

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплине

«Централизованное теплоснабжение»
для студентов специальности

08.03.01 «Теплогазоснабжение и вентиляция»

ПЗ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ И ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

1.1 Теоретическая часть

Общий расчетный расход тепловой энергии (тепловая нагрузка) на коммунально-бытовые нужды определяется как сумма максимальных тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, а также вентиляцию общественных зданий по формуле:

$$Q_p = K \cdot (Q_o^{\text{жс}} + Q_v^{\text{общ}} + Q_o^{\text{общ}} + Q_{\text{з.в.}}^{\text{общ}} + Q_{\text{з.в.}}^{\text{жс}}), \text{ кВт}, \quad (1.1)$$

где K – коэффициент, учитывающий потери тепла в тепловых сетях, принимаемый по данным [5] в пределах $1,05 \div 1,10$;

$Q_o^{\text{жс}}; Q_{\text{з.в.}}^{\text{жс}}$ – максимальные тепловые нагрузки на отопление и горячее водоснабжение жилых зданий;

$Q_o^{\text{общ}}; Q_v^{\text{общ}}; Q_{\text{з.в.}}^{\text{общ}}$ – максимальные тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение общественных зданий.

1.1.1 Максимальная тепловая нагрузка на отопление

Расход тепла на отопление равен величине тепловых потерь зданий и сооружений через наружные ограждения. Тепловые потери определяются при расчетной температуре наружного воздуха, которая по данным [8] для заданного города строительства, как средняя наиболее холодной пятидневки.

Тепловые потери конкретных зданий определяются расчетом теплопередачи через наружные ограждения. Для приближенных расчетов тепловые потери могут определяться по укрупненно-нормативному методу на основании строительного объема данного здания (V_i) из формулы:

$$Q_{oi} = (1 + \mu) \cdot q_{oi} \cdot a \cdot V_i \cdot (T_{\epsilon}^p - T_{н.о}^p), \text{ кВт}, \quad (1.2)$$

где μ – коэффициент инфильтрации, учитывающий расход тепла на подогрев воздуха, поступающего в здание путем инфильтрации через неплотности в ограждениях, определяемый по формуле:

$$\mu = 0,01 \cdot \sqrt{20 \cdot H \cdot \left(1 - \frac{T_{н.о}^p}{T_{\epsilon}^p}\right) + w_{\epsilon}^2}, \quad (1.3)$$

где H – свободная высота здания (высота этажа), принимаемая:

- для жилых зданий $H = 2,6 \div 3,0$ м;
- для общественных $H = 3,5 \div 4,2$ м;

w_{ϵ} – скорость ветра, м/с, по данным [8];

Q_{oi} – удельная отопительная характеристика данного здания при расчетной температуре наружного воздуха $t_{н.о}^p = -30$ °С по данным [1,2];

a – поправочный коэффициент, учитывающий действительное значение расчетной температуры наружного воздуха, принимаемый по данным [1,2,3];

$t_{н.о}^p$ – расчетная температура наружного воздуха для отопления в заданном городе строительства, °С по данным [8];

t_{ϵ}^p – расчетная температура внутреннего воздуха в жилых и общественных зданиях, определяемая по справочным или литературным данным [1,2,3] в зависимости от типа здания, °С.

Для данного укрупненного расчета можно принять $t_{\epsilon}^p = +18$ °С;

$T_{н.о}^p$; T_{ϵ}^p – те же расчетные температуры наружного и внутреннего воздуха для отопления в абсолютной термодинамической шкале, °К;

V_i – строительный объем одного типового здания по заданию, м³.

Зная величину тепловых потерь по каждому зданию можно определить максимальную тепловую нагрузку на отопление всех зданий по формуле:

$$Q_0 = Q_o^{жс} + Q_o^{общ} = n^{жс} \cdot Q_{oi}^{жс} + n^{общ} \cdot Q_{oi}^{общ}, \text{ кВт}, \quad (1.4)$$

где $n^{жс}$; $n^{общ}$ – количество, соответственно, жилых и общественных зданий в проектируемом микрорайоне.

1.1.2 Максимальная тепловая нагрузка на вентиляцию

Расход тепла на вентиляцию равен количеству тепла, затрачиваемому на подогрев наружного воздуха, подаваемого извне для вентиляции зданий и отдельных помещений.

Расход тепла на вентиляцию жилых зданий, не имеющих специальной приточной системы, отдельно не учитывается и включается в величину удельной отопительной характеристики здания.

Определение расхода тепла на вентиляцию отдельного здания производится при минимальной расчетной температуре наружного воздуха на вентиляцию ($t_{н.в}^p$) по уравнению теплового баланса для всего объема воздуха, подаваемого на вентиляцию.

$t_{н.в}^p$ – значение расчетной температуры наружного воздуха для вентиляции в заданном городе строительства, °С, по данным [8];

Для усредненных расчетов тепловая нагрузка на вентиляцию может определяться по величине строительного объема данного здания с помощью укрупненных показателей из формулы:

$$Q_{Bi} = q_{Bi} \cdot V_i \cdot (T_{в}^p - T_{нв}^p), \text{ кВт}, \quad (1.5)$$

где q_{Bi} – удельный расход тепла на вентиляцию данного здания (удельная вентиляционная характеристика здания), Вт/м³·°К, определяемый по данным [1,2,3];

V_i – строительный объем типового здания по заданию, м³;

$T_{н.в}^p; T_{в}^p$ – те же расчетные температуры наружного и внутреннего воздуха для вентиляции в абсолютной термодинамической шкале, °К.

Величина $T_{н.в}^p$ задается выше $T_{н.о}^p$ с целью снижения расхода тепла на вентиляцию.

В период времени, когда фактическая температура наружного воздуха устанавливается ниже расчетной вентиляционной ($T_n^p < T_{н.в}^p$), кратность воздухообмена уменьшается таким образом, чтобы расход тепла на вентиляцию сохранялся в пределах расчетной величины Q_{Bi} .

Расход тепла на вентиляцию группы общественных зданий определяется как сумма максимальных вентиляционных нагрузок отдельных зданий по формуле:

$$Q_{в}^{общ} = Q_{вi}^{общ} \cdot n^{общ}, \text{ кВт}. \quad (1.6)$$

1.1.3 Максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение

Расход тепла на горячее водоснабжение определяется количеством тепла, затрачиваемого на подогрев холодной водопроводной воды, используемой для нужд бытового горячего водоснабжения жилых и общественных зданий.

Определение средней тепловой нагрузки на горячее водоснабжение производится по нормам расхода горячей воды на одного жителя и работника предприятия из формулы:

$$Q_{\text{г.в.}}^{\text{ср.}} = Q_{\text{г.в.}}^{\text{ж}} + Q_{\text{г.в.}}^{\text{адм}} = \frac{(m_1 \cdot a_1 + m_2 \cdot a_2) \cdot C_{\text{в}} \cdot (t_{\text{г.в.}} - t_{\text{х.в.}}^{\text{ср}})}{24 \cdot 3600}, \text{ кВт}, \quad (1.7)$$

где m_1 – число работников предприятия, пользующихся горячей водой;

a_1 – расход горячей воды на одного работника предприятия, который ориентировочно можно принять равным 50 кг/сутки;

a_2 – расход горячей воды на одного жителя микрорайона, который по данным СНиП «Горячее водоснабжение» [4] принимают равным 105 кг/сутки;

m_2 – число жителей, пользующихся горячей водой, которое определяется по нормативной методике, приведенной ниже по тексту.

Полезная жилая площадь на одного человека составляет 12 м². Коэффициент пересчета полезной жилой площади в объем здания принимается равным 6 м³/м². Тогда, число потребителей горячей воды в прилегающем жилом микрорайоне может быть определено из формулы:

$$m_2 = \frac{n_2 \cdot V_2}{12 \cdot 6}, \quad (1.8)$$

где n_2 – число жилых зданий в проектируемом микрорайоне;

V_2 – объем одного жилого здания;

$C_{\text{в}} = 4,19$ кДж/кг·К – удельная теплоёмкость воды;

$t_{\text{г.в.}}; t_{\text{х.в.}}^{\text{ср}}$ – температуры, соответственно, горячей воды на выходе из подогревательной установки и холодной воды из городского водопровода.

СНиП «Горячее водоснабжение» [4] регламентирует температуру горячей воды в точках водоразбора у абонента на уровне:

- не ниже 50 °С – для закрытых систем горячего водоснабжения;
- не ниже 60 °С – для открытых систем горячего водоснабжения.

С учётом охлаждения воды в подающих и циркуляционных трубопроводах (до 10 °С – для закрытых систем и 5 °С – для открытых систем) температура горячей воды на выходе из теплового пункта принимается равной:

$$t_{\text{з.в.}} = 50 + 10 = 60 \text{ °С} \quad \text{– для закрытых систем теплоснабжения;}$$

$$t_{\text{з.в.}} = 60 + 5 = 65 \text{ °С} \quad \text{– для открытых систем теплоснабжения.}$$

Среднюю температуру холодной водопроводной воды ($t_{\text{х.в.}}^{\text{cp}}$), поступающей на подогрев в систему горячего водоснабжения, при отсутствии специальных данных о сезонных изменениях температуры, ориентировочно принимают равной 10°С.

Максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение промышленных предприятий и жилых зданий определяется по формуле:

$$Q_{\text{з.в.}}^{\text{max}} = Q_{\text{з.в.}}^3 \cdot K_{\text{ч.н.}}, \text{ кВт}, \quad (1.9)$$

где $K_{\text{ч.н.}}$ – коэффициент часовой неравномерности расхода тепла на горячее водоснабжение, определяемый по эмпирической формуле:

$$K_{\text{ч.н.}} = \frac{7,5}{(a_1 \cdot m_1 + a_2 \cdot m_2)^{0,1}}. \quad (1.10)$$

$Q_{\text{з.в.}}^3$ – средний расход тепла на горячее водоснабжение в зимний период, кВт, определяемый по формуле (1.7) при $t_{\text{х.в.}}^3 = 5 \text{ °С}$.

1.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.1. Определить расчетный расход тепловой энергии (тепловую нагрузку) на коммунально-бытовые нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения группы многоэтажных жилых и

общественных зданий заданной архитектурной планировки, расположенных в г. Ставрополе.

1.3 Вопросы к практическому занятию

1. Дать характеристику отопительного периода.
2. Дать характеристику видам неравномерности потребления горячей воды для жилых, общественных и производственных зданий.
3. Дать характеристику кратности вентиляции в системах с организованным воздухообменом и обосновать выбор расчетной температуры наружного воздуха на вентиляцию в зависимости от категории помещений.

ПЗ. РАСЧЕТ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

2.1 Теоретическая часть

Задача расчета водонагревателей сводится к определению требуемой поверхности теплообмена отдельных ступеней установок горячего водоснабжения. Расчет выполняется по уравнению теплопередачи для рассматриваемой i -й ступени:

$$F_i = \frac{Q_{\text{г.г.}i} \cdot 10^3}{K_i \cdot \Delta t_{\text{cp.}i}} = n_i \cdot f_{\text{с.}i}, \quad (2.1)$$

где $Q_{\text{г.г.}i}$ – тепловая нагрузка i -й ступени, кВт, принимаемая по результатам расчета нагрузок горячего водоснабжения для типовых зданий, которые определены в ходе практического занятия № 1;

$\Delta t_{\text{cp.}i}$ – средняя разность температур в теплообменнике между греющей и нагреваемой водой, определяемая как средняя логарифмическая разность по формуле:

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}}; \quad (2.2)$$

K_i – коэффициент теплопередачи поверхности теплообмена, Вт/м²·К;

n_i – число однотипных секций, включенных последовательно;

$f_{\text{с.}i}$ – поверхность одной секции скоростного водонагревателя, м².

Выбор типа скоростного водонагревателя и определение количества секций для каждой из его ступеней производят по следующей методике.

Исходя из массовых расходов рабочих потоков греющей и нагреваемой воды, а также нормируемых значений скоростей их движения в аппарате (0,5 ÷ 2,0 м/с), по данным [7,9] выбирается типовая секция. Греющая сетевая вода направляется в корпус аппарата и движется в межтрубном пространстве.

Нагреваемая водопроводная вода течет внутри латунных трубок. Скорости рабочих потоков определяются по формулам:

– водопроводной воды на горячее водоснабжение:

$$W_{\text{з.в.}} = \frac{G_{\text{з.в.}}}{\rho_{\text{з.в.}} \cdot 0,785 \cdot z \cdot d_{\text{в}}^2 \cdot 3600}, \text{ м/с}; \quad (2.3)$$

– греющей сетевой воды, подаваемой на первую ступень водонагревательной установки:

$$W_{\text{с.з.в.}}^I = \frac{G_{\text{с.з.в.}} + G_{\text{с.о.}}}{\rho_{\text{с.з.в.}} \cdot 0,785 \cdot (D_{\text{в}}^2 - z \cdot d_{\text{н}}^2) \cdot 3600}, \text{ м/с}; \quad (2.4)$$

– греющей сетевой воды, подаваемой на вторую ступень водонагревательной установки:

$$W_{\text{с.з.в.}}^{II} = \frac{G_{\text{с.з.в.}}}{\rho_{\text{с.з.в.}} \cdot 0,785 \cdot (D_{\text{в}}^2 - z \cdot d_{\text{н}}^2) \cdot 3600}, \text{ м/с}. \quad (2.5)$$

В формулах (2.3); (2.4); (2.5) приняты следующие обозначения:

– $D_{\text{в}}$, $d_{\text{н}}$, $d_{\text{в}}$ – размеры соответственно внутреннего диаметра корпуса секции рассматриваемой ступени, наружного и внутреннего диаметра латунных трубок;

– z – число трубок в одной секции, принимаемое по данным [7,9];

– $G_{\text{з.в.}}$, $G_{\text{с.з.в.}}$, $G_{\text{с.о.}}$ – массовые часовые расходы (кг/ч) рабочих потоков, которые определены на этапе технологических расчетов;

– $\rho_{\text{з.в.}}$, $\rho_{\text{с.з.в.}}$ – плотность рабочих потоков, кг/м³.

При подборе секций для ступеней нагрева следует стремиться к верхнему пределу рекомендуемых значений скоростей движения рабочих потоков. Последнее будет способствовать повышению коэффициента

теплопередачи рабочей поверхности теплообмена и, как следует из формулы (2.1), уменьшению габаритов установки.

Для принятой секции определяется коэффициент теплопередачи рабочей поверхности из формулы:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{н}}}{\lambda_{\text{н}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}}, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (2.6)$$

где $\alpha_{\text{в}}, \alpha_{\text{н}}$ – коэффициенты теплоотдачи на внутренней и наружной поверхности латунной трубки, Вт/м²·К;

$\delta_{\text{ст}}, \delta_{\text{н}}$ – толщина стенки латунной трубки и отложений накипи, м;

$\lambda_{\text{ст}}, \lambda_{\text{н}}$ – коэффициенты теплопроводности латуни и накипи, Вт/м·К.

Влияние накипи оценивают по данным опыта эксплуатации подобных водонагревателей и принимают ее толщину и коэффициент теплопроводности соответственно:

$$- S_{\text{н}} = 0,3 \div 0,5 \cdot 10^{-3} \text{м}; \quad \lambda_{\text{н}} = 1,5 \div 2,0 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}.$$

Коэффициенты теплоотдачи для каждого из рассматриваемых потоков определяют по рекомендациям [3] из формулы:

$$\alpha = (1430 + 23,3 \cdot t_{\text{ср}} - 0,048 \cdot t_{\text{ср}}^2) \cdot \frac{w^{0,8}}{d^{0,2}}, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (2.7)$$

где $t_{\text{ср}}$ – средняя температура рассматриваемого потока, °С;

w – скорость движения потока, м/с;

d – характерный размер проходного сечения потока (м), равный диаметру потока или эквивалентному диаметру межтрубного пространства:

$$d_{\text{экв}} = \frac{D_{\text{в}}^2 - Z \cdot d_{\text{н}}^2}{D_{\text{в}} + Z \cdot d_{\text{н}}}, \text{м}. \quad (2.8)$$

Требуемую поверхность теплообмена ступени, полученную из формулы (2.1), представляют в виде целого числа однотипных секций.

2.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 2.1 Выполнить конструктивный расчет водонагревательной установки по результатам оценки тепловых нагрузок горячего водоснабжения типовых зданий, которые были определены в ходе проведения практического занятия № 1.

2.3 Вопросы к практическому занятию

1. Как выбирается число секций многоступенчатой водонагревательной установки?
2. Как определяется коэффициент теплопередачи рабочей поверхности теплообмена водонагревательной установки?
3. Как влияет отложение накипи на величину коэффициента теплопередачи рабочей поверхности теплообмена?

ПЗ МЕТОДИКА РАСЧЕТА СХЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

3.1 Теоретическая часть

3.1.1 Гидравлический расчет подающих теплопроводов

Гидравлический расчёт теплопроводов системы горячего водоснабжения многоэтажного жилого здания, представленной на рисунке 1, производится методом удельных потерь давления по длине. Потери давления на участке (ΔP) определяются при условии прохождения по участку суммарного расхода горячей воды в подающем и циркуляционном трубопроводе ($G+G_{\text{ц}}$) по формуле:

$$\Delta P = R \cdot l \cdot (1 + K_m), \text{ Па} . \quad (3.1)$$

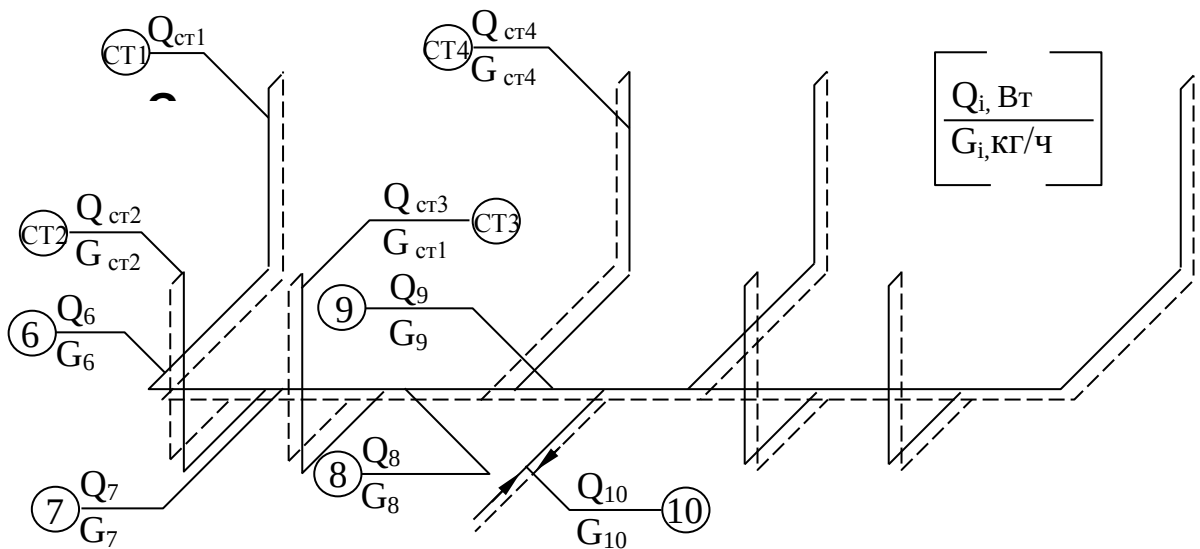


Рисунок 1 – Система горячего водоснабжения жилого здания

Коэффициент удельных линейных потерь давления на трение принимается с учётом зарастания труб накипью по данным [4].

Значения коэффициента местных потерь давления (K_m) для различных участков также принимают по рекомендациям [4].

Диаметры подающих теплопроводов(d_{yi}) определяют по результатам гидравлического расчёта. Принимают одно расчётное направление: от верхних водоразборных приборов по циркуляционным теплопроводам через полотенцесушители в тепловой пункт. Результаты расчётов представляют в виде таблицы 1, формуляр которой приводится ниже.

Таблица 1 – Формуляр для записи гидравлического расчёта подающих теплопроводов

Номер уч-ка	l , м	G , л/с	$G_{ц}$, л/с	$G+G_{ц}$, л/с	K_m	$l_{э}$, м	d_y , мм	R , Па/м	W , м/с	ΔP , Па	$\Sigma \Delta P_i$, кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Выполняя расчеты по каждому из стояков проектируемого здания, производят увязку потерь давления по всем другим направлениям. Невязка потерь давления не должна превышать 10%.

3.1.2 Гидравлический расчёт циркуляционных теплопроводов

Гидравлический расчёт циркуляционных трубопроводов выполняют аналогично расчёту подающих теплопроводов. При этом, диаметры участков циркуляционных теплопроводов принимают из соображения увязки потерь давления в циркуляционных кольцах, образованных подающими (прямыми) и обратными (циркуляционными) теплопроводами. Невязка потерь давления не должна превышать 10%. Расчетную длину участка циркуляционного теплопровода в пределах одного этажа принимают равной высоте этажа и длине двух подводящих участков полотенцесушителя, что составляет 3 м. Результаты расчётов представляют в виде таблицы 2, формуляр которой приводится ниже.

