 \text{ кг/с};$$

Относительная вентиляционная нагрузка при $t_{нс} = +0,4^\circ C$

$$\bar{Q}_6 = \frac{Q_6}{Q_6^p} = \frac{W_{\text{возд}} \cdot (t_{\text{нр.в}} - t_{\text{нв}})}{W_{\text{возд}}^p \cdot (t_{\text{нр.в}} - t_{\text{нв}}^p)} = \frac{18 - 0,4}{18 - (-26)} = 0,4 ;$$

Задаемся $\tau_{26} = 25^\circ \text{C}$ и находим

$$0,4^{0,85} = \left(\frac{150 - 70}{70 - 25} \right)^{0,15} \cdot \frac{(70 + 25) - (18 - 0,4)}{(150 - 70) - [18 - (-26)]} ;$$

$$0,459 = 0,479$$

Так как $0,45 \ll 0,479$, то уменьшаем до $\tau_{26} = 22,5^\circ \text{C}$

$$0,4^{0,85} = \left(\frac{150 - 70}{70 - 22,5} \right)^{0,15} \cdot \frac{(70 + 25) - (18 - 0,4)}{(150 - 70) - [18 - (-26)]} ;$$

$0,459 = 0,46$. Ошибка составляет 2,2%, следовательно, можно оставить

$$\tau_{26} = 22,5^\circ \text{C}$$

Расход сетевой воды через calorifеры при $t_{\text{нв}} = +0,4^\circ \text{C}$

$$G_6 = \frac{\bar{Q}_6 Q_6^p}{c(\tau_1 - \tau_{26})} = \frac{0,4 \cdot 1 \cdot 10^6}{4190(70 - 22,5)} = 2,01 \text{ кг/с}$$

Метод безразмерных комплексов.

По расчетным параметрам определяем:

$$\theta_x^p = \frac{\tau_1^p - \tau_{26}^p}{t_{\text{нр.в}} - t_{\text{нв}}^p} = \frac{150 - 70}{18 - (-26)} = 1,8 ;$$

$$\omega_x^p = \frac{t_{\text{нр.в}} - t_{\text{нв}}^p}{\Delta t_{\text{cp}}^p} = \frac{18 - (-26)}{114} = 0,386 ;$$

$$\Delta t_{\text{cp}}^p = 0,5[(150 + 70) - (18 - 26)] = 114^\circ \text{C} ;$$

$$A_x = \frac{W^{1-n-m}}{0,5 \omega_x^p (\theta_x^p)^n} = \frac{1}{0,5 \cdot 0,386 \cdot (1,8)^{0,15}} = 4,75 .$$

Параметр calorифера A_x остается неизменным на всех режимах.

Здесь $\bar{W}_x = \frac{G_{\text{возд}} \cdot c}{G_{\text{возд}}^p \cdot c} = 1$, так как расход приточного воздуха – величина

постоянная в течение отопительного периода.

На любом текущем режиме определяем:

эффективность калорифера

$$\varepsilon_x = \frac{t_{np.g} - t_{ng}}{\tau_1 - t_{ng}}$$

относительный расход нагреваемой среды θ_x из уравнения (методом подбора)

$$\theta_x + A_k \cdot \theta_x^n - \left(\frac{2}{\varepsilon_x} - 1 \right) = 0$$

расходы греющей среды

$$\bar{W}_g = \frac{\theta_x^p}{\theta_x};$$

$$G_g = \bar{W}_g \cdot G_g^p$$

температуру воды на выходе из калорифера

$$\tau_{2g} = \tau_1 - \theta_x (t_{np.g} - t_{ng})$$

которая должна быть $\tau_{2g} \geq 5^\circ C$.

Расчет при $t_{ng} = +0,4^\circ C$ и $\tau_1 = 70^\circ C$;

$$\varepsilon_x = \frac{18 - 0,4}{70 - 0,4} = 0,253$$

$$\theta_x = 2,67$$

$$\bar{W}_g = \frac{1,8}{2,67} = 0,674$$

$$G_g = 0,674 \cdot 2,98 = 2,01 \text{ кг/с}$$

$$\tau_{2g} = 70 - 2,67(18 - 0,4) = 23^\circ C$$