Таблица 2 – Формуляр для записи гидравлического расчёта циркуляционных трубопроводов

Номер участка	l , м	G_u , л/с	K_m	l_z , м	d_y , мм	R , Па/м	W , м/с	ΔP , Па	$\Sigma \Delta P_i$, кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 3.1 Рассчитать подающий трубопровод стояка № 1 системы горячего водоснабжения многоэтажного здания, представленной на рисунке 1. Недостающие исходные данные принять по условию задач 1.1 и 2.1.

Задача 3.2 Рассчитать циркуляционный трубопровод стояка № 1 системы горячего водоснабжения многоэтажного здания, представленной на рисунке 1. Недостающие исходные данные принять по условию задач 1.1 и 2.1.

3.3 Вопросы к практическому занятию

1. Охарактеризовать направления совершенствования систем горячего водоснабжения.
2. Дать характеристику методам регулирования систем централизованного горячего водоснабжения.
3. Указать виды теплопотерь в системах разводки централизованного горячего водоснабжения.

ПЗ. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДЯНЫХ И ПАРОВЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

4.1 Теоретическая часть

4.1.1 Гидравлический расчет водяной тепловой сети

На основании заданного генплана района города составляется расчетная схема тепловой сети. В качестве примера на рисунке 2 показан один из вариантов разработки схемы. Пользуясь масштабом генплана, определяют протяженность всех расчетных участков сети. Каждому участку присваивают порядковый номер и определяется главная расчетная магистраль – теплотрасса от источника тепла до наиболее удаленного микрорайона. На рисунке 2 – это участки 1–2–3–4–5.

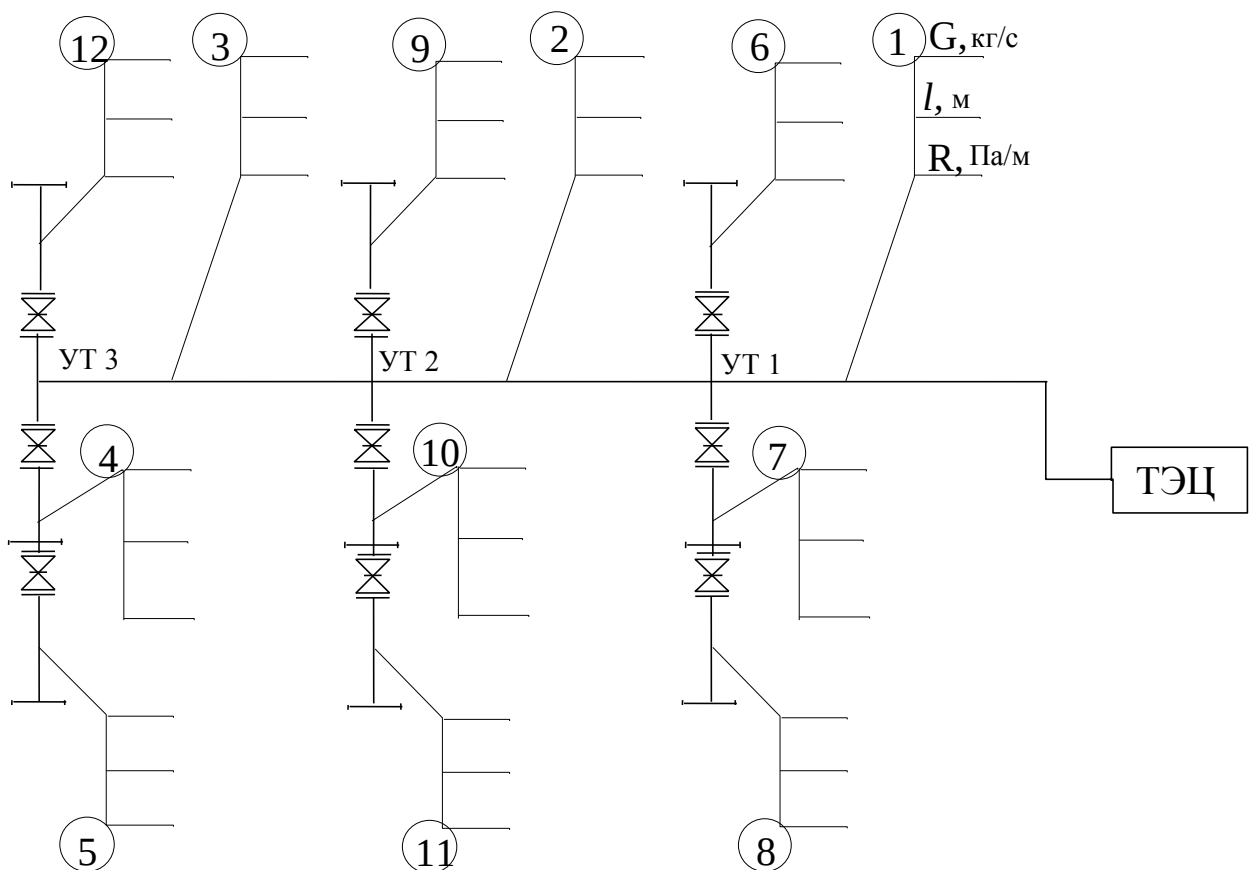


Рисунок 2 – Расчетная схема тепловой сети

Для каждого участка теплосети устанавливают вид и количество источников местных гидравлических сопротивлений. При этом руководствуются следующими нормативными требованиями:

- для обеспечения секционирования теплосети на всех ответвлениях устанавливают задвижки;
- с учетом общих требований на проектирование через каждые 80–100 метров устанавливают сальниковые компенсаторы;
- на участках ответвлений теплосети дополнительным источником местных сопротивлений является тройниковый отвод.

Данные по количеству источников местных сопротивлений для всех участков теплосети представляют в виде таблицы 3, формуляр которой приводится ниже.

Характеристики источников местных сопротивлений приводятся в справочной литературе [10].

В соответствии с расчетными тепловыми нагрузками потребителей определяют расходы сетевой воды на всех участках подающего трубопровода тепловой сети (G_{pi}).

На основании полученных расчетных расходов теплоносителя по всем участкам теплосети производится гидравлический расчет, который предусматривает два этапа: предварительный и окончательный.

На этапе предварительного расчета определяют внутренние диаметры всех участков главной магистрали, исходя из рекомендаций равенства удельных линейных потерь давления на этих участках. По данным [5] для участков водяных тепловых сетей от источника тепла до наиболее удаленного потребителя величину удельных линейных потерь давления можно принять $R_l = 80 \text{ Па/м}$.

Таблица 3 – Формуляр для регистрации количества источников местных сопротивлений (шт.) по участкам теплосети

Вид сопротивления	№ участка									
	1									N
Задвижка										
Сальниковый компенсатор										
Тройник										

Расчетный внутренний диаметр рассматриваемого участка трубопровода определяют по формуле:

$$d_{вн.i} = 0,63 \cdot \frac{K_{\varepsilon}^{0,0475}}{\rho^{0,19}} \cdot \frac{G_{pi}^{0,33}}{R_{л}^{0,19}}, \text{ м}, \quad (4.1)$$

где K_{ε} – коэффициент эквивалентной шероховатости трубопровода, принимаемый для водяных тепловых сетей равным $5 \cdot 10^{-4}$ м;

G_{pi} – расход сетевой воды, кг/с;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м³, определяемая по справочным данным для среднегодовой температуры теплоносителя в тепловой сети.

Для определения диаметров трубопроводов на ответвлениях от главной магистрали необходимо предварительно получить значение коэффициента удельных линейных потерь давления ($R_{ли}^{отв.}$). Эта величина для ответвлений определяется из соображений обеспечения одинаковых величин располагаемых напоров по всем направлениям от рассматриваемой узловой точки теплосети. Так, например, для участка (6) схемы теплосети (рис. 2) коэффициент удельных линейных потерь давления определяется по формуле:

$$R_6 = \frac{R_{л} \cdot (L_2 + L_3 + L_4 + L_5)}{L_6}, \text{ Па/м}. \quad (4.2)$$

На участках ответвлений величина коэффициента удельных линейных потерь давления не должна превышать 300 Па/м [5]. При этом диаметры распределительных трубопроводов принимают не менее 50 мм.

Неиспользованное в ответвлениях давление рекомендуется погасить в соплах элеваторов или, в крайнем случае, снижать с помощью дросселирующих шайб.

Полученные расчетные диаметры участков трубопроводов округляют до ближайших стандартных значений типоразмеров труб; значения эквивалентной длины ($L_{э}$, м) участков местных сопротивлений принимают по справочным данным [10] для характерных видов местных сопротивлений (задвижка, тройник, крестовина и т. д.).

Полная расчетная длина каждого из рассматриваемых участков определяется по формуле:

$$L_{n,i} = L_i + \sum L_{э,i}, \text{ м}, \quad (4.3)$$

где L_i – протяженность рассматриваемого участка по расчетной схеме теплосети, м;

$\sum L_{э,i}$ – суммарная эквивалентная длина всех видов местных сопротивлений рассматриваемого участка, м.

Полученные данные представляют в виде таблицы 4 и используют для выполнения окончательного гидравлического расчета. Формуляр таблицы приводится ниже.

По результатам выполненных расчетов определяют усредненный коэффициент местных гидравлических сопротивлений для главной расчетной магистрали ($\alpha_{гл.}$).

Таблица 4 – Формуляр для записи результатов предварительного гидравлического расчета

№ уч-ка	G , кг/с	L , м	R_L , Па/м	$d_{вн}$, м	$\Sigma L_{э}$, м	L_n , м	$\alpha = \frac{\Sigma L_{э}}{L}$
1	2	3	4	5	6	7	8

На этапе окончательного гидравлического расчета для каждого расчетного внутреннего диаметра участка трассы (формула 4.1) принимается ближайший больший стандартный типоразмер трубопровода. По справочным данным [10] для принятого стандартного диаметра и расчетного расхода теплоносителя на участке трассы уточняют удельные линейные потери давления и фактическую скорость движения теплоносителя.

4.1.2 Гидравлический расчет паровой тепловой сети

При движении пара по трубам его давление и плотность уменьшаются. Это обстоятельство усложняет гидравлический расчёт, так как падение давления и средняя плотность пара на участке зависят от искомой величины – диаметра трубопровода.

Поэтому гидравлический расчёт паропроводов может быть выполнен только методом последовательных приближений.

Для сжимаемых сред зависимость, характеризующая линейные гидравлические сопротивления, представляется в виде:

$$R_L = f(d, D, \rho); D - \text{массовый расход пара.}$$

Таблицы или номограммы для расчёта паропроводов могут быть составлены только для частного случая при определённой плотности пара, часто принимаемой равной $\rho_T = 1 \text{ кг/м}^3$. При использовании таких таблиц неизбежно приходится для каждого участка паропровода уточнять линейные сопротивления и скорости пара по формулам:

$$R_L = R_{L,T} \cdot \rho_T / \rho; \quad (4.4)$$

$$\omega = \omega_T \cdot \rho_T / \rho , \quad (4.5)$$

где физические величины с индексом «т» характеризуют табличные значения параметров.

В целях предотвращения конденсации пара в трубопроводах, в силу наличия теплотерь и уточнения его переменной плотности, необходимо также определять температуру.

На этапе предварительного расчёта паропровода давление в узловых точках рекомендуется определять из условия равномерного падения давления в направлении главной расчётной магистрали:

$$P_{Ki} = P_{Hi} - \frac{\Delta P_c}{\sum_{i=1}^n l_i} \cdot l_i . \quad (4.6)$$

Аналогично находят примерные температуры пара в узловых точках и средние на участках из расчёта, что через каждые 100 м температура перегретого пара уменьшается на 2 °С:

$$\Delta t_i = t_{Hi} - t_{Ki} = \frac{2}{100} \cdot l_i ; \quad (4.7)$$

$$t_{Cpi} = t_{Hi} - \frac{l_i}{100} , \quad (7.8)$$

где P_{Hi} , P_{Ki} – давления пара в начале и в конце участка тепловой сети, МПа;

ΔP_c – перепад давления во всей тепловой сети, МПа;

l_i – длина участка тепловой сети, м;

n – число расчетных участков по направлению расчётной магистрали;

Δt_i – перепад температуры пара на участке, °С;

t_{Hi} , t_{Ki} , t_{Cpi} – начальная, конечная и средняя температуры пара на участке, °C.

Действительное падение температуры перегретого пара на стадии окончательного расчёта, когда уже известны диаметры труб, определяют по формуле:

$$\Delta t_i = \frac{3,6 \cdot Q_{Oi}}{C_p \cdot D_i}, \quad (4.9)$$

где Q_{Oi} – потери тепла на участке, кВт;

C_p – теплоёмкость пара, кДж/кг·K;

D_i – массовый расход пара, т/ч.

Потери тепла на участке трассы определяют по формуле:

$$Q_{Oi} = q_{oi} \cdot (t_{cpi} - t_{окр.ср}) \cdot l_i \cdot 10^{-3}, \quad (4.10)$$

где q_{oi} – потери с 1 м паропровода при разности температур в 1 °C, зависящие от способа прокладки и от диаметра труб, Вт/м·K;

$t_{окр.ср}$ – температура окружающей среды.

4.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 4.1 Для заданных расчетных расходов тепла группы потребителей централизованной водяной тепловой сети и протяженности ее отдельных участков выполнить гидравлический расчет и осуществить подбор трубопроводов.

Задача 4.2 Для условий задачи 4.1 выполнить гидравлический расчет начального участка трассы тепловой сети, если в качестве теплоносителя используется насыщенный водяной пар с рабочим давлением 10 бар.

4.3 Вопросы к практическому занятию

1. Указать места установки запорной арматуры на участках разветвленной теплосети.
2. Дать толкование физической сущности коэффициента эквивалентной гидравлической шероховатости трубопровода.
3. Дать рекомендации по выбору экономически обоснованных гидравлических сопротивлений трубопроводов теплотрассы.
4. Как обеспечить удаление воздуха из трубопроводов теплотрассы при ее заполнении теплоносителем и работе?

ПЗ. РАСЧЕТ ПЕРЕМЕННЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

5.1 Теоретическая часть

Расчёт гидравлического режима даёт возможность определить перераспределение расходов и давлений в сети и установить пределы допустимого изменения нагрузки, обеспечивающие безаварийную работу системы.

Гидравлические режимы разрабатываются для отопительного и летнего периодов времени.

В открытых системах теплоснабжения дополнительно рассчитывается гидравлический режим при максимальном водоразборе из обратного и подающего трубопровода.

Основой расчёта гидравлического режима служат классические уравнения гидродинамики.

В тепловых сетях имеет место квадратичная зависимость падения давления ΔP (Па) от расхода вида:

$$\Delta P = S \cdot V^2, \quad (5.1)$$

где S – характеристика сопротивления, представляющая собой падение давления на единицу расхода теплоносителя, Па/(м³/ч)²;

V – расход теплоносителя, м³/ч.

Характеристика сопротивления (S) участка определяется по формуле:

$$S = \frac{\Delta P}{V^2} = \frac{R_L \cdot (l + l_{\text{э}})}{V^2}, \quad (5.2)$$

где

$$R_L = 0,0894 \cdot K_{\text{э}}^{0,25} \cdot \frac{G^2}{\rho \cdot (d)^{5,25}}; \quad (5.3)$$

l и $l_э$ – фактическая длина участка трассы и эквивалентная длина местных сопротивлений на этом участке, м;

$K_э$ – коэффициент эквивалентной шероховатости трубопровода, принимаемый для водяных тепловых сетей равным $5 \cdot 10^{-4}$ м;

G – расход сетевой воды, кг/с;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м³, определяемая по справочным данным для среднегодовой температуры теплоносителя в тепловой сети;

d – диаметр участка трубопровода.

Подставляя $V = G/\rho$ и R_L в уравнение (5.2) получим выражение:

$$S = \frac{0,0894 \cdot K_э^{0,25} \cdot G^2 \cdot \rho^2 \cdot (l + l_э)}{\rho \cdot d^{5,25} \cdot G^2} = \frac{0,0894 \cdot K_э^{0,25} \cdot \rho \cdot (l + l_э)}{d^{5,25}}. \quad (5.4)$$

После преобразований уравнение (5.4) можно представить в виде:

$$S = \frac{A_s \cdot (l + l_э) \cdot \rho}{d^{5,25}}, \quad (5.5)$$

где: $A_s = 0,0894 \cdot \frac{K_э^{0,25}}{Z^2}$ – постоянный коэффициент, зависящий от коэффициента эквивалентной шероховатости стенок трубопровода, который можно принять из таблицы 5.

Таблица 5 – Значения постоянного коэффициента A_s

Коэффициент эквивалентной шероховатость стенки трубы ($K_э$), м	Вода	Пар	Конденсат
	0,0002	0,0005	0,0010
$A_s, \text{м}^{0,25} \cdot \text{ч}^2/\text{с}^2$	$8,15 \cdot 10^{-10}$	$10,3 \cdot 10^{-10}$	$12,15 \cdot 10^{-10}$

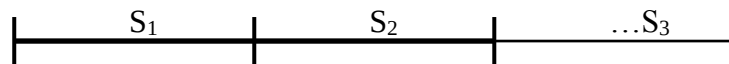
Временной параметр теплосети (Z) принимают равным $Z = 3600$ с.

Как следует из приведённых уравнений характеристика сопротивления зависит от геометрических размеров сети, шероховатости стенок трубопроводов и плотности теплоносителя ($S = f(d, l, K_{\Sigma})$).

При известных расходах и соответствующим им потерям давления характеристика сопротивления находится из уравнения (5.2).

Разветвленная тепловая сеть представляет собой совокупность участков, соединенных по последовательной или параллельной схеме.

Общие потери давления ΔP в сети, состоящей из последовательно соединённых участков с неизменным расходом (V), складываются из потерь давления на каждом участке.



$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3, \quad (5.6)$$

где: $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3$ – потери давления на отдельных участках сети.

Выражая потери давления через характеристики сопротивления, получим:

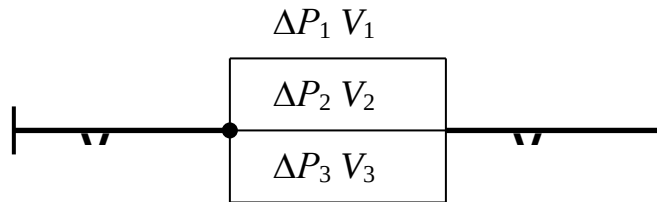
$$SV^2 = S_1V^2 + S_2V^2 + S_3V^2. \quad (5.7)$$

Так как при последовательном соединении расход на участках остается постоянным ($V = \text{const}$), то получим:

$$S = S_1 + S_2 + S_3. \quad (5.8)$$

То есть, суммарная характеристика сопротивления последовательно соединённых участков сети равна сумме характеристик сопротивления отдельных участков.

При параллельном соединении общий расход в сети равен сумме расходов на ответвлениях:



$$V = V_1 + V_2 + V_3. \quad (5.9)$$

Суммарный расход и расходы на отдельных участках, согласно соотношению $\Delta P = SV^2$, могут быть представлены в виде:

$$V = \sqrt{\frac{\Delta P}{S}}; \quad V_1 = \sqrt{\frac{\Delta P_1}{S_1}}; \quad V_2 = \sqrt{\frac{\Delta P_2}{S_2}}; \quad V_3 = \sqrt{\frac{\Delta P_3}{S_3}}.$$

Для варианта параллельно соединённых участков уравнение (5.9) принимает вид:

$$\sqrt{\frac{\Delta P}{S}} = \sqrt{\frac{\Delta P_1}{S_1}} + \sqrt{\frac{\Delta P_2}{S_2}} + \sqrt{\frac{\Delta P_3}{S_3}}. \quad (5.10)$$

Учитывая, что для параллельно соединённых участков справедливо равенство давлений ($P_{\text{вх}} = \Delta P_1 = \Delta P_2 = \Delta P_3$), уравнение (5.10) можно представить в виде:

$$\sqrt{\frac{1}{S}} = \sqrt{\frac{1}{S_1}} + \sqrt{\frac{1}{S_2}} + \sqrt{\frac{1}{S_3}}. \quad (5.11)$$

Величина $\frac{1}{\sqrt{S}}$ представляет собой гидравлический показатель, называемый проводимостью (a), равный расходу воды при единичном перепаде давления в 1 Па:

$$a = \frac{1}{\sqrt{S}}, \text{ то есть } a = a_1 + a_2 + a_3.$$

То есть, суммарная проводимость параллельно соединённых участков равна сумме проводимостей этих участков.

В процессе эксплуатации характеристика сопротивления сети изменяется в связи с присоединением новых абонентов, отключения части нагрузки, при изменении шероховатости стенок трубопроводов.

5.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 5.1. Для условий задачи 4.1 определить характеристики сопротивлений участков главной расчетной магистрали водяной централизованной системы теплоснабжения.

5.3 Вопросы к практическому занятию

1. Как функционально выражается зависимость падения давления в тепловой сети от расхода теплоносителя?
2. Указать факторы, от которых зависит изменение характеристик сопротивления тепловой сети.
3. В чем заключается различие между зимними и летними гидравлическими режимами тепловой сети?

ПЗ. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ СЕТЕВОЙ ВОДЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

6.1 Теоретическая часть

6.1.1 Выбор вида регулирования

Согласно данным [5] для двухтрубных водяных систем теплоснабжения при наличии в районе теплоснабжения нагрузок отопления, вентиляции и горячего водоснабжения должно применяться центральное качественное регулирование отпуска тепла по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения (повышенный график температур воды).

При суммарной среднечасовой нагрузке на горячее водоснабжение менее 15% от суммарной максимальной нагрузки на отопление ($\rho = Q_{г.в}^{cp} / Q_o \leq 0,15$) допускается применять центральное качественное регулирование по нагрузке отопления (отопительный график температур воды).

В обоих случаях центральное качественное регулирование отпуска тепла ограничивается минимальными температурами воды в подающей линии тепловой сети (точки излома температурных графиков):

- а) для закрытых систем теплоснабжения – не менее 70 °С;
- б) для открытых систем теплоснабжения – не менее 60 °С.

При регулировании закрытых систем теплоснабжения по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения на абонентских вводах должна приниматься двухступенчатая последовательная схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения (рисунок 3), а при регулировании по отопительной нагрузке – двухступенчатая смешанная (рисунок 4) или параллельная схема (рисунок 5).

При регулировании открытых систем теплоснабжения по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения должна применяться схема

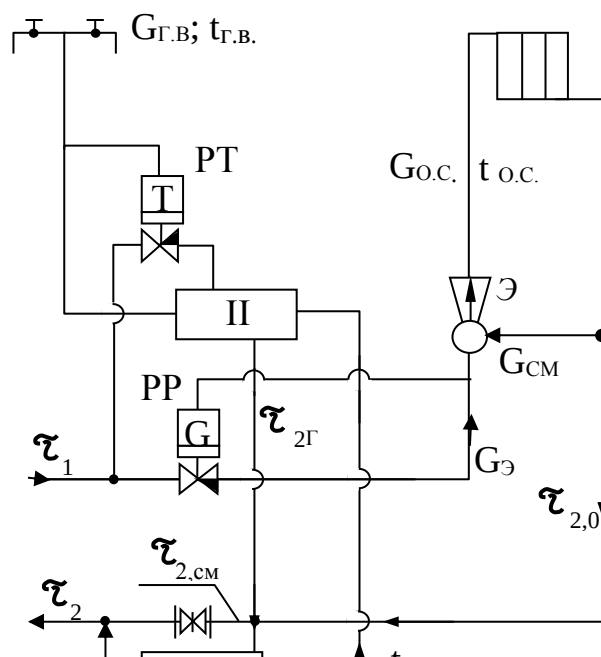


Рисунок 4 – Двухступенчатая смешанная схема

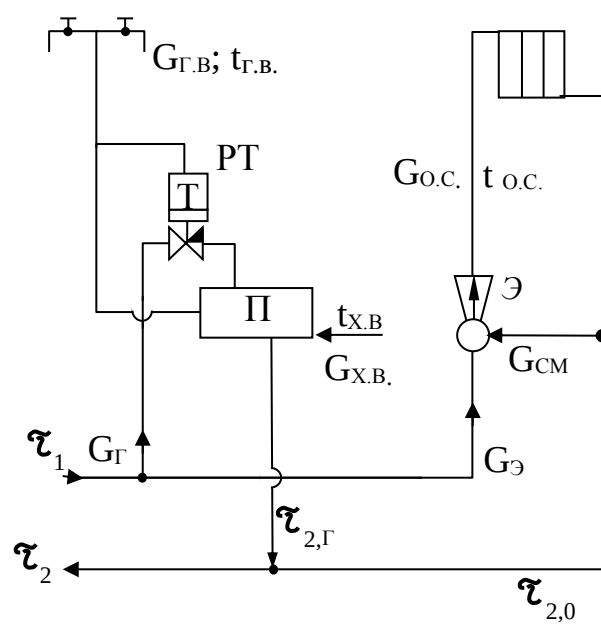


Рисунок 5 – Параллельная схема

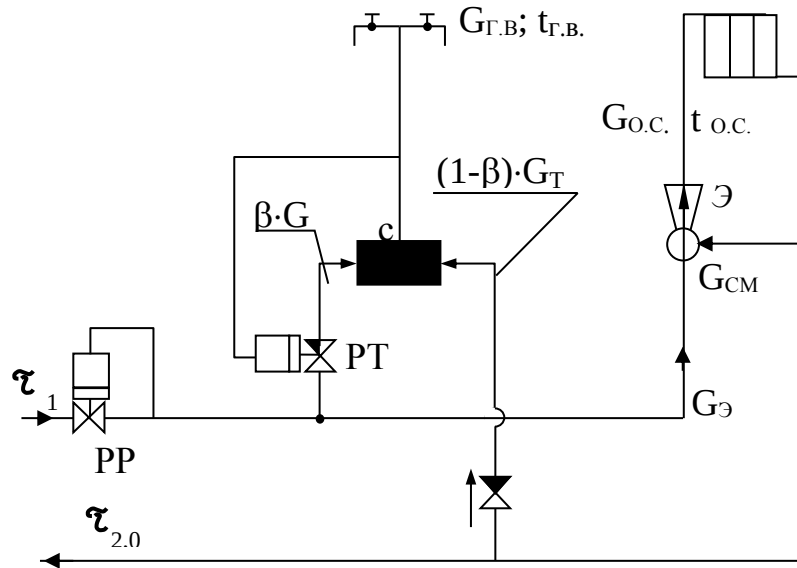


Рисунок 6 – Связанное регулирование по совместной нагрузке

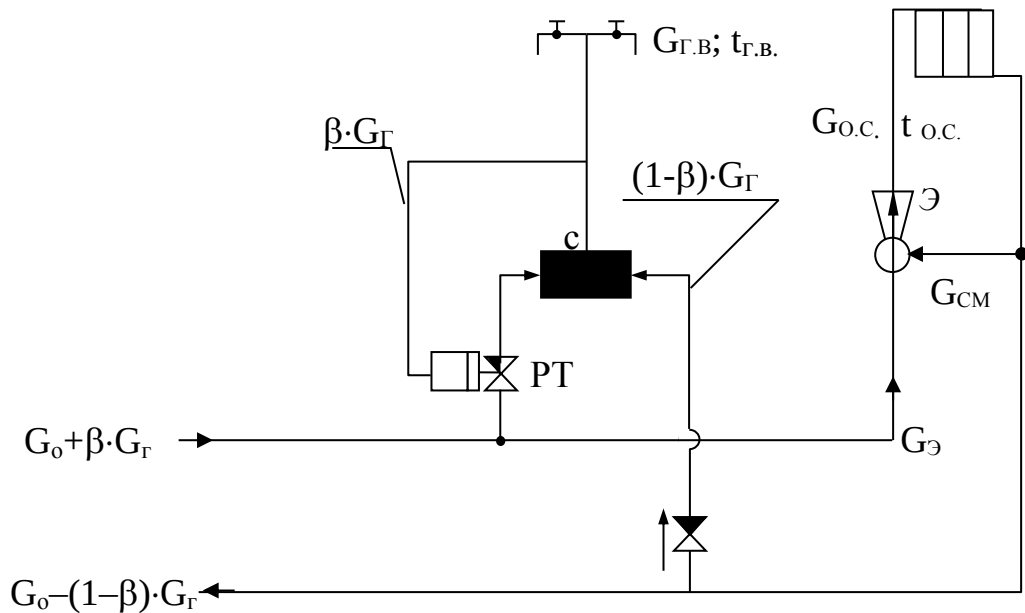


Рисунок 7 – Несвязанное регулирование по совместной нагрузке

6.1.2 Построение температурных графиков

Расчет и построение графиков центрального качественного регулирования отпуска тепла следует выполнять, используя методику [5]. При построении температурных графиков центрального качественного

регулирования тепловой нагрузки принята следующая индексация параметров и технологических показателей:

- один штрих (') в обозначении параметров и нагрузок соответствует расчетному режиму максимальной нагрузки теплосети;
- три штриха (''') в обозначении параметров теплосети характеризуют точку перелома графика;
- буквенный индекс (о) характеризует параметры теплоносителя отопительного температурного графика;
- цифровые индексы (1) и (2) в обозначении температур отвечают, соответственно, состоянию теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе теплосети, а в обозначении перепадов температур – температурным напорам в первой и второй ступени водонагревательной установки;
- горизонтальный штрих (–) над символом нагрузки или расхода характеризует безразмерную их величину в долях от единицы.

Структура графика центрального качественного регулирования закрытых систем по совместной нагрузке показана на рисунке 8.

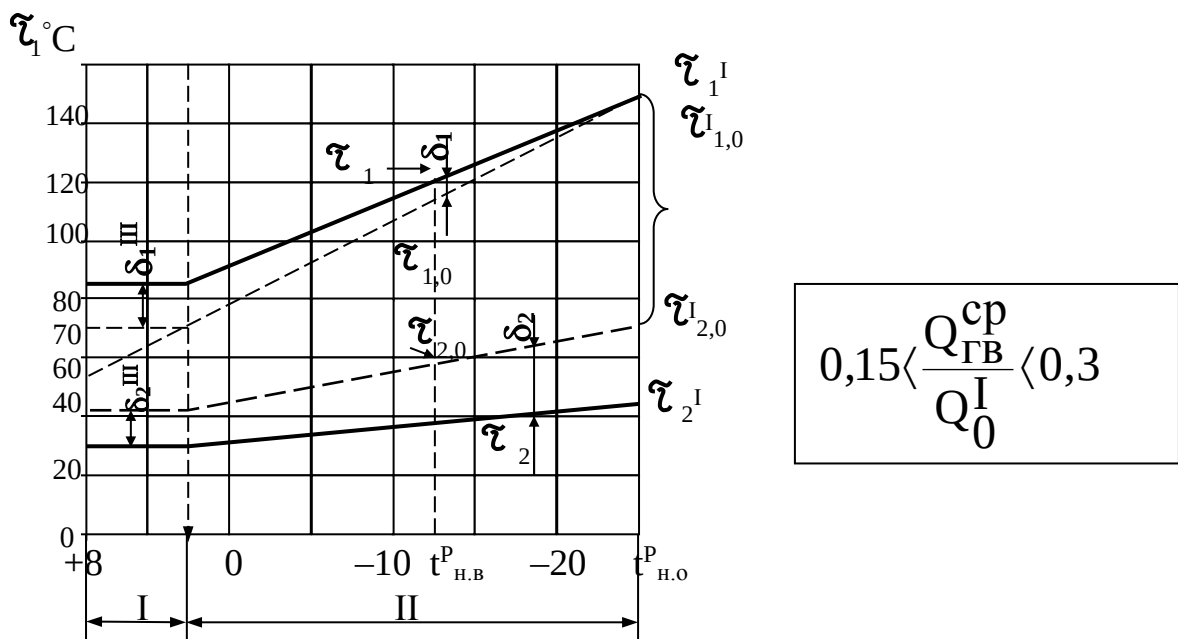


Рисунок 8 – Центральное качественное регулирование закрытых систем по совместной нагрузке

Расчет основных температурных параметров графика производится по формулам:

$\tau_1 = \tau_{1,0} + \delta_1$ – температура теплоносителя в подающем трубопроводе;

$\tau_2 = \tau_{2,0} + \delta_2$ – температура теплоносителя в обратном трубопроводе;

$\delta\tau^I = \tau_1^I - \tau_2^I$ – максимальный температурный перепад в системе теплоснабжения для графика совместной нагрузки отопления и вентиляции, показанного сплошными линиями;

$\delta\tau_0^I = \tau_1^I - \tau_{2,0}^I$ – максимальный температурный перепад в системе теплоснабжения для графика отопительной нагрузки, показанного штриховыми линиями;

$\delta = \delta_1 + \delta_2$ – суммарный температурный перепад сетевого теплоносителя в подогревателях верхней и нижней ступени.

Величина недогрева водопроводной воды в первой ступени подогревателя принимается в пределах $\Delta t_n^{III} = 5 \div 10$, °С.

Температура нагреваемой воды на выходе из первой (нижней) ступени определяется по формуле:

$$t_n^{III} = \tau_{2,0}^{III} - \Delta t_n^{III}. \quad (6.1)$$

Перепад температур в подогревателе нижней (первой) ступени составит:

$$\delta_2^{III} = \frac{Q_{2\theta}^{\delta}}{Q_0^I} \cdot \frac{t_n^{III} - t_x}{t_{2\theta}^I - t_x} \cdot \delta\tau_0^I. \quad (6.2)$$

Перепад температур в верхней (второй) ступени при температуре точки излома графика (t_n^{III}) определяется из выражения:

$$\delta_1^{III} = \delta - \delta_2^{III}. \quad (6.3)$$

Во втором диапазоне (II) температурного графика перепад температур в нижней (первой) ступени определяется по формуле:

$$\delta_2 = \delta_2^{\text{III}} \frac{\tau_{2,0} - t_x}{\tau_{2,0}^{\text{III}} - t_x}. \quad (6.4)$$

Максимальный перепад в нижней ступени будет при расчетной температуре наружного воздуха на отопление ($t_{\text{н.о}}^p$) и определяется из формулы:

$$\delta_{2\text{max}} = \delta_2^{\text{III}} \frac{\tau_{2,0}^{\text{I}} - t_x}{\tau_{2,0}^{\text{III}} - t_x}. \quad (6.5)$$

График центрального качественного регулирования закрытых систем по отопительной нагрузке показан на рисунке 9.

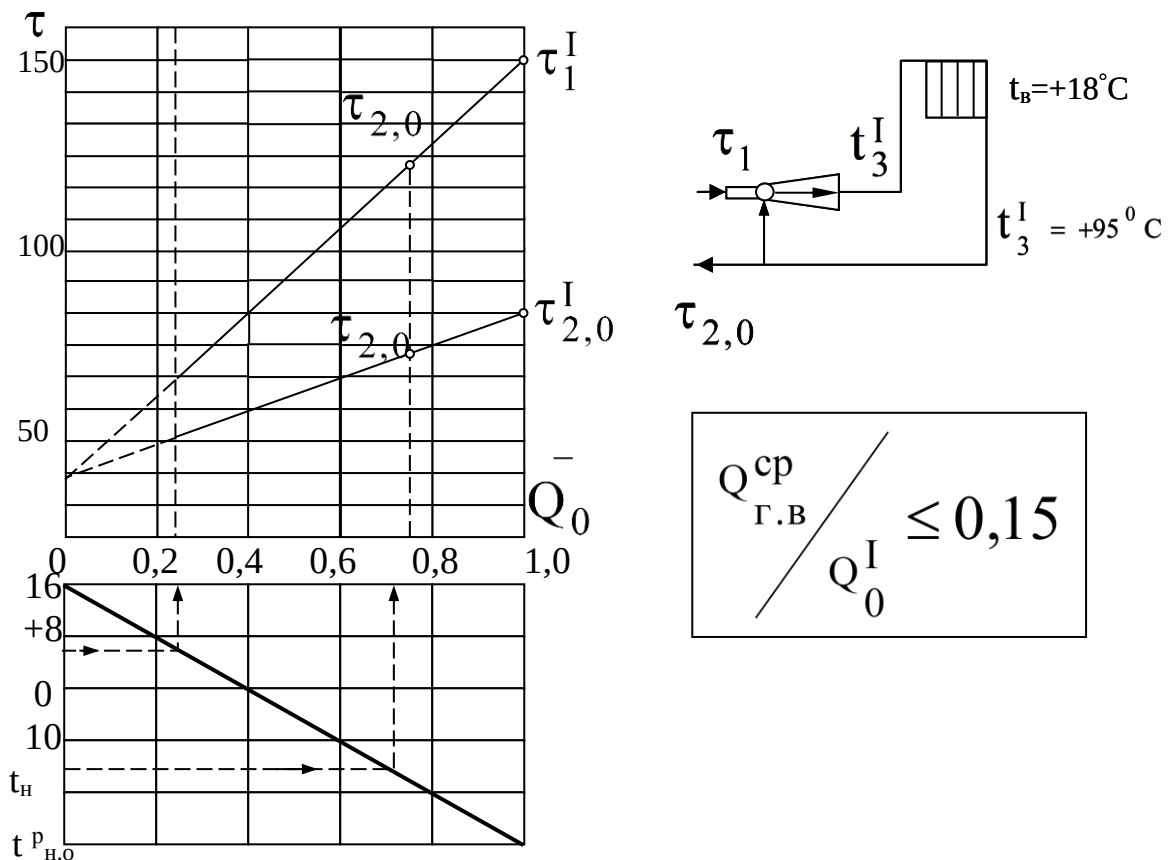


Рисунок 9 – Центральное качественное регулирование закрытых систем

по отопительной нагрузке

Расчетные перепады температур при регулировании закрытых систем по отопительной нагрузке определяются по формулам:

$$\theta^I = t_3^I - \tau_{2,0}^I - \text{в отопительной системе};$$

$$\delta\tau_0^I = \tau_1^I - \tau_{2,0}^I - \text{в системе теплоснабжения};$$

$$\Delta t_0^I = \frac{t_3^I + \tau_{2,0}^I}{2} - t_b - \text{между отопительным прибором и помещением};$$

$$\bar{Q}_0 = \frac{t_b - t_n}{t_b - t_{но}^p} - \text{зависимость относительного расхода тепла на отопле-}$$

ние от температуры наружного воздуха.

Расчетный расход сетевой воды на отопление находят из выражения:

$$G_0 = \frac{3600 \cdot Q_0^I}{c(\tau_1^I - \tau_{2,0}^I)}, \text{ кг/ч} . \quad (6.6)$$

Относительная отопительная нагрузка системы теплоснабжения для текущей температуры наружного воздуха определяется по формуле:

$$\bar{Q}_0 = \frac{\tau_1 - \tau_{2,0}}{\tau_1^I - \tau_{2,0}^I} - t_e . \quad (6.7)$$

Коэффициент эжекции (смещения) элеватора находят через температурные характеристики сети:

$$u = \frac{\tau_1^I - t_3^I}{t_3^I - \tau_{2,0}^I} = \frac{\delta\tau_0^I}{\theta^I} - 1 . \quad (6.8)$$

Температуру сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе определяют из выражений:

$$\tau_1 = t_g + \Delta t_0^I \cdot \bar{Q}_0^{-0,8} + (\delta \tau_0^I - 0,5\theta^I) \cdot \bar{Q}_0; \quad (6.9)$$

$$\tau_{2,0} = \tau_1 - \delta \tau_0^I \cdot \bar{Q}_0 = t_g + \Delta t_0^I \cdot \bar{Q}_0^{-0,8} - 0,5\theta^I \cdot \bar{Q}_0. \quad (6.10)$$

Температура горячей воды на входе в систему отопления абонента определяется по формуле:

$$t_3 = \tau_{2,0} + \theta^I \cdot \bar{Q}_0 = t_g + \Delta t_0^I \cdot \bar{Q}_0^{-0,8} + 0,5\theta^I \cdot \bar{Q}_0. \quad (6.11)$$

6.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 6.1. Для условий задачи 4.1 выполнить теплотехнический расчет основных температурных параметров качественного регулирования закрытой системы централизованного теплоснабжения по отопительной или совместной нагрузке в зависимости от соотношения нагрузок отопления и горячего водоснабжения ($Q_{2,6}^{cp} / Q_0^I$).

6.3 Вопросы к практическому занятию

1. Изменением какого физического параметра обеспечивается качественное регулирование отпуска тепла?
2. Что является основным критерием для выбора вида регулирования (по совместной или отопительной нагрузке) закрытой тепловой сети?
3. Как перераспределяется нагрузка между ступенями нагрева горячей воды у абонента (1-ой и 2-ой) при повышении параметров теплоносителя в тепловой сети?
4. На каких участках разветвленной тепловой сети осуществляется центральной, местное и индивидуальное регулирование отпуска тепла?

5. Изменением каких параметров или режимных характеристик осуществляется качественное и количественное регулирование отпуска тепла?

ПЗ. РАСЧЕТ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ И ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

7.1 Теоретическая часть

Выбор схемы теплового пункта на абонентском вводе определяется видом системы теплоснабжения (закрытая или открытая) и располагаемым перепадом давления в тепловой сети. Схемы тепловых пунктов для закрытых и открытых систем показаны на рисунках № 3, 4, 5, 6, 7 практического занятия № 6.

В системах современного городского коммунального хозяйства предпочтение отдается закрытым системам теплоснабжения (рисунки 3, 4, 5). Этот выбор обусловлен следующими их преимуществами:

- малые затраты на водоподготовку;
- гарантированное качество воды, подаваемой в систему горячего водоснабжения из городского водопровода;
- возможность оперативного контроля утечек из теплосети, так как в рабочем состоянии сетевая вода не расходуется по массе у потребителя и в полном объеме должна возвращаться в котельную.

Однако, закрытым системам присущи и определенные недостатки:

- увеличение сечения трубопроводов холодной воды на абонентских вводах в результате дополнительного отбора сырой водопроводной на нужды горячего водоснабжения;
- наличие на абонентском вводе дорогостоящего поверхностного водоводяного подогревателя;
- снижение сроков службы трубопроводов для разводки горячей воды у абонента, так как необработанная водопроводная вода в результате нагрева становится коррозионно-активной.

Последовательная схема регулирования по совместной нагрузке (рисунок 3) позволяет обеспечить предварительный подогрев воды для

системы горячего водоснабжения в первой ступени водонагревателя, работающей на температурном потенциале обратного трубопровода теплосети. Этот технологический прием обеспечивает более полное срабатывание располагаемого температурного потенциала теплосети.

Отсутствие, на абонентских вводах открытых систем поверхностных теплообменников горячего водоснабжения и замена их дешёвыми смесительными устройствами является основным преимуществом открытых систем, которые представлены на рисунках № 6 и 7.

Схема связанного регулирования (рисунок 6) лимитирует общий расход тепла на здание и поэтому в периоды максимального разбора горячей воды мощность системы отопления снижается. Незначительное охлаждение помещений в этот период компенсируется усиленным их обогревом в часы отсутствия разбора горячей воды. Такой способ регулирования обеспечивает общий минимальный расход тепла на здание в целом.

Открытые системы, в дополнение к простым абонентским вводам, имеют также следующие преимущества:

- используется в больших количествах низкопотенциальное бросовое тепло, которое имеется на ТЭЦ или промышленных предприятиях;
- увеличивается срок службы местных систем горячего водоснабжения, так как в них поступает вода из теплосети, не содержащая агрессивных газов и накипеобразователей;
- уменьшаются диаметры трубопроводов сетей холодного водоснабжения (на 16%), за счёт подачи воды для местных систем горячего водоснабжения по отопительным трубопроводам из котельной.

К недостаткам открытых систем относят:

- а) рост затрат, связанных с обработкой больших количеств подпиточной воды у источника (в котельной);

б) возможность (при недостаточной обработке) появления цветности в разбираемой воде, а при подключении радиаторных систем отопления – появления в ней запаха и особых бактерий;

в) усложняется контроль за утечками из теплосети, так как в открытых системах количество подпиточной воды на котельной не отражает величины утечки воды из системы, как в закрытых системах.

Малая жёсткость исходной водопроводной воды ($1 \div 1,5$ мг-экв/л) является одним из основных условий применения открытых систем.

Располагаемый перепад давлений на абонентском вводе также влияет на условия подключения потребителя и выбор схемы теплового пункта.

Наиболее простым и надежным вариантом подключения системы отопления абонента к тепловой сети является элеваторная схема. Однако, возможности ее применения ограничиваются минимальным располагаемым перепадом давления на абонентском вводе. Для устойчивой работы элеватора перепад должен быть не менее $10 \div 15$ м водного столба.

В современных сложных разветвленных централизованных тепловых сетях это условие гарантированно выполняется для потребителей, расположенных на небольшом удалении от источника ($1 \div 2$ км). У наиболее удаленных от источника потребителей перепад давления оказывается недостаточным и поэтому им приходится переходить на насосную схему подключения.

Функционально она аналогична элеваторной схеме, однако, наличие насоса требует дополнительных технических решений по устранению шума и вибраций.

Тепловой расчет выбранной схемы абонентского ввода заключается в определении расходов технологических потоков теплоносителей и их температур на входах выходах теплоиспользующих аппаратов.

Эти задачи решаются методом составления уравнений материального и теплового балансов для узлов схемы и отдельных аппаратов.

Для параллельной закрытой схемы (рисунок 5) уравнение теплового баланса поверхностного подогревателя горячей воды (П) имеет вид:

$$G_{\Gamma} \cdot C_B \cdot (\tau_1 - \tau_{2,\Gamma}) = G_{\Gamma.B} \cdot C_B \cdot (t_{\Gamma.B} - t_{X.B}), \text{ кВт}, \quad (7.1)$$

где G_{Γ} – массовый расход сетевой воды на подогреватель горячего водоснабжения, кг/с;

$G_{\Gamma.B}$ – массовый расход горячей воды в системе горячего водоснабжения у абонента, кг/с;

$C_B = 4,19 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$ – удельная теплоёмкость воды;

τ_1 – температура воды в подающем трубопроводе теплосети, °С;

$\tau_{2,\Gamma}$ – температура сетевой воды после подогревателя горячей воды, °С;

$t_{\Gamma.B}$; $t_{X.B}$ – температуры, соответственно, горячей воды на выходе из подогревательной установки и холодной воды из городского водопровода.

СНиП «Горячее водоснабжение» [4] регламентирует температуру горячей воды в точках водоразбора у абонента на уровне:

- не ниже 50 °С – для закрытых систем горячего водоснабжения;
- не ниже 60 °С – для открытых систем горячего водоснабжения.

С учётом охлаждения воды в подающих и циркуляционных трубопроводах (до 10 °С – для закрытых систем и 5 °С – для открытых систем) температура горячей воды на выходе из теплового пункта принимается равной:

$t_{\Gamma.B} = 50 + 10 = 60 \text{ °С}$ – для закрытых систем теплоснабжения;

$t_{\Gamma.B} = 60 + 5 = 65 \text{ °С}$ – для открытых систем теплоснабжения.

Среднюю температуру холодной водопроводной воды ($t_{X.B}$), поступающей на подогреватель системы горячего водоснабжения, при отсутствии специальных данных о сезонных изменениях температуры, ориентировочно принимают равной +10°С.

Для этой же закрытой параллельной схемы (рисунок 5) уравнения материального и теплового баланса узла элеваторного смешения, включающего элеватор и систему отопления, имеют вид:

$$G_{o.c} = G_{\varepsilon} + G_{CM};$$

$$G_{o.c} \cdot (t_{o.c} - \tau_{2,0}) = G_{\varepsilon} \cdot (\tau_1 - \tau_{2,0}), \quad (7.2)$$

где $G_{o.c}$ – массовый расход воды в отопительной системе, кг/с;

G_{ε} – массовый расход сетевой воды, подаваемой на вход элеватора, кг/с;

G_{CM} – массовый расход воды из обратной линии системы отопления, подаваемой на смешение, кг/с;

τ_1 – температура воды в подающем трубопроводе теплосети, °С;

$t_{o.c}$ – температура горячей воды в подающем трубопроводе системы отопления, °С;

$\tau_{2,0}$ – температура горячей воды в обратном трубопроводе системы отопления, °С.

Коэффициент смешения элеватора:

$$И = \frac{G_{CM}}{G_{\varepsilon}} = \frac{\tau_1 - t_{o.c}}{t_{o.c} - \tau_{2,0}}. \quad (7.3)$$

7.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 7.1. Выполнить теплотехнический расчет теплового пункта закрытой системы теплоснабжения для многоэтажного жилого здания с параллельной схемой подключения нагрузок отопления и горячего водоснабжения (рисунок 5) при следующих исходных данных:

- тепловая нагрузка системы отопления, $Q_{от} = 550$ кВт;
- тепловая нагрузка системы горячего водоснабжения, $Q_{г.в} = 350$ кВт;
- температура воды в подающем трубопроводе теплосети, $\tau_1 = 150$ °С;
- температура горячей воды в обратном трубопроводе системы отопления и тепловой сети, $\tau_{2,0} = 70$ °С.

– температуры горячей воды на выходе из подогревательной установки и холодной воды из городского водопровода ($t_{Г,В}$; $t_{Х,В}$) принять в соответствии с рекомендациями, изложенными выше в теоретической части.

7.3 Вопросы к практическому занятию

1. Дать определение закрытой и открытой системы теплоснабжения.
2. Перечислить преимущества и недостатки закрытой системы теплоснабжения.
3. Перечислить преимущества и недостатки открытой системы теплоснабжения.
4. Пояснить назначение и устройство основных технологических элементов теплового пункта.
5. Какие виды балансовых уравнений используются при расчете схем тепловых пунктов?

ПЗ. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИОНООБМЕННОГО УМЯГЧЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

8.1 Теоретическая часть

Сущность процесса ионообменного умягчения заключается в обмене ионами в эквивалентных количествах между исходной водой (раствором) – сорбатом и твердым веществом – ионитом (сорбентом).

В практике очистки различных вод используют иониты, отдельно поглощающие как катионы, так и анионы. Первые называют катионитами, а вторые – анионитами. Процессы, протекающие при ионообменном умягчении, именуют соответственно – катионированием и анионированием.

В качестве катионов на практике широко используют сульфуголь и синтетическую смолу марки КУ–2–8, а в качестве анионитов применяют АВ–17–8, АН–18 и др.

Рассматриваемый процесс ионного обмена обусловлен, в основном, следующими двумя обстоятельствами:

– во-первых, практически все растворенные в воде неорганические соли, щелочи и кислоты в большей степени диссоциированы на катионы кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), натрия (Na^{+}), а анионы – на бикарбонаты (HCO_3^{-}), хлориды (Cl^{-}), сульфаты (SO_4^{2-}) и др. и,

– во-вторых, способностью ионитов к эквивалентному обмену с ионами, находящимися в воде.

Последнее свойство объясняется особой структурой ионита [11]. Любой ионит состоит из твердой основы, не растворимой в воде в виде молекулярной сетки, называемой матрицей. К ее поверхности и внутри ее массы тем или иным способом присоединены химически активные специальные функциональные группы атомов, способные к электролитической диссоциации в воде:



Рисунок 8 – Схема структуры молекулы ионита

Вокруг каждой твердой частицы-матрицы 1 ионита, заряженной отрицательно (катионит) или положительно (анионит), размещены функциональные группы, то есть потенциал образующие неподвижные ионы 2 с соответствующим знаком заряда.

При погружении ионита в раствор (воду) вокруг неподвижных ионов активных групп создается диффузионный слой 3 из противоположно заряженных ионов, полученных в результате электролитической диссоциации функциональных групп ионита под действием молекул воды. Противоположно заряженные ионы, как продукт диссоциации, переходят в раствор и становятся подвижными ионами в диффузионном слое вокруг ионита. Они, благодаря повышенному запасу кинетической энергии, способны к ионному обмену с соответствующими ионами раствора (воды) в эквивалентном соотношении.

Теорией определен селективный ряд динамической активности ионов раствора (воды) по вхождению их в катионит, что проявляется при ионном обмене. С увеличением заряда (валентности) иона возрастает сила его притяжения к иониту.

Для катионов этот ряд следующий:

$$H^+ < Na^+ < NH_4^+ < Mg^{2+} < Ca^{2+} < Al^{3+}. \quad (8.1)$$

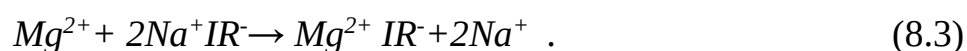
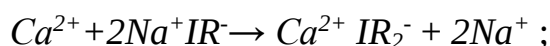
Для анионов:

$$OH^- < HSiO_3^- < HCO_3^- < Cl^- < H_2PO_4^- < NO_3^- < SO_4^{2-}. \quad (8.2)$$

Технология процесса катионирования в практике водоочистки применяется для умягчения питательной воды котлов или при ее обессоливании.

При *Na*- катионировании вода пропускается через слой катионита, загруженного в цилиндрический вертикальный сосуд, называемый фильтром. Катионит предварительно отрегенирован концентрированным раствором натриевой соли, в результате чего он заряжен *Na* - ионами.

В процессе соприкосновения воды с зернами катионита происходят процессы ионного обмена между катионами Ca^{2+} и Mg^{2+} солей жесткости, находящихся в воде, и катионами Na^+ , находящимися в диффузионном слое гидратной оболочки каждого зерна катионита. Первые (Ca^{2+} и Mg^{2+}), адсорбируясь в отмеченной оболочке, вытесняют из нее в эквивалентном количестве катионы Na^+ . Схему такого катионного обмена можно представить реакциями вида:



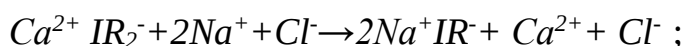
где: R – обозначение радикала твёрдого зерна катионита.

В результате такого катионного обмена воду можно умягчить до остаточной жесткости 5 мкг-экв/л.

Этот процесс будет наблюдаться до проскока жесткости выше установившейся величины.

В этом случае фильтр отключается и катионит подвергается восстановлению, то есть регенерации концентрированным раствором натриевых солей (например $NaCl$).

При регенерации протекают обратные реакции катионного обмена:



Образовавшиеся продукты регенерации в виде солей хлористого кальция и магния являются высоко растворимыми и поэтому отводятся с отработанным регенерационным раствором в водоотводящую систему.

Процесс регенерации истощённого катионита осуществляется последовательно тремя операциями:

- взрыхлении катионита;
- пропускание регенерационного раствора;
- отмывка катионита.

Взрыхление катионита осуществляется путем пропускания взрыхляющей воды через фильтр снизу вверх. В процессе взрыхления происходит удаление мелочи (механически разрушенных зёрен катионита) и грязи, скопившейся на слое катионита в результате фильтрации умягченной воды.

Взрыхление осуществляется до момента осветления воды и занимает по времени $15 \div 20$ минут.

Ввод регенерационного раствора с нормативной концентрацией в нем натриевой соли осуществляется сверху вниз с определенной нормативной скоростью фильтрации и предварительно рассчитанным объемом, в котором количество растворенной натриевой соли обеспечит полное восстановление катионита в форме Na^+ .

Отмывка катионита после регенерации осуществляется для удаления из слоя катионита продуктов регенерации и избытков регенерационного раствора.

Важнейшей технологической характеристикой ионитов является их обменная емкость. Она выражает количество ионов, которые могут быть поглощены единицей массы (г-экв/кг) или единицей объема (г-экв/м³) ионита. Различают полную обменную и рабочую (до проскока жесткости). В практике эксплуатации фильтров используется рабочая обменная емкость, которая отражает количество поглощенных ионов жесткости до момента нарастания остаточной жесткости в умягченной воде в пределах 5 %.

Умягчение воды путём натрий-катионирования достигается либо по одноступенчатой, либо двухступенчатой схеме – последовательным фильтрованием воды через фильтр первой и затем второй ступени.

При одноступенчатом умягчении, применяемом для подготовки питательной воды водогрейных котлов тепловых сетей, остаточная жесткость умягченной воды снижается до 0,1 мг-экв/л при жесткости исходной воды не более 7 мг-экв/л.

При двухступенчатой схеме умягчение воды, применяемой для подготовки питательной воды паровых котлов промышленных предприятий, достигается остаточная жесткость фильтрата $0,01 \div 0,02$ мг-экв/л. Следовательно, число ступеней катионирования определяется требованиями к качеству умягчаемой воды, учитывая начальную жесткость исходной воды.

При круглосуточной работе установки количество натрий-катионитных фильтров первой ступени принимается не менее двух, при этом один должен быть резервным.

Для второй ступени катионирования обычно принимают два фильтра с укороченной геометрической высотой при высоте слоя катионита 1,5 м против 2,5 м в первой ступени. В некоторых случаях, особенно при малых производительностях ВПУ, фильтры второй ступени принимают такие же, как и первой ступени. В этом случае число фильтров тоже будет четыре: два – первой ступени, один – второй ступени и один – резервный для обеих ступеней.

Основными исходными данными для расчёта натрий – катионитовой установки являются: производительность, исходная общая жесткость умягчаемой воды и остаточная жесткость фильтрата.

Расчет натрий-катионитового фильтра начинается с определения необходимого диаметра фильтра и их количества (a_ϕ) по номинальной допустимой скорости фильтрации, принятой по данным [11] в зависимости от исходной жесткости умягчаемой воды. Площадь сечение фильтра определяют по формуле:

$$f_\phi = 0,785 \cdot d_\phi^2 = \frac{Q_{Na}}{U_H \cdot a_\phi}, \text{ м}^2, \quad (8.5)$$

где: Q_{Na} – производительность натрий-катионитовой установки по заданию, м³/ч;

U_H – номинальная скорость фильтрации по данным [11], м/с;

a_ϕ – число одновременно работающих фильтров первой (или второй) ступени с учетом фильтра, находящегося на регенерации, но без учета резервного, находящегося в ремонте.

Максимальная скорость фильтрации не должна превышать её максимально допустимого значения [11] и определяется по формуле:

$$U_{mak.} = \frac{Q_{Na}}{f_\phi \cdot (a_\phi - 1)}. \quad (8.6)$$

Размеры (в основном диаметр) и количество фильтров каждой ступени выбирают таким образом, чтобы при наименее благоприятном качестве исходной воды и ремонте резервного фильтра число регенераций каждого фильтра было не более трех за сутки.

Для расчета числа регенераций фильтра необходимо рассчитать количество солей жесткости «А», поглощаемых при Na – катионировании за сутки:

$$A_{жс} = 24 \cdot \Delta Ж \cdot Q_{Na} , \text{ г-экв/сут} , \quad (8.7)$$

где: $\Delta Ж = Ж_{ув} - Ж_{ост}$ – соли жесткости, поглощенные в первой или второй ступени фильтра, в соответствии с видом расчетной ступени, г-экв/м³.

Число регенераций каждого фильтра в сутки определяется по формуле:

$$n_p = \frac{A_{жс}}{f_{\phi} \cdot H_{сл} \cdot E_{Na}^p \cdot a_{\phi}} , \text{ рег/сут} , \quad (8.8)$$

где: $H_{сл}$ – высота слоя катионита (см. выше), м;

a_{ϕ} – число работающих фильтров;

E_{Na}^p – рабочая емкость катионита, определяемая по уравнению:

$$E_{Na}^p = \alpha_{\phi} \cdot \beta_{\phi} \cdot E_{Na}^{пол} - 0,5 \cdot g_{отм} \cdot \Delta Ж , \text{ г-экв/м}^3 ; \quad (8.9)$$

$\alpha_{\phi} = 0,74$ – коэффициент эффективности регенерации при удельном расходе соли на регенерацию $d_{pp} = 120 \div 150$ г соли/г-экв емкости катионита;

$\beta_{\phi} = 0,75 \div 0,80$ – коэффициент снижения обменной емкости катионита, учитывающий противоионный эффект ионов жесткости в умягчаемой воде;

$g_{отм}$ – удельный расход воды на отмывку катионита, принимаемый равным $4 \div 8$ м³/м³ кат в зависимости от вида катионита и натрий фильтра;

Затем, рассчитывается суточный расход технической соли на регенерацию фильтров по формуле:

$$Q_{NaCl}^T = \frac{Q_c \cdot a_{\phi} \cdot n_p \cdot 100}{93} , \text{ кг/сут} , \quad (8.10)$$

где: 93 % – содержание чистого компонента $NaCl$ в технической соли;

Q_c – расход поваренной соли на одну регенерацию фильтра, определяемый из уравнения:

$$Q_c = \frac{E_{Na}^p \cdot f \cdot H_{cl} \cdot g_c}{1000}, \text{ кг/рег.}, \quad (8.11)$$

где: g_c – удельный расход соли на регенерацию, (г соли/г-экв обменной способности катионита), принимаемый согласно рекомендациям [11].

Межрегенерационный период работы каждого фильтра определяется из уравнения:

$$T_{Na} = \frac{24}{n_p} - \tau_{рег.}, \quad (8.12)$$

где: $\tau_{рег}$ – время регенерации фильтра, равное:

$$\tau_{рег} = \tau_{взр} + \tau_{p-p} + \tau_{отм}, \text{ мин.}, \quad (8.13)$$

где: $\tau_{взр}$ – время взрыхления, рекомендованное выше, мин.;

τ_{p-p} – время пропуска регенерационного раствора, определяемое по формуле:

$$\tau_{p-p} = \frac{Q_{p-p} \cdot 60}{U_{p-p} \cdot f_{\phi}}, \text{ мин.}, \quad (8.14)$$

где: U_{p-p} – скорость пропуска раствора соли, принимаемая равной $3 \div 5$ м/ч;

$\tau_{отм}$ – время отмывки катиона, определяемое из выражения:

$$\tau_{отм} = \frac{Q_{отм} \cdot 60}{U_{отм} \cdot f_{\phi}}, \text{ мин.}, \quad (8.15)$$

где: $U_{отм}$ – скорость пропуска отмывочной воды ($Q_{отм}$), принимаемая равной $6 \div 8$ м/ч.

8.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 8.1. Провести расчет водоподготовительной установки (ВПУ) для энергетического предприятия при следующих исходных данных:

- вид объекта – городское Муниципальное предприятие «Теплосеть»;
- вид источника – водопроводная сеть г. Ставрополя;
- вид ВПУ – 2-х ступенчатая *Na* – катионитовая установка;
- вид катионита – синтетическая ионообменная смола КУ–2;
- производительность ВПУ – 10 т/ч.

8.3 Вопросы к практическому занятию

1. Дать классификацию промышленных ионообменных смол.
2. Чем отличается рабочая емкость поглощения ионита от полной?
3. Обосновать условия применения одно- и двух ступенчатых ВПУ.
4. Поясните назначение операций взрыхления, регенерации и отмывки.

8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

8.1. Основная литература

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Ч.1. Теоретические основы создания микроклимата здания: Уч. пос./ Полушкин В. И., Русак О. Н., Бурцев С. И. и др. – СПб: Профессия. 2002. – 176 с.

2. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений: Учебник / Е. Н. Бухаркин, В. М. Овсянников, К. С. Орлов и др.; Под ред. Ю. П. Соснина. – М.: Высшая школа, 2001. – 415 с.

8.2. Дополнительная литература

3. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочник: В 4 кн. / Под ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина. Кн. 1. Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 528 с.

4. СНИП П–34–76. Горячее водоснабжение. Нормы проектирования / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 26 с.

5. СНИП 2.04.07–86.* Тепловые сети / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 48 с.

6. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. Справочник/ А. А. Александров, Б. А. Григорьев. Изд-во МЭИ, 1999. – 164 с.

7. Справочник по котельным установкам малой производительности / Под ред. К. Ф. Роддатиса. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 488 с.
8. СНиП 2.01.01 - 2000 Строительная климатология и геофизика.
9. Справочник проектировщика. Часть I. Под ред. И. Г. Староверова. М.: Стройиздат, 1991. – 344 с.
10. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э.Б. Хиж и др. – 3-е изд. – М.: Стройиздат, 1998. – 432с.
11. Кострикин Ю. М. и др. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. Справочник, - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 252с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к курсовому проекту
по дисциплине «Теплоснабжение»
для студентов специальности
08.03.01 Теплогазоснабжение и вентиляция»**

В методических указаниях по выполнению курсового проекта по дисциплине «Теплоснабжение» для студентов специальности 08.03.01 «Теплогазоснабжение и вентиляция» даны рекомендации по выполнению курсового проекта по теплоснабжению, которые включают задание и исходные данные на проектирование, объем, содержание и последовательность выполнения расчетно-пояснительной записки и графической части проекта. В разделах проекта приводятся методики и рекомендации по оценке тепловых нагрузок района города; выбору профиля и расчету элементов конструкции теплотрассы; расчету гидравлического режима системы теплоснабжения и регулированию отпуска тепла; выбору основного оборудования источника теплоснабжения, а также рекомендации по автоматизации системы и экономии тепловой энергии. Приведенный в приложениях справочный материал представляет интерес как для студентов, так и для инженерно-технических работников.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи курсового проекта	4
2. Формулировка задания и его объем	5
2.1. Формулировка задания.....	5
2.2. Объем курсового проекта	6
2.3. Индивидуальное задание на проектирование и выбор исходных данных.	7
3. Основное содержание курсового проекта по разделам, последовательность и порядок их выполнения.....	13
3.1. Определение структуры проектируемого района города и расчет тепловых нагрузок	13
3.2. Определение годового теплопотребления и требуемых топливных ресурсов	18
3.3. Регулирование отпуска тепла	22
3.4. Гидравлический расчет и гидравлический режим системы теплоснабжения.....	25
3.5. Выбор сетевых и подпиточных насосов.....	41
3.6. Механический и тепловой расчет трубопроводов теплосети	43
3.7. Трасса, профиль и элементы строительных конструкций теплосети	49
3.8. Выбор основного теплоподготовительного оборудования источника тепла.....	51
3.9. Описание систем автоматизации и контроля тепловых систем и мероприятия по экономии тепловой энергии	53
4. Общие требования к курсовому проекту	54
5. Рекомендации по организации работ над проектом, примерный календарный план его выполнения.....	55
6. Порядок защиты и ответственность студента за выполнение задания по курсовому проекту	56
7. Список рекомендуемой литературы.....	57

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Одним из основных методов изучения дисциплины «Теплоснабжение» является выполнение курсового проекта.

Цели выполнения курсового проекта:

- увязка теоретических основ дисциплины с решением практических задач теплоснабжения;
- формирование умения дать оценку теоретическим положениям и использовать их в инженерной деятельности;
- овладение совокупностью методов повышения эффективности эксплуатации теплосилового оборудования;
- приобретение умений практического принятия инженерных решений.

Подбор и изучение необходимого материала, самостоятельное выполнение курсового проекта позволит студенту в большей степени подготовиться к принятию инженерных решений, возникающих в процессе функционирования централизованных систем теплоснабжения в современных условиях. Глубокое изучение теоретических аспектов рассматриваемых технологических вопросов, анализ и оценка работы оборудования позволят студенту подготовиться к более качественному выполнению дипломного проекта.

2. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЕМ

2.1. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ

В курсовом проекте разрабатывается система централизованного теплоснабжения района города современной индустриальной застройки. Приготовление теплоносителя (горячей воды) осуществляется на базе теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) или районной котельной (РК). Исходные данные для расчета принять в соответствии с шифром задания из таблиц 1÷4 раздела 2.3.

На основании исходных данных выполнить следующее:

2.1.1. Разработать принципиальную схему системы теплоснабжения района города и дать характеристику основных ее элементов.

2.1.2. По укрупненным показателям определить тепловые нагрузки по всем видам теплопотребления для заданного района города.

2.1.3. Определить годовое потребление тепла от централизованного источника теплоснабжения на основании графиков сезонной и круглогодичной тепловых нагрузок.

2.1.4. Определить годовую потребность в топливе источника тепла для покрытия расчетных тепловых нагрузок.

2.1.5. Принять схему присоединения водонагревателей горячего водоснабжения и решить задачи регулирования отпуска тепла.

2.1.6. Выполнить гидравлический расчет разветвленной теплосети и по его результатам разработать гидравлический режим системы теплоснабжения.

2.1.7. Выполнить механический и тепловой расчет трубопроводов теплосети.

2.1.8. Разработать трассу, профиль и элементы строительных конструкций тепловой сети.

2.1.9. Произвести подбор основного оборудования водонагревательной установки.

2.1.10. Дать описание систем автоматизации и контроля тепловых сетей и разработать мероприятия по экономии тепловой энергии.

2.2. ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки (35÷40с.) и графической части (1 лист формата А 1).

2.2.1. Содержание расчетно-пояснительной записки

Введение.

Задание на проектирование и выбор исходных данных.

Определение структуры проектируемого района города и расчет тепловых нагрузок по всем видам теплопотребления.

Определение годового теплопотребления района и требуемого для его покрытия количества топлива.

Регулирование отпуска тепла.

Гидравлический расчет и гидравлический режим системы теплоснабжения.

Механический и тепловой расчет трубопроводов теплосети.

Трасса, профиль и элементы строительных конструкций тепловой сети.

Выбор основного теплообменного оборудования источника тепла.

Описание систем автоматизации и контроля тепловых систем и мероприятия по экономии тепловой энергии.

2.2.2. Содержание графической части

Генплан района города с наложением геодезического рельефа, нанесением теплотрассы и узлов камер, указанием номеров кварталов и их расчетных тепловых нагрузок.

Принципиальная схема системы теплоснабжения.

Расчетная схема тепловой сети с указанием характеристик каждого участка (протяженность, расход теплоносителя, удельные потери давления).

Профиль тепловой сети с нанесением верхних отметок зданий микрорайонов и график давления в системе теплоснабжения.

Поперечные разрезы теплотрассы в начальном и конечном участках трассы.

2.3. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

2.3.1. Индивидуальные исходные данные принимаются в соответствии с индивидуальным шифром задания, который выдается каждому студенту. Шифр задания состоит из пяти чисел, каждое из которых обозначает номер строки в соответствующей таблице, из которой студент должен записать индивидуальное задание: первая цифра шифра обозначает номер строки в первой таблице исходных данных; вторая и третья – во второй; четвертая – в третьей; пятая – в четвертой. Задание оформляется в соответствии с приложением 1.

Для всех вариантов принимается:

1. Схема тепловой сети – тупиковая.
2. Система теплоснабжения – водяная двухтрубная.
3. Прокладка трубопроводов теплотрассы – подземная в непроходных каналах.
4. Расстояние между сальниковыми компенсаторами на всех участках трассы – $80 \div 100$ м.

2.3.2. Таблицы индивидуальных исходных данных

Таблица 1 – География проектируемого объекта (города)

Первая цифра (число) шифра	Город	Первая цифра (число) шифра	Город
1	Архангельск	15	Мурманск
2	Астрахань	16	Новосибирск
3	Барнаул	17	Нижний Новгород
4	Брянск	18	Омск
5	Владивосток	19	Пермь
6	Владимир	20	Ростов-на-Дону

7	Волгоград	21	Санкт-Петербург
8	Воронеж	22	Самара
9	Екатеринбург	23	Сочи
10	Иркутск	24	Ставрополь
11	Красноярск	25	Уфа
12	Краснодар	26	Хабаровск
13	Липецк	27	Чита
14	Москва	28	Ярославль

Таблица 2 – Характеристики проектируемого жилого района

Вторая цифра шифра	Плотность жилого фонда, f_s , $m^2/га$	Этажность застройки	Плотность населения, m_s , чел/га	Третья цифра шифра	Площадь квартала, S , га	Характеристика грунта
1	2700-3200	4, 5, 6	311-378	1	2,0	Сухой
2	3000-3400	5, 6, 7	356-400	2	2,4	Маловлажный
3	3200-3600	6, 7, 8	378-422	3	2,6	Влажный
4	3400-3800	7, 8, 9	400-467	4	2,8	Сухой
5	2800-3200	4, 5, 6	311-378	5	3,0	Маловлажный
6	3000-3400	5, 6, 7	356-400	6	3,2	Влажный
7	3200-3600	6, 7, 8	378-422	7	3,4	Сухой

8	3400-3800	7, 8, 9	400-467	8	3,6	Мало- влажн ый
9	2800-3200	4, 5, 6	311-378	9	3,8	Влажн ый
0	3000-3400	5, 6, 7	356-400	0	4,0	Сухой

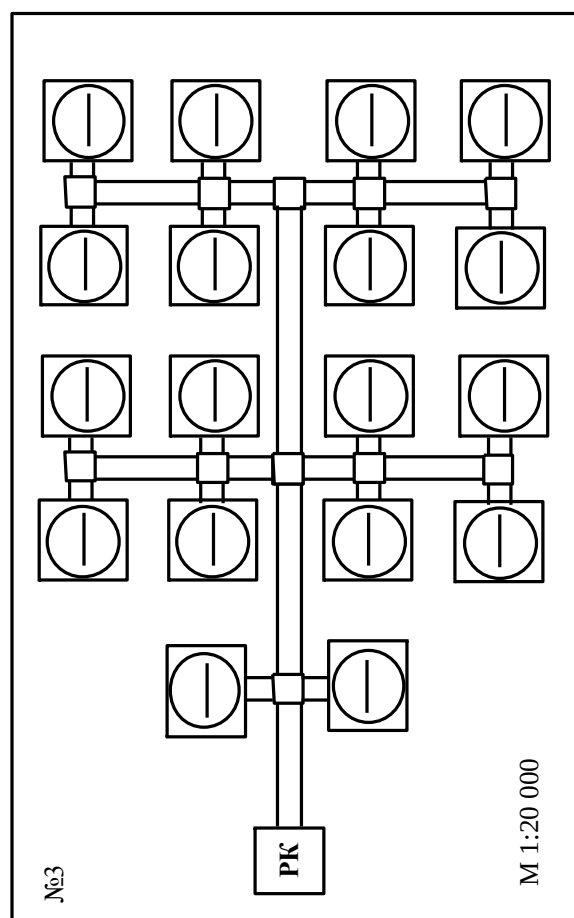
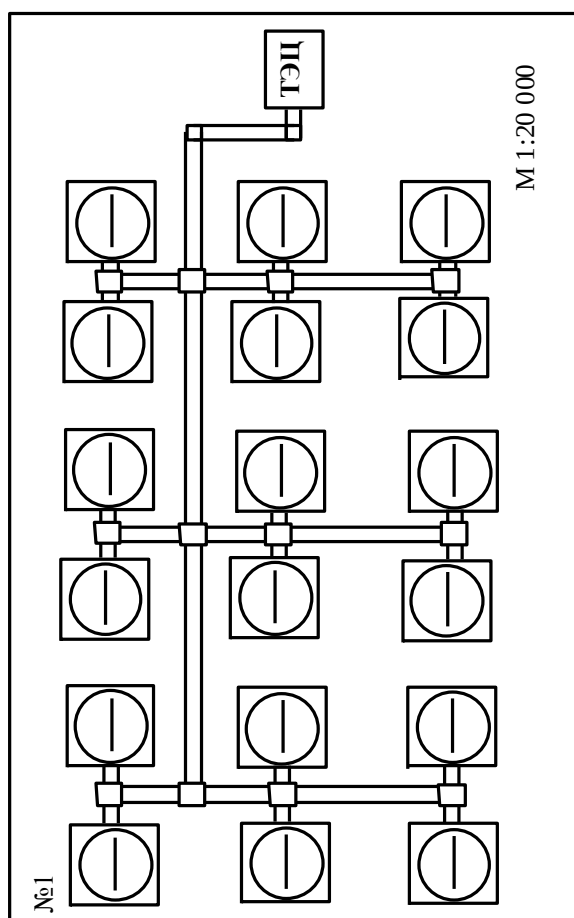
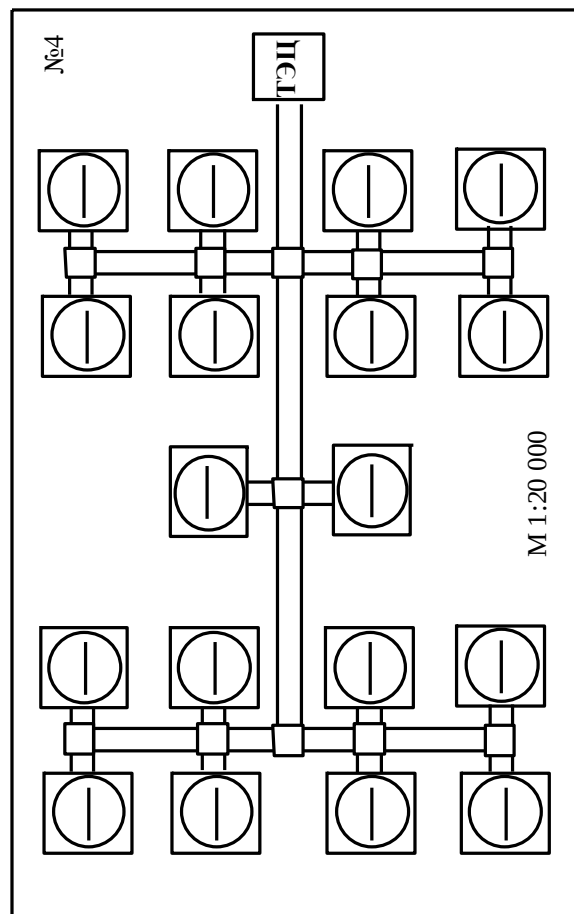
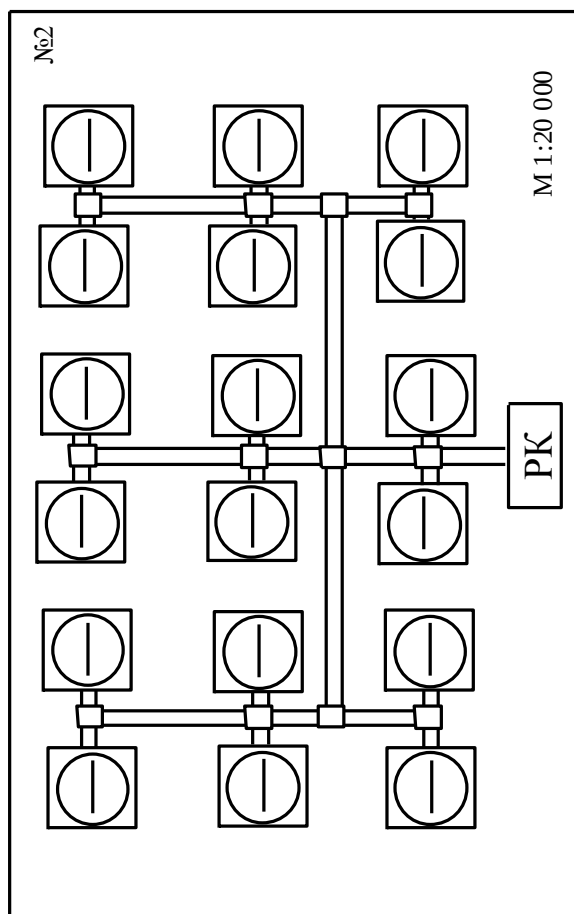


Рисунок 1 – Генплан районов города

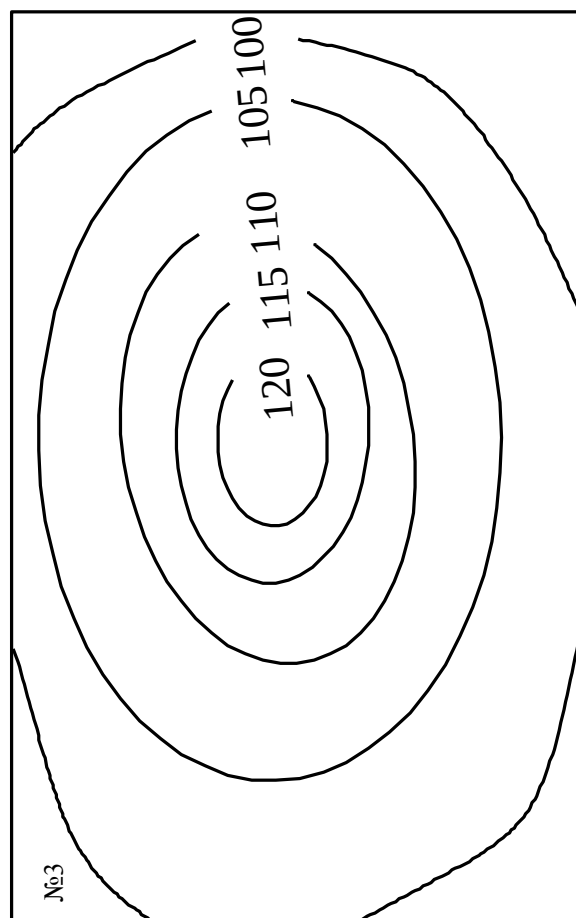
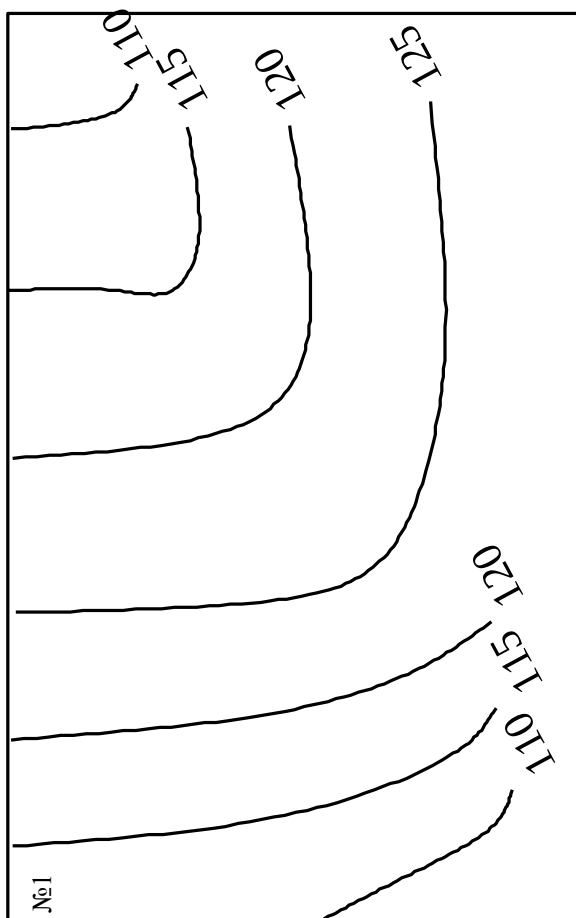
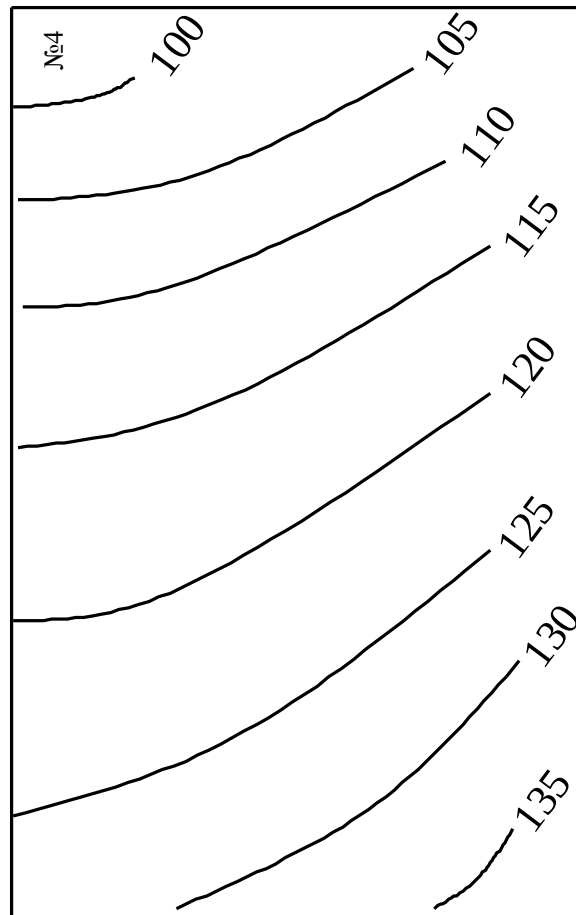
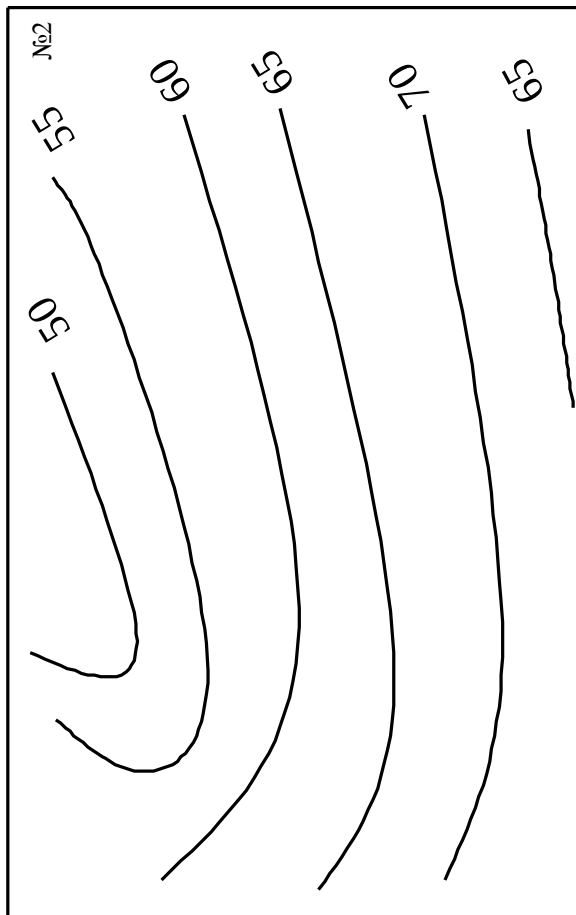


Рисунок 2 – Геодезический рельеф районов города

Таблица 3 – Характеристика системы теплоснабжения

Наименование показателей	Четвертая цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вид системы	отк.	зак.	отк.	зак.	отк.	зак.	отк.	зак.	отк.	зак.
Расчетный перепад температур в тепловой сети, °С	130 –70	140 –70	150 –70	130 –70	140 –70	150 –70	130 –70	140 –70	150 –70	130 –70
Охват населения централизованным теплоснабжением, % от числа жителей (р):										
а) отопление	100	80	75	90	95	80	70	75	85	90
б) горячее водоснабжение	90	85	70	100	90	95	80	75	85	100

Таблица 4 – Планировка и рельеф местности проектируемого объекта

Наименование	Пятая цифра (число) шифра															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Генплан района по рис.1	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Геодезический рельеф	4	3	2	1	3	2	1	4	1	4	3	2	2	1	1	3

по рис.2

3. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО РАЗДЕЛАМ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И ПОРЯДОК ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО РАЙОНА ГОРОДА И РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК

3.1.1. Формирование структуры района

После ознакомления с заданием на проектирование и выбора исходных данных необходимо разработать принципиальную схему системы теплоснабжения района города. Схемы источников теплоснабжения на базе ТЭЦ или районной котельной приведены соответственно в приложениях 3 и 4. При этом необходимо охарактеризовать основные элементы схемы: источник тепловой энергии, тепловую сеть, потребителей тепла. Следует отметить положительные качества и недостатки принятой схемы теплоснабжения района. Наиболее распространенными являются двухтрубные водяные системы теплоснабжения открытого или закрытого типа, которые и заложены в исходных данных на проектирование. Рекомендации по выбору системы теплоснабжения можно найти в источниках [1, 2, 3]. Схемы тепловых сетей должны проектироваться с учетом [4].

3.1.2. Расчет тепловых нагрузок района

Общий расчетный расход тепловой энергии (тепловая нагрузка), который должна обеспечивать система теплоснабжения, определяется как сумма максимальных тепловых нагрузок на отопление, горячее

водоснабжение жилых и общественных зданий и вентиляцию общественных зданий по формуле:

$$Q_p = K \cdot (Q_o^{\text{жс}} + Q_o^{\text{общ}} + Q_{\text{в}}^{\text{общ}} + Q_{\text{с.в.}}^{\text{жс}} + Q_{\text{с.в.}}^{\text{общ}}), \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

где K – коэффициент, учитывающий потери тепла в тепловых сетях, принимаемый по данным [1] в пределах $1,03 \div 1,05$;

$Q_o^{\text{жс}} ; Q_{\text{с.в.}}^{\text{жс}}$ – максимальные тепловые нагрузки на отопление и горячее водоснабжение жилых зданий;

$Q_o^{\text{общ}} ; Q_{\text{в}}^{\text{общ}} ; Q_{\text{с.в.}}^{\text{общ}}$ – максимальные тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение общественных зданий.

Для жилых районов городов и других населенных пунктов тепловые нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения определяются по укрупненным показателям [4] в зависимости от численности населения, величины жилой площади и климатических данных географического района строительства.

Численность жителей в каждом из трех типов микрорайонов определяется на основании принятых исходных данных по формуле:

$$m_i = (m_s)_i \cdot S \cdot \frac{P_{\text{с.в.}}}{100}, \text{ чел}, \quad (3.2)$$

где $(m_s)_i$ – плотность населения типового микрорайона, чел/га;

S – площадь квартала, га;

$P_{\text{с.в.}}$ – охват населения централизованной системой горячего водоснабжения, %.

Жилая площадь каждого из трех типов микрорайонов также определяется на основании исходных данных по формуле:

$$F_i = (f_s)_i \cdot S \cdot \frac{P_o}{100}, \text{ м}^2, \quad (3.3)$$

где $(f_s)_i$ – плотность жилого фонда типового микрорайона, м²/га;

P_o – охват населения централизованной системой отопления.

Результаты расчетов по определению структуры проектируемого района представляем в виде таблицы (формуляра), форма которой показана ниже.

Таблица 5 – Формуляр для записи расчетов по определению структуры района города

Номер квартала	Этажность	Площадь квартала, S, га	Плотность жилого фонда, f_s , м ² /га	Плотность населения, m_s , чел/га	Жилая площадь квартир, F, м ²	Численность жителей, m, чел
1	2	3	4	5	6	7

Для принятого по заданию географического района строительства по данным [5] или приложению 2 выписываются климатологические показатели, которые представляются в виде таблицы.

На основании расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления ($t_{н.о}^p$) из таблицы 6 принимается укрупненный показатель расхода тепла на отопление жилых зданий (q , Вт/м²).

Таблица 6 – Значения укрупненного показателя максимального расхода тепла на отопление жилых зданий

$t_{н.о}^p$, °С	0	-10	-20	-30	-40
q , Вт/м ²	93,1	128	151,3	174,6	186,2

Примечание: промежуточные значения определяются по интерполяции.

Максимальная тепловая нагрузка на отопление жилых и общественных зданий квартала при ($t_{н.о}^p$) определяется по управлению

$$Q_o^{жс+общ} = Q_o^{жс} + Q_o^{общ} = Q_o^{жс} + k \cdot Q_o^{жс} = (1+k) \cdot Q_o^{жс}, \text{ кВт}, \quad (3.4)$$

где $Q_o^{жс} = 10^{-3} \cdot q \cdot F$ – максимальная тепловая нагрузка на отопление жилых зданий квартала, кВт;

k – коэффициент, учитывающий расход тепла на отопление общественных зданий; при отсутствии проектных характеристик должен приниматься по данным [4], равным 0,25.

Максимальная тепловая нагрузка на вентиляцию общественных зданий квартала при расчетной вентиляционной температуре наружного воздуха (t^p н.в.) определяется по данным [4] из формулы:

$$Q_v^{общ} = k_1 \cdot Q_o^{общ} = k_1 \cdot k \cdot Q_o^{жс}, \text{ кВт}, \quad (3.5)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий расход тепла на вентиляцию общественных зданий; при отсутствии проектных характеристик должен приниматься по данным [4], равным 0,4.

Среднечасовая тепловая нагрузка за отопительный период на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий определяется по данным [4] из формулы:

$$Q_{г.в.}^{ср} = \frac{m \cdot (a + в) \cdot (t_{г.в.} - t_{х.з.}) \cdot C_v}{24 \cdot 3600}, \text{ кВт}, \quad (3.6)$$

где m – численность жителей квартала, чел;

$a, в$ – нормы среднесуточного расхода горячей воды в (л) соответственно на одного жителя района и служащего общественных

зданий; по данным [6] принимаются соответственно равными 105 и 20 л/сут;

$t_{г.в}$ – температура горячей воды, принимаемая по данным [2] равной + 65°C – для открытых систем и + 60°C – для закрытых систем;

$t_{х.в}$ – температура холодной водопроводной воды в течении отопительного периода принимается по данным [4], равной +5°C;

$C_{в} = 4,19$ кДж/кг · К – удельная теплоемкость воды.

Максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий определяется по формуле:

$$Q_{г.в}^{\max} = K_{ч} \cdot Q_{г.в}^{cp}, \text{ кВт}, \quad (3.7)$$

где $K_{ч}$ – коэффициент максимальной часовой неравномерности потребления горячей воды, определяемый по данным [1] из формулы:

$$K_{ч} = 7,5 \cdot (a \cdot m)^{-0,1}. \quad (3.8)$$

Результаты расчетов теплопотребления по кварталам проектируемого района представим в виде таблицы (формуляра), форма которой показана ниже.

Таблица 7 – Формуляр для записи результатов расчетов теплопотребления по кварталам

Номер квартала	Коэф. час. неравн., $K_{ч}$	Расход тепла, кВт						
		$Q_{ж\ o}$	$Q_{общ\ o}$	$Q_{ж+общ\ o}$	$Q_{общ\ в}$	$Q_{ср\ г.в}$	$Q_{\max\ г.в}$	ΣQ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
2								
3								
.								

.								
18								
Итого								
Суммарная тепловая нагрузка проектируемого района (с учетом теплопотерь в сети в размере 5%) составит:								

3.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВОГО ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ РАЙОНА И ТРЕБУЕМЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ

3.2.1. Расчет годового теплопотребления

Годовой расход тепла по проектируемому жилому району определяется как сумма расходов тепла на покрытие сезонной нагрузки (отопление и вентиляция) и круглогодичной нагрузки (горячее водоснабжение) и рассчитывается по формуле:

$$Q^{год} = Q_o^{год} + Q_{\text{в}}^{год} + Q_{\text{г.в}}^{год}, \text{ МДж}, \quad (3.9)$$

где $Q_o^{год} + Q_{\text{в}}^{год}$ – годовой расход тепла на покрытие сезонной тепловой нагрузки (отопление и вентиляция), определяемый по графику продолжительности действия сезонной нагрузки;

$Q_{\text{г.в}}^{год}$ – годовой расход тепла на покрытие круглогодичной тепловой нагрузки (горячее водоснабжение), определяемый по графику круглогодичной нагрузки. Кроме того, годовой расход тепла на горячее водоснабжение с достаточной точностью может быть определен по величине средних тепловых нагрузок на горячее водоснабжение в отопительный и летний периоды по формуле:

$$Q_{\text{г.в}}^{год} = (Q_{\text{г.в}}^{cp} \cdot n_o + Q_{\text{г.в}}^{cp.l} \cdot n_l) \cdot 3,6, \text{ МДж}, \quad (3.10)$$

где $Q_{\text{с.в.}}^{\text{ср}}$ – средняя суммарная тепловая нагрузка района на горячее водоснабжение за отопительный период, определенная в разделе 4, кВт;

$Q_{\text{с.в.}}^{\text{ср.л}}$ – средняя суммарная тепловая нагрузка района на горячее водоснабжение в летний период, определяемая по данным [4] из формулы:

$$Q_{\text{с.в.}}^{\text{ср.л}} = Q_{\text{с.в.}}^{\text{ср}} \cdot \frac{t_{\text{с.в.}} - t_{\text{х.л}}}{t_{\text{с.в.}} - t_{\text{х.в}}} \cdot \beta, \text{ кВт}, \quad (3.11)$$

где $t_{\text{х.л}}$ – температура холодной водопроводной воды в летний период, принимаемая равной +15 °С;

β – коэффициент, учитывающий снижение среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение в летний период, принимаемый равным 0,8;

n – продолжительность отопительного периода из таблицы климатологических данных (приложение 2), час;

$n_{\text{л}}$ – продолжительность летнего периода, определяемая как остаток от числа часов в году за вычетом продолжительности отопительного периода и числа часов на профилактику и ремонт в течение 15 суток из формулы:

$$n_{\text{л}} = 8760 - n_{\text{о}} - n_{\text{проф}}, \text{ час}. \quad (3.12)$$

График круглогодичной тепловой нагрузки горячего водоснабжения, строящийся на основании формулы (3.10), совмещают с графиком сезонной тепловой нагрузки, в результате чего получают комплексный график годового потребления тепла. Форма построения такого графика показана на рис. 3. Верхнее поле от горизонтальной оси представляет собой график сезонной нагрузки, а нижнее – график круглогодичной нагрузки.

Сезонная тепловая нагрузка (отопление и вентиляция) имеет место только в течение отопительного периода, в пределах которого она изменяется от нуля до расчетного максимума в зависимости от изменения температуры наружного воздуха.

График сезонной тепловой нагрузки строится для определения полного расхода тепла в течение отопительного периода сезонными потребителями и выбора экономичного режима работы оборудования. График состоит из двух частей: (а) и (б). На левой части графика (а) строится зависимость величины тепловой нагрузки (ось ординат) от температуры наружного воздуха (ось абсцисс):

– для отопления (линия Q_o); для вентиляции (линия Q_v), а также суммарная сезонная тепловая нагрузка – (линия Q_{o+v}).

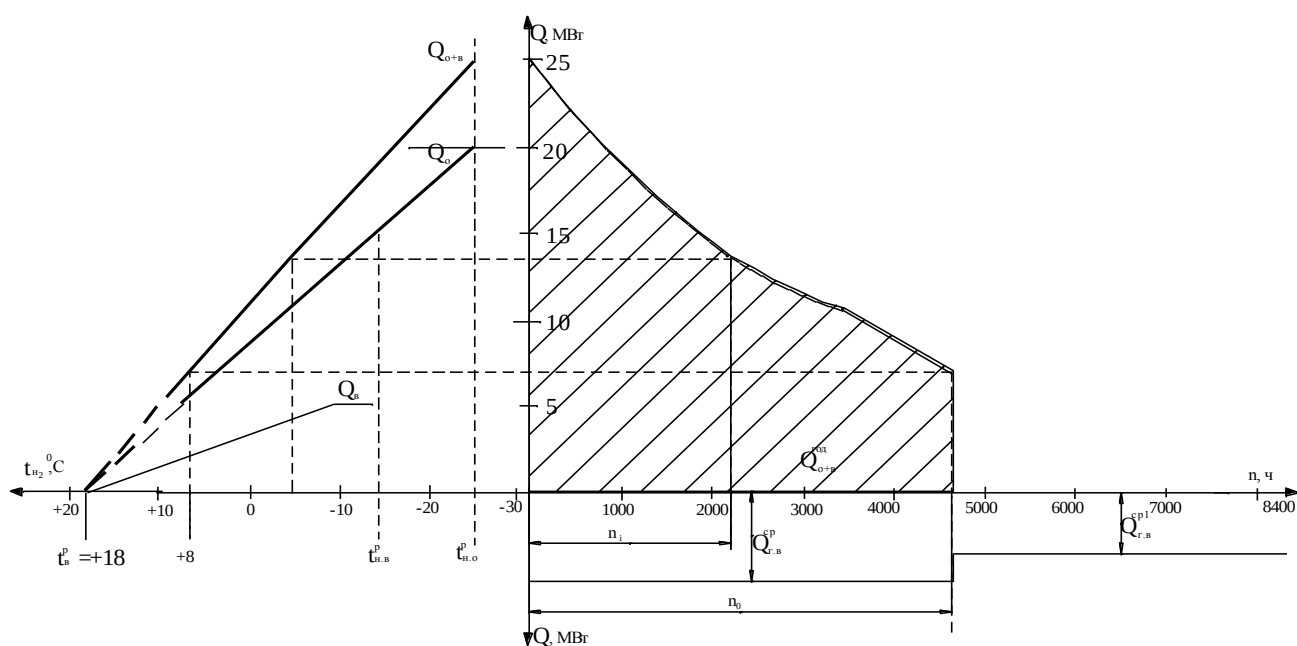


Рисунок 3 – График годового потребления тепла

Так как отопительная и вентиляционная тепловые нагрузки линейно зависят от температуры наружного воздуха, построение линий Q_o и Q_v на графике ведется по двум точкам:

- первая точка при $t_n = +18^\circ\text{C}$ $Q_o = 0$ и $Q_v = 0$;
- вторая точка для линии Q_o при $t_o = t_n.o$, $Q_o = Q_o^{\text{жс}} + Q_o^{\text{общ}}$, т.е. максимальной тепловой нагрузке на отопление, определяемой по формуле (3.4);

– вторая точка для линии Q_v при $t_n = t_{н.в}^p$, $Q_v = Q_v^{общ}$, т.е. при максимальной тепловой нагрузке на вентиляцию, определяемой по формуле (3.5). При $t_n < t_{н.в}^p$ величина $Q_v = Q_v^{общ}$ не изменяется и линия Q_v идет горизонтально до $t_n = t_{н.о}^p$.

На правой части графика (б) строится график продолжительности сезонной тепловой нагрузки. По оси ординат в масштабе, равном принятому для части (а), откладывается величина суммарной тепловой нагрузки. Каждая точка графика (б) строится следующим образом. Для принятой температуры наружного воздуха по графику (а) определяется соответствующая суммарная тепловая нагрузка $Q_{(o+v)i}$, которая переносится на часть графика (б). Одновременно на оси времени графика (б) откладывается число часов стояния (n_i) температур наружного воздуха, равных t_{ni} и ниже ее, которое определяется из таблицы климатологических данных (приложение 2). Пересечение координат $Q_{(o+v)i}$ и n_i дает искомую точку графика (б). Соединяя плавной кривой все построенные аналогичным образом точки, получим график продолжительности сезонной тепловой нагрузки.

Так как отопительный сезон начинается при $t_n \leq 8\text{ }^{\circ}\text{C}$, число часов стояния температур при $t_i = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ равно продолжительности отопительного периода (n_0), а данная точка является конечной точкой графика (б). График строится на листах миллиметровой бумаги формата А 3 или А 4.

Так как на графике (б) по оси ординат отложена величина тепловой нагрузки в МВт, а по оси абсцисс – продолжительность этой нагрузки в часах, то площадь под кривой графика (б) выражает суммарный расход тепла при всех нагрузках в течение всего отопительного сезона в МВт часах или МДж (с учетом, что $1\text{ МВт.ч} = 3600\text{ МДж}$).

Определение расхода тепла по графику (б) может быть выполнено следующим образом:

- графическим путем определяется физическая площадь (F) под кривой на графике (б) в мм²;
- вычисляется масштаб площади графика (б):

$$\mu_F = \mu_O \cdot \frac{MBm}{мм} \cdot \mu_\Pi \cdot \frac{MBm \cdot ч}{мм}, \frac{MBm \cdot ч}{мм^2}; \quad (3.13)$$

- определяется годовой расход тепла на сезонную нагрузку:

$$Q_{o+6}^{год} = F \cdot \mu_F \cdot 3600, \text{ МДж}. \quad (3.14)$$

3.2.2. Определение годовой потребности топлива для покрытия расчетных тепловых нагрузок района

Настоящий этап расчета обусловлен необходимостью своевременной подачи топлива к источнику тепла, а также создания возможных его резервных запасов с целью обеспечения бесперебойного теплоснабжения проектируемого района города.

Так как вид топлива заданием не лимитируется, то оценку годовой потребности целесообразно выполнить в расчете на условное топливо:

$$B_{y.m}^{год} = \frac{Q^{год}}{Q_{n(y.m)}^p \cdot \eta_k}, \text{ кг/год}, \quad (3.15)$$

где $Q_{n(y.m)}^p$ – низшая теплота сгорания условного топлива, принимаемая равной 29,3 МДж/кг;

η_k – коэффициент полезного действия источника тепла, принимаемый равным 0,90 – 0,92.

3.3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТПУСКА ТЕПЛА

3.3.1. Выбор вида регулирования

Согласно данным [4] для двухтрубных водяных систем теплоснабжения при наличии в районе теплоснабжения нагрузок отопления, вентиляции и горячего водоснабжения должно применяться центральное качественное регулирование отпуска тепла по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения (повышенный график температур воды).

При суммарной среднечасовой нагрузке на горячее водоснабжение менее 15% от суммарной максимальной нагрузки на отопление ($\rho = Q_{2.8}^{cp} / Q_o \leq 0,15$) допускается применять центральное качественное регулирование по нагрузке отопления (отопительный график температур воды).

В обоих случаях центральное качественное регулирование отпуска тепла ограничивается минимальными температурами воды в подающей линии тепловой сети (точки излома температурных графиков):

- а) для закрытых систем теплоснабжения – не менее 70°C;
- б) для открытых систем теплоснабжения – не менее 60°C.

При регулировании закрытых систем теплоснабжения по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения на абонентских вводах должна приниматься двухступенчатая последовательная схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения, а при регулировании по отопительной нагрузке – двухступенчатая смешанная или параллельная схема (приложение 5).

При регулировании открытых систем теплоснабжения по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения должна применяться схема «связанного регулирования» на вводе, а при регулировании по отопительной нагрузке – схема «несвязанного регулирования» (приложение 5).

3.3.2. Построение температурных графиков

Расчет и построение графиков центрального качественного регулирования отпуска тепла следует выполнять, используя методику [3] или данные приложений 6, 7, 8, 9. При построении температурных графиков центрального качественного регулирования тепловой нагрузки (приложения 6–9) принята следующая индексация параметров и технологических показателей:

- один штрих (') в обозначении параметров и нагрузок соответствует расчетному режиму максимальной нагрузки теплосети;
- три штриха (''') в обозначении параметров теплосети характеризуют точку перелома графика;
- буквенный индекс (о) характеризует параметры теплоносителя отопительного температурного графика;
- цифровые индексы (1) и (2) в обозначении температур отвечают, соответственно, состоянию теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе теплосети, а в обозначении перепадов температур – температурным напорам в первой и второй ступени водонагревательной установки;
- горизонтальный штрих (–) над символом нагрузки или расхода характеризует безразмерную их величину в долях от единицы.

При решении задачи центрального качественного регулирования закрытых систем по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения вводится понятие балансовой нагрузки горячего водоснабжения [3]

$$Q_{\Sigma, \delta}^{\delta} = \chi^{\delta} \cdot Q_{\Sigma, \delta}^{cp}, \text{ кВт}, \quad (3.16)$$

где: χ^{δ} – балансовый коэффициент, учитывающий неравномерность суточного графика горячего водоснабжения, принимаемый равным 1,2.

Последнее обусловлено тем обстоятельством, что при использовании наиболее распространенной последовательной схемы включения ступеней водонагревательной установки в часы максимального водоразбора снижается температура воды, поступающей в систему отопления. Этот небаланс компенсируется в течение суток, когда в систему отопления поступает вода с температурой более высокой, чем требуется по отопительному графику.

3.4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

3.4.1. Определение расчетных расходов теплоносителя

До начала гидравлического расчета необходимо определить расчетные расходы теплоносителя. Расчетные расходы для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях должны определяться отдельно для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения в зависимости от типа системы теплоснабжения (открытая или закрытая) и схемы присоединения водонагревателей горячего водоснабжения по данным [4] из формул.

На отопление в режиме максимальной нагрузки при $t_n = t_{n.o}^p$.

$$G_o = \frac{Q_o^{ж+обц}}{C \cdot (\tau'_1 - \tau'_{2,0})}, \text{ кг/с}. \quad (3.17)$$

На вентиляцию в режиме максимальной нагрузки при $t_n = t_{n.в}^p$

$$G_{\text{г}} = \frac{Q_{\text{г}}^{\text{общ}}}{\tau_1 - \tau_{2.0}}, \text{ кг/с.} \quad (3.18)$$

Среднечасовой и максимальный расходы на горячее водоснабжение для открытых систем:

$$G_{\text{г.г}}^{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{г.г}}^{\text{ср}}}{C \cdot (t_{\text{г.г}} - t_{\text{х.г}})}, \text{ кг/с,} \quad (3.19)$$

$$G_{\text{г.г}}^{\text{max}} = \frac{Q_{\text{г.г}}^{\text{max}}}{C \cdot (t_{\text{г.г}} - t_{\text{х.г}})}, \text{ кг/с.} \quad (3.20)$$

Среднечасовой и максимальный расход на горячее водоснабжение для закрытых систем при двухступенчатой последовательной и смешанной схеме включения ступеней водонагревательной установки составит

$$G_{\text{г.г}}^{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{г.г}}^{\text{ср}}}{C \cdot (\tau_1''' - \tau_{2.0}''')} \cdot \frac{t_{\text{г.г}} - t_n'''}{t_{\text{г.г}} - t_{\text{х.г}}}, \text{ кг/с;} \quad (3.21)$$

$$G_{\text{г.г}}^{\text{max}} = \frac{Q_{\text{г.г}}^{\text{max}}}{C \cdot (\tau_1 - \tau_{2.0})} \cdot \frac{t_{\text{г.г}} - t_n'''}{t_{\text{г.г}} - t_{\text{х.г}}}, \text{ кг/с,} \quad (3.22)$$

где: τ_1''' – температура в подающем трубопроводе теплосети в точке излома графика;

$\tau_{2.0}'''$ – температура в обратном трубопроводе теплосети после системы отопления в точке излома графика;

t_n''' – температура водопроводной воды после первой (нижней) ступени в точке излома графика.

Среднечасовой и максимальный расход на горячее водоснабжение для закрытых систем при параллельной схеме включения водоподогревателей установки определяют из формул:

$$G_{г.в}^{cp} = \frac{Q_{г.в}^{cp}}{C \cdot (\tau_1''' - \tau_2''')}, \text{ кг/с}; \quad (2.23)$$

$$G_{г.в}^{max} = \frac{Q_{г.в}^{max}}{C \cdot (\tau_1''' - \tau_2''')}, \text{ кг/с}, \quad (3.24)$$

где: τ_2''' – температура в обратном трубопроводе теплосети после параллельно включенного подогревателя в точке излома графика (рекомендуется принимать равной 30°C).

Суммарные расчетные расходы в двухтрубных магистральных и распределительных тепловых сетях определяют по рекомендациям [4] в зависимости от вида регулирования отпуска тепла. Расчетные формулы для открытых и закрытых двухтрубных систем приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Расчетные формулы для определения суммарных расходов воды в двухтрубных тепловых сетях

Тип системы	Вид регулирования	Расчетные формулы
Открытая	по нагрузке отопления	$G_p = G_o + G_{г.в} + 0,6 \cdot G_{г.в}^{cp}$
	по совместной нагрузке	$G_p = G_o + G_{г.в}$
Закрытая	по нагрузке отопления	$G_p = G_o + G_{г.в} + G_{г.в}^{cp}$
	по совместной нагрузке	$G_p = G_o + G_{г.в}$

Из приведенных расчетных формул следует, что при регулировании теплосети по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения как для открытой, так и для закрытой систем теплоснабжения расход сетевой воды на покрытие нагрузки горячего водоснабжения не учитывается.

Последнее объясняется тем, что при качественном регулировании в системе поддерживается постоянный сетевой расход воды, равный расчетному расходу на отопление, а для удовлетворения нагрузки горячего водоснабжения повышается температура воды в подающем трубопроводе до значений, превышающих требуемые по отопительному графику (повышенный температурный график).

3.4.2. Гидравлический расчет тепловой сети

На основании принятого по индивидуальному заданию генплана района города составляется расчетная схема тепловой сети. В качестве примера на рис. 4 показан один из вариантов разработки схемы. Пользуясь масштабом генплана, определяют протяженность всех расчетных участков сети. Каждому участку присваивают порядковый номер и определяется главная расчетная магистраль – теплотрасса до наиболее удаленного микрорайона. На рис. 4 – это участки 1–2–3–4–5.

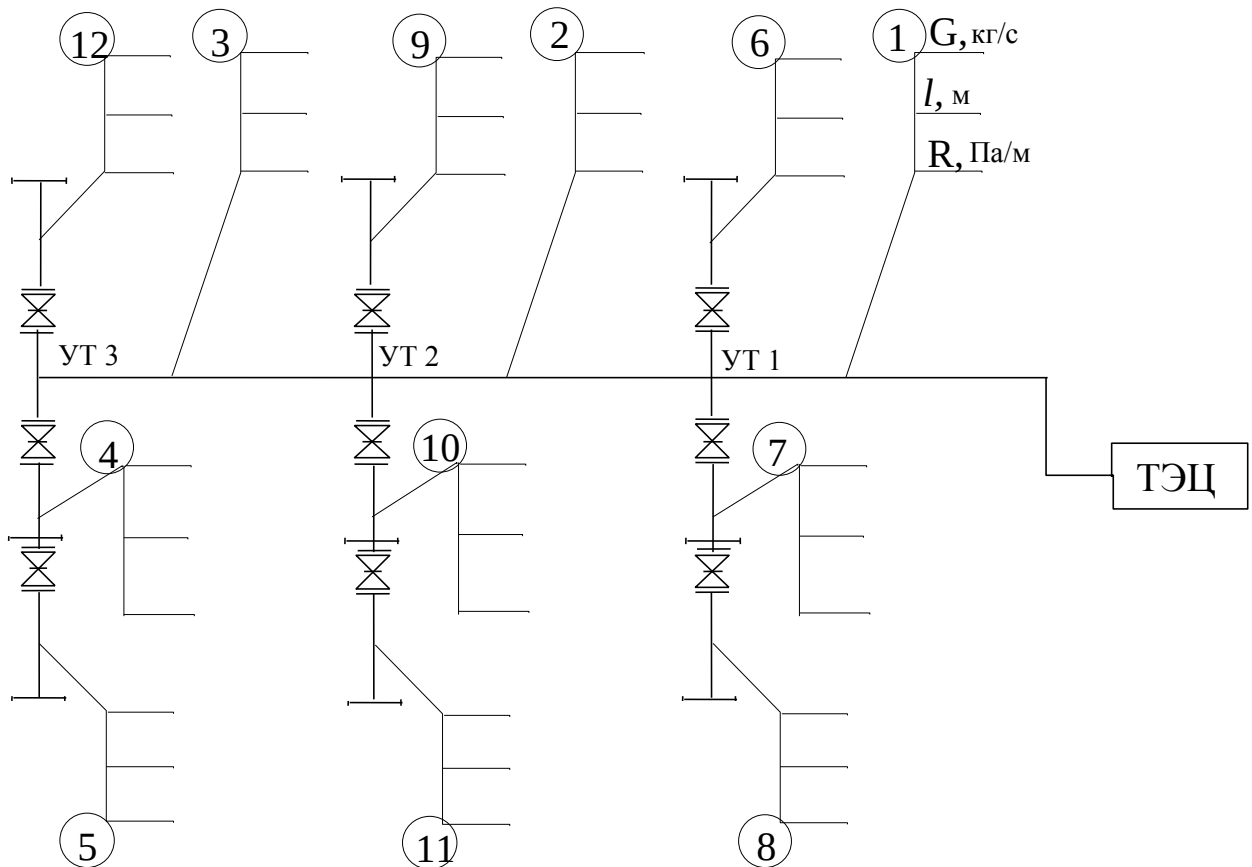


Рисунок 4 – Расчетная схема тепловой сети

Для каждого участка теплосети устанавливают вид и количество источников местных гидравлических сопротивлений. При этом руководствуются следующими нормативными требованиями:

- для обеспечения секционирования теплосети на всех ответвлениях устанавливают задвижки;
- с учетом общих требований на проектирование через каждые 80–100 метров устанавливают сальниковые компенсаторы;
- на участках ответвлений теплосети дополнительным источником местных сопротивлений является тройниковый отвод.

Данные по количеству источников местных сопротивлений для всех участков теплосети представляют в виде таблицы 9, формуляр которой приводится ниже.

Характеристики источников местных сопротивлений приводятся в приложении 11.

В соответствии с методикой, изложенной в разделе 3.4.1, определяются расходы сетевой воды на всех участках подающего трубопровода тепловой сети (G_{pi}).

На основании полученных расчетных расходов теплоносителя по всем участкам теплосети производится гидравлический расчет, который предусматривает два этапа: предварительный и окончательный.

На этапе предварительного расчета определяют внутренние диаметры всех участков главной магистрали, исходя из рекомендаций равенства удельных линейных потерь давления на этих участках. По данным [4] для участков водяных тепловых сетей от источника тепла до наиболее удаленного потребителя величину удельных линейных потерь давления можно принять $R_l = 80 \text{ Па/м}$.

Таблица 9 – Формуляр для регистрации количества источников местных сопротивлений (шт.) по участкам теплосети

Вид сопротивления	№ участка									
	1									N
Задвижка										
Сальниковый компенсатор										
Тройник										

Расчетный внутренний диаметр рассматриваемого участка трубопровода определяют по формуле:

$$d_{вн.i} = 0,63 \cdot \frac{K_{\varepsilon}^{0,0475}}{\rho^{0,19}} \cdot \frac{G_{pi}^{0,33}}{R_{л}^{0,19}}, \text{ м}, \quad (3.25)$$

где K_{ε} – коэффициент эквивалентной шероховатости трубопровода, принимаемый для водяных тепловых сетей равным $5 \cdot 10^{-4}$ м;

G_{pi} – расход сетевой воды, кг/с;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м³, определяемая по справочным данным для среднегодовой температуры теплоносителя в тепловой сети (эту температуру вычисляют на этапе окончательного гидравлического расчета).

Для определения диаметров трубопроводов на ответвлениях от главной магистрали необходимо предварительно получить значение коэффициента удельных линейных потерь давления ($R_{л i}^{отв}$). Эта величина для ответвлений определяется из соображений обеспечения одинаковых величин располагаемых напоров по всем направлениям от рассматриваемой узловой точки теплосети. Так, например, для участка (6) схемы теплосети (рис. 4) коэффициент удельных линейных потерь давления определяется по формуле:

$$R_6 = \frac{R_n \cdot (L_2 + L_3 + L_4 + L_5)}{L_6}, \text{ Па/м.} \quad (3.26)$$

На участках ответвлений величина коэффициента удельных линейных потерь давления не должна превышать 300 Па/м [4]. При этом диаметры распределительных трубопроводов принимают не менее 50 мм.

Неиспользованное в ответвлениях давление рекомендуется погасить в соплах элеваторов или, в крайнем случае, снижать с помощью дросселирующих шайб.

Полученные расчетные диаметры участков трубопроводов округляют до ближайших стандартных значений с помощью приложения 10; значения эквивалентной длины ($L_{э}$, м) участков местных сопротивлений приведены в приложении 11.

Полная расчетная длина каждого из рассматриваемых участков определяется по формуле:

$$L_{n,i} = L_i + \sum L_{э,i}, \text{ м,} \quad (3.27)$$

где L_i – протяженность рассматриваемого участка по расчетной схеме теплосети, м;

$\sum L_{э,i}$ – суммарная эквивалентная длина всех видов местных сопротивлений рассматриваемого участка, м.

Полученные данные представляют в виде таблицы 10 и используют для выполнения окончательного гидравлического расчета. Формуляр таблицы приводится ниже.

По результатам выполненных расчетов определяют усредненный коэффициент местных гидравлических сопротивлений для главной расчетной магистрали ($\alpha_{гл.}$).

Таблица 10 – Формуляр для записи результатов предварительного гидравлического расчета

№ уч-ка	G, кг/с	L, м	R _л , Па/м	d _{вн} , м	ΣL _э , м	L _п , м	$\alpha = \frac{\sum L_{\text{э}}}{L}$
1	2	3	4	5	6	7	8

При заданных расчетных температурах сетевой воды с увеличением перепада давлений уменьшаются капитальные вложения в сети и потери тепла трубопроводами, так как их диаметры уменьшаются. Однако, при этом возрастает расход электроэнергии, затрачиваемый на работу сетевых насосов. Следовательно, перепад давлений сети должен быть экономически обоснованным.

Задачей окончательного гидравлического расчета является определение экономически обоснованных удельных потерь давления ($R_{л.эк.}$, Па/м) для главной расчетной магистрали и уточнение на этой основе (с округлением до ближайшего стандартного значения по сортаменту труб) диаметров всех расчетных участков теплосети, а также перепадов давлений в них.

Для определения экономически обоснованных удельных линейных потерь давления принимаются по данным [3,7,8] следующие нормативно-технологические показатели:

– число часов работы тепловой сети в течение года

$$n_{m.c} = 8760 - n_{проф.} = 8760 - 360 = 8400, \text{ ч}; \quad (3.28)$$

– $n_u = 6000$ ч – число часов использования максимальной мощности сетевых насосов;

– $\eta_n = 0,7$ – коэффициент полезного действия насосов;

– $\eta_{э.д} = 0,93$ – коэффициент полезного действия электродвигателей;

– K – коэффициент теплопередачи теплопровода с учетом изоляции, каналов, грунта, отнесенный к поверхности неизолированной трубы, Вт/м²·К

(принимается для сухих, маловлажных и влажных грунтов равным соответственно 0,8; 1,1; 1,5);

– t_o – среднегодовая температура грунта на глубине заложения оси теплопровода, определяемая по формуле:

$$t_o = 5 \cdot \frac{t_k + t_{n.o}^p}{t_k - 30}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.29)$$

где $t_k = +40^\circ\text{C}$ – максимальная температура воздуха в непроходном канале теплотрассы;

$\beta = 0,25$ – коэффициент местных тепловых потерь;

$E_n = 0,12$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, 1/год;

$P_{m.c} = 0,075$ – норма годовых амортизационных отчислений;

$Z_m = 280 \text{ руб./МВт}\cdot\text{ч}$ – стоимость тепловой энергии;

$Z_\varepsilon = 1,50 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч}$ – стоимость электроэнергии;

ν – постоянный коэффициент для определения стоимости тепловой сети, руб./м², принимаемый из таблицы 11.

Таблица 11 – Значения постоянных коэффициентов для определения стоимости тепловой сети

Тип прокладки	Значение коэффициентов при грунте					
	сухом		Маловлажном		влажном	
	а, руб./м	в, руб./м ²	а, руб./м	в, руб./м ²	а, руб./м	в, руб./м ²
Непроходные каналы	15	310	30	330	40	340
Надземные прокладки на ж/б опорах	30	260	33	275	35	280

высотой до 2,5м						
--------------------	--	--	--	--	--	--

Обязательным параметром при определении оптимального перепада давлений в теплосети является также среднегодовая температура теплоносителя в тепловой сети (τ_{cp}), которая определяется по формуле:

$$\tau_{cp} = \frac{\tau_{cp.1} + \tau_{cp.2}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.30)$$

где $\tau_{cp.1}$ и $\tau_{cp.2}$ – среднегодовые температуры теплоносителя соответственно в подающем и обратном трубопроводах теплосети, которые определяют по формулам:

$$\tau_{cp.1} = \frac{\tau_{11} \cdot n_1 + \tau_{12} \cdot n_2 + \dots + \tau_{1n} \cdot n_n + \tau_{1.0}^{\min} \cdot (n_{m.c} - n_o)}{n_{m.c}}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (3.31)$$

$$\tau_{cp.2} = \frac{\tau_{21} \cdot n_1 + \tau_{22} \cdot n_2 + \dots + \tau_{2n} \cdot n_n + \tau_{2.0}^{\min} \cdot (n_{m.c} - n_o)}{n_{m.c}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.32)$$

где $\tau_{11}, \tau_{12}, \dots, \tau_{1n}$ и $\tau_{21}, \tau_{22}, \dots, \tau_{2n}$ – значения температур сетевой воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах, получаемые из графика центрального качественного регулирования при температурах наружного воздуха ($t_{н1}, t_{н2}, \dots, t_{нn}$), соответствующих числу часов стояния характерных температур отопительного периода; последние принимаются из таблицы климатологических данных (приложение 2);

$n_1, n_2, \dots, n_n$ – число часов стояния характерных температур отопительного периода, начиная от минимальных отрицательных и завершая окончанием отопительного периода;

$\tau_{1.0}^{min}$ – минимально допустимая температура в подающем трубопроводе, которая принимается равной 60° или 70°С в зависимости от вида системы теплоснабжения;

$\tau_{2.0}^{min}$ – минимальная расчетная температура в обратном трубопроводе, получаемая из графика регулирования по отопительной нагрузке.

Оптимальный перепад давлений в главной расчетной магистрали следует находить из выражения

$$P = C_n + C_{m.n} + (E_n + P_{m.c}) \cdot K_{m.c}, \quad (3.33)$$

где P – приведенные затраты, руб./год;

C_n – годовые затраты на перекачку теплоносителя, руб./год;

$C_{m.n}$ – годовая стоимость тепловых потерь, руб./год;

$K_{т.с}$ – капитальные вложения в тепловые сети, руб.

Подставляя в формулу (3.33) развернутые значения величин (C_n), ($C_{т.н}$), ($K_{т.с}$) /3/ и оптимизируя функцию по классическому определению экстремума ($\partial \cdot P / \partial \cdot \Delta P_{л} = 0$; $\partial^2 \cdot P / \partial \cdot \Delta P_{л}^2 > 0$), получают расчетную формулу инженерного вида:

$$\Delta P_{л.эк} = 41,8 \cdot (\sigma \tau'_0)^{0,52} \times \left[\frac{2,02 \cdot 10^{-5} \cdot K \cdot (\tau_{cp} - t_o) \cdot n_u \cdot z_m + B}{(1 + \alpha_{эл}) \cdot n_u \cdot z_{\vartheta}} \times \frac{L^{0,19}}{Q_p} \times \sum_1^m Q_i^{0,38} \cdot L_i \right]^{0,84}, \text{Па} \quad (3.34)$$

где $\sigma \tau'_0 = \tau'_1 - \tau'_{2.0}$ – расчетный перепад температур воды в тепловой сети по заданию, °С;

L – суммарная длина всех участков главной расчетной магистрали, м;

Q_p – максимальная расчетная нагрузка тепловой сети, определенная по формуле (3.1), МВт;

Q_i – расчетная нагрузка i -ого участка главной магистрали, МВт;

L_i – проектная длина i -ого участка главной расчетной магистрали.

Расчет комплексной величины $\sum_1^m Q_i^{0.38} \cdot L_i$ представляем в виде таблицы 12, формуляр которой приводится ниже.

Тепловые нагрузки по всем участкам главной расчетной магистрали определяют на основании результатов расчета теплотребления по кварталам проектируемого района (раздел 3.1.2.).

Ряд характеристик (η_n ; η_{ε} ; E_n и др.), не нашедших отражения в явной форме в формуле (3.33), представлены в ней обобщающими численными коэффициентами.

По результатам расчета $\Delta P_{л.эк}$ определяем экономически обоснованный коэффициент удельных потерь давления:

$$R_{л.эк} = \frac{\Delta P_{л.эк}}{L}, \text{ Па/м.} \quad (3.35)$$

Таблица 12 – Формуляр для определения величины $\sum_1^m Q_i^{0.38} \cdot L_i$

Обозначение и размерность величины	№ участка главной расчетной магистрали					
	1	2	3	4	...	N
G , кг/с						
Q , МВт						
$Q^{0,38}$						
L , м						

$Q^{0,38} \cdot L$						
Итого: $\sum_1^m Q_i^{0,38} \cdot L_i =$						

На основании полученной величины ($R_{л.эк}$) производится пересчет значений коэффициентов удельных потерь давления на ответвлениях. Методика пересчета аналогична изложенной в разделе 3.4.2.

Окончательный выбор диаметров участков трубопроводов сети с округлением до стандартного сортамента труб производим с помощью номограммы для расчета водяных сетей, представленной в приложении 10.

Выбор стандартного диаметра трубы для каждого участка тепловой сети осуществляют по расчетным значениям ($R_{л.эк. i}$) и ($G_{p. i}$): на номограмме проводят линию ($a-b-c-d$). Если точка (d) не совпадает со стандартным сортаментом трубы, то принимают ближайший стандартный диаметр – точка (e).

Затем из точки (e) через точку расчетного расхода теплоносителя (c) проводят линию ($e-c-k-f$). Точки (k) и (f) характеризуют соответственно фактические значения скорости движения теплоносителя (W) и коэффициента удельных потерь давления ($R_{л.ф}$). Результаты окончательного гидравлического расчета представляем в виде таблицы 13, формуляр которой приводится ниже.

Таблица 13 – Формуляр для записи результатов окончательного гидравлического расчета

№ уч-ка	G , т/ч	$R_{л.эк}$, Па/м	$d_n^{см}$, мм	W , м/с	$R_{л.ф}$, Па/м	L_n , м	ΔP , Па	$\Sigma \Delta P_i$, кПа	$\Sigma \Delta H_i$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3.4.3. Гидравлический режим тепловой сети

Распределение давлений в тепловых сетях, характеризующее их гидравлический режим, удобно изображать в виде пьезометрического графика. График дает наглядное представление о давлении или напоре в любой точке тепловой сети и поэтому обеспечивает большие возможности учета многочисленных факторов (рельеф местности, высота зданий, особенности абонентских систем и т.д.) при выборе оптимального гидравлического режима.

На основе данных рельефа местности района проектирования (рис. 2) определяется рельеф вдоль главной расчетной магистрали и на ответвлениях, то есть намечается план трассы. При этом в качестве нулевой отметки уровня земли условно принимают минимальный уровень на плане.

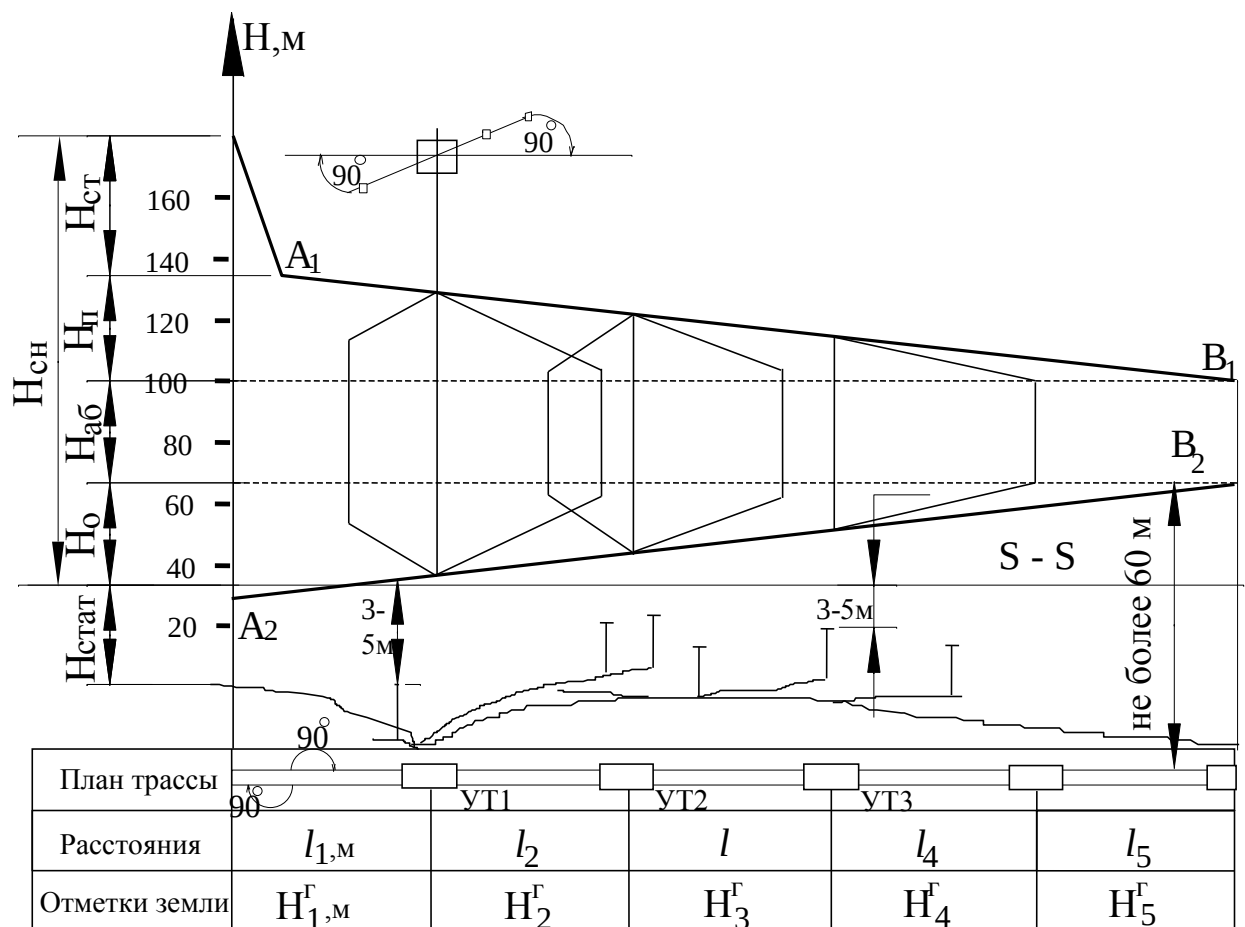


Рисунок 5 – Пьезометрический график разветвленной тепловой сети

Вариант плана разветвленной тепловой сети с нанесением главной расчетной магистрали в развернутом виде показан на рис. 5. На плане указаны также верхние строительные отметки зданий, протяженность отдельных участков теплосети и геодезические отметки земли.

План разветвленной теплосети служит основой для построения пьезометрического графика. На рис. 5 приводится также пример построения такого графика для разветвленной тепловой сети. При этом с учетом фактического пространственного расположения главной магистрали и ответвлений (взаимно перпендикулярное) графики ответвлений поворачивают на 90° . На шкале ординат графика показаны напоры: подпиточного насоса ($H_{стат}$); в обратном трубопроводе (H_0); у наиболее удаленного абонента ($H_{аб}$); в подающем трубопроводе (H_n); в сетевом теплообменнике ($H_{с.т}$) и сетевого насоса ($H_{с.н}$).

Протяженность трассы и сложность рельефа местности объективно требует повышения давления в теплосети, а предел прочности арматуры и теплоиспользующих приборов ограничивают это повышение. Задача оптимизации гидравлического режима заключается в обеспечении расчетных расходов теплоносителя на всех участках теплосети, включая наиболее удаленного потребителя главной магистрали, при возможно более низком напоре в подающем трубопроводе.

Примеры и методики построения пьезометрических графиков приводятся в [1, 3]. При построении графика необходимо выполнять следующие ограничительные условия:

1. Давление в непосредственно присоединяемых к теплосети абонентских системах не должно превышать допускаемого как при статическом, так и при динамическом режиме. Для чугунных радиаторов систем отопления максимальное избыточное давление должно быть не

более 0,6 МПа, что примерно соответствует напору в 60 м водного столба; для панелей со змеевиками из труб допустимый напор составляет 80 метров.

Максимальные напоры в водонагревательных установках различного типа приведены в таблице 14.

Таблица 14 –Значения предельно допустимых напоров водонагревательных установок

Наименование оборудования	Допустимый напор, м
Стальные водогрейные котлы	250
Чугунные котлы	60
Подогреватели сетевой воды ВО и ВТ	140
Скоростные подогреватели воды МВН	100
Калориферы	80

2. Напор в подающих трубопроводах, по которым транспортируется вода с температурой выше 100 °С, должен быть достаточным для исключения вскипания. Значения рекомендуемых напоров из условия не вскипания приведены в таблице 15.

Таблица 15 –Значения рекомендуемых напоров из условия не вскипания

Наименование и размерность параметра теплосети	Численное значение						
Расчетная температура сетевой воды, °С	120	130	140	150	160	170	180
Максимальный напор, м	10	20	30	40	55	72	93

3. Для предупреждения кавитации напор во всасывающем патрубке сетевого насоса должен быть не менее 5 метров.

4. У абонентов необходимо обеспечить достаточный напор для создания циркуляции воды в местных системах. При элеваторном смешении

на абонентском вводе располагаемый напор должен быть не менее 10÷15 метров. При наличии двухступенчатой водонагревательной установки требуемый напор увеличивается до 20÷25 метров.

5. Уровни пьезометрических линий как при статическом, так и при динамическом режиме следует устанавливать с учетом возможности присоединения большинства абонентских систем по наиболее дешевым зависимым схемам.

6. При определении статического давления возможность вскипания воды в подающих трубопроводах, как правило, можно не учитывать.

3.5. ВЫБОР СЕТЕВЫХ И ПОДПИТОЧНЫХ НАСОСОВ

Завершающим этапом гидравлического расчета является выбор сетевых и подпиточных насосов. Выбор осуществляется с учетом требуемой производительности и напора по данным [7, 9].

Требуемый напор сетевого насоса определяется по результатам построения пьезометрического графика из формулы:

$$H_{c.n} = H_o + H_{аб} + H_n + H_{c.m}, \text{ м.} \quad (3.36)$$

Максимальный расход сетевой воды в течение отопительного периода соответствует расчетной величине G_p , а для летнего периода определяется по формуле:

$$G_{л} = \theta \cdot G_{z.в}^{\max}, \text{ кг/с,} \quad (3.37)$$

где $G_{z.в}^{\max}$ – максимальный расход на горячее водоснабжение, определяемый в зависимости от типа системы теплоснабжения по формулам (3.20); (3.22); (3.24);

$\theta = 0,8$ – коэффициент, учитывающий снижение расхода воды на горячее водоснабжение в летний период.

Согласно требованиям СНиП [4] принимают 2 насоса, один из которых является резервным.

Производительность подпиточных насосов определяется в зависимости от объема системы теплоснабжения ($V_{c.m}$) по формуле:

$$G_{n.n} = 0,0021 \cdot V_{c.m}, \text{ кг/с}, \quad (3.38)$$

где
$$V_{c.m} = Q_p \cdot (V_c + V_m), \text{ м}^3, \quad (3.39)$$

где Q_p – максимальная расчетная нагрузка тепловой сети, определенная по формуле (3.1), МВт;

$V_c = 40 - 43 \text{ м}^3/\text{МВт}$ – удельный объем воды в наружных сетях с подогревательными установками [3];

$V_m = 26 \text{ м}^3/\text{МВт}$ – удельный объем воды в местных системах отопления гражданских зданий [3].

Расход воды при аварийной подпитке сети принимается в размере 2% от объема системы теплоснабжения [4]

$$G_a = 0,02 \cdot V_{c.m} \cdot \frac{1}{3,6}, \text{ кг/с}. \quad (3.40)$$

Подпиточный насос выбирают по максимальным значениям требуемого расхода и напора.

Требуемый напор определяется по формуле:

$$H_{n.n} = H_{stat} - H_{\delta} + \Delta H_{n.l}, \text{ м}, \quad (3.41)$$

где $H_{стат}$ - статический напор в теплосети, определяемый по результатам построения пьезометрического графика, м;

$H_б = 2$ м - высота бака подпиточной воды;

$\Delta H_{н.л} = 3$ м - потери напора в подпиточной линии.

3.6. МЕХАНИЧЕСКИЙ И ТЕПЛОВЫЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОСЕТИ

3.6.1. Механический расчет

Задачей механического (прочностного) расчета является определение минимальной толщины стенки трубопровода, при которой под расчетным максимальным давлением не произойдет разрушения.

Для начального участка теплотрассы расчетное максимальное давление определяют по результатам построения пьезометрического графика из формулы:

$$P_{н. \max} = (H_{стат} + H_o + H_{аб} + H_n) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа}, \quad (3.42)$$

где ρ - плотность воды в подающем трубопроводе, определяемая по среднегодовой температуре $\tau_{ср.1}$, кг/м³;

$g = 9,81$ м/с² - ускорение свободного падения.

Для участка трассы у наиболее удаленного потребителя главной магистрали расчетное давление определяют из выражения

$$P_{к. \max} = (H_{стат} + H_o + H_{аб}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ Мпа}. \quad (3.43)$$

Расчетную толщину начального и конечного участков трассы определяют по формуле:

$$\delta_p = \frac{P_{\max} \cdot d_{\text{вн}}^{cm}}{2 \cdot [\sigma] - P_{\max}}, \text{ м}, \quad (3.44)$$

где $P_{\max}$ – максимальное давление теплосети, МПа;

$d_{\text{вн}}^{cm}$ – внутренний диаметр трубопровода по сортаменту труб, м;

$C = 0,002 \div 0,004$ м – конструктивная прибавка на коррозию и неучтенные факторы;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение на растяжение н/мм², определяемое по формуле:

$$[\sigma] = \frac{\sigma^6}{K_3}, \text{ Н/мм}^2, \quad (3.45)$$

где σ^6 – предел прочности при растяжении, принимаемый по виду материала (сталь 10 – 320 Н/мм², сталь 20 – 400 Н/мм²);

K_3 – нормативный коэффициент запаса, принимаемый в пределах 3÷5.

Полученное значение расчетной толщины (δ_p) округляют до ближайшего большего значения из стандартного ряда ($\delta^m = 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0$ мм), соблюдая условие $d_{\text{вн}}^{cm} + 2 \cdot \delta^m = d_n^{cm}$ (приложение 12).

3.6.2. Тепловой расчет

Задачей теплового расчета является определение толщины теплоизоляции, при которой фактические теплопотери не превысят установленных норм и падения температур теплоносителя на участке трассы.

Расчетная схема подземной канальной прокладки показана на рис. 6. Конструктивные размеры типовых непроходных каналов приведены в приложении 12.

Нормируемые теплототери (q_n) определяют из приложения 13, а затем уточняют (в зависимости от температуры окружающего воздуха) по приложению 14.

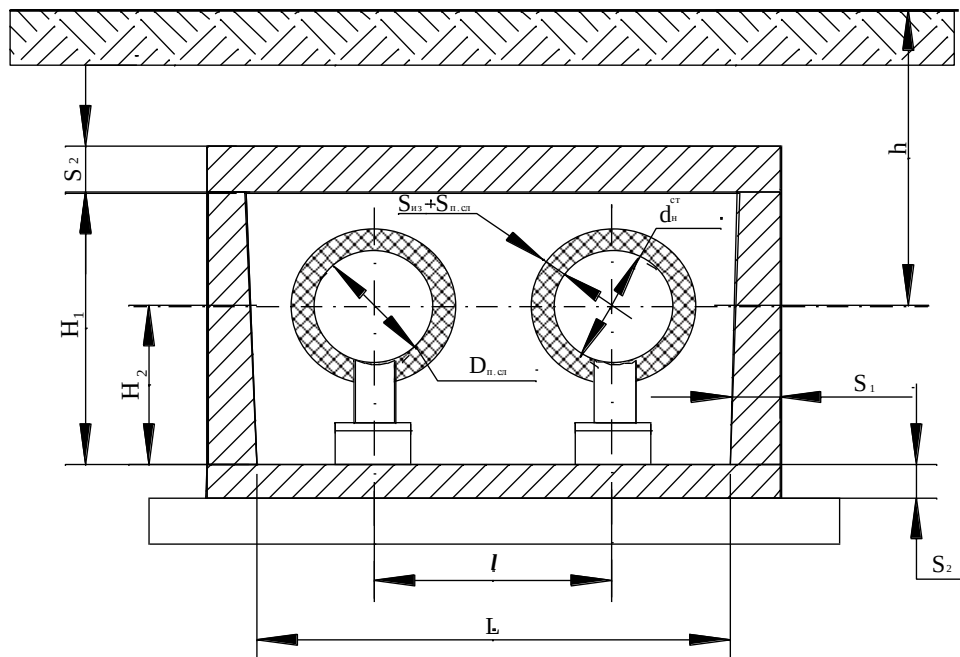


Рисунок 6 – Расчетная схема подземной канальной прокладки теплотрассы

При этом за температуру окружающего воздуха принимают расчетную температуру наружного воздуха для отопления ($t_{н.о}^p$).

Определяются удельные потери на изолированных участках трубопровода

$$q = \frac{q_n}{1 + \beta}, \text{ Вт/м}, \quad (3.46)$$

где β – коэффициент местных потерь, принимаемый для подземной канальной прокладки равным 0,25.

Определяется требуемое суммарное термическое сопротивление трубопровода

$$\sum R = \frac{\tau'_1 - t^p_{\text{в}}}{q}, \frac{MK}{Bm}, \quad (3.47)$$

где τ'_1 – максимальная температура сетевой воды в подающем трубопроводе;

$t^p_{\text{в}} = t^p_{\text{н.о}}$ – расчетная температура наружного воздуха для отопления, определяемая по приложению 2.

Определяется требуемое термическое сопротивление изоляции

$$R_{\text{из}} = \sum R - (R_{\text{вн}} + R_{\text{тр}} + R_{\text{н.сл}} + R_{\text{кан}} + R_{\text{н}} + R_{\text{зр}} + R_{1-2}), \quad (3.48)$$

где $R_{\text{вн}}$ и $R_{\text{тр}}$ – термические сопротивления внутренней поверхности и стенки трубы, которыми вследствие их малости пренебрегают, т.е. $R_{\text{вн}} = 0$ и $R_{\text{тр}} = 0$;

$R_{\text{н.сл}}$ – термическое сопротивление поверхностного (защитного) слоя изоляции, определяемое по формуле:

$$R_{\text{н.сл}} = \frac{\ln(D_{\text{н.сл}} / D_{\text{из}})}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{н.сл}}}; \quad (3.49)$$

$R_{\text{н}}$ – термическое сопротивление переходу тепла от поверхности конструкции к воздуху канала, определяемое по формуле:

$$R_{\text{н}} = \frac{1}{\pi \cdot D_{\text{н.сл}} \cdot \alpha_{\text{н}}}; \quad (3.50)$$

$R_{кан}$ – термическое сопротивление внутренней поверхности канала (сопротивлением стенок канала пренебрегаем и относим их к сопротивлению грунта), определяемое по формуле:

$$R_{кан} = \frac{1}{\pi \cdot D_{экв} \cdot \alpha_{кан}}; \quad (3.51)$$

$R_{гр}$ – термическое сопротивление грунта, включающее термическое сопротивление от поверхности грунта к воздуху и определяемое по формуле:

$$R_{гр} = \frac{\ln(4 \cdot h_{пр} / D_{экв})}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{гр}}; \quad (3.52)$$

R_{1-2} – термическое сопротивление, учитывающее взаимное влияние труб при прокладке в непроходном канале, находят из формулы:

$$R_{1-2} = \varphi \cdot (R_{кан} + R_{гр}). \quad (3.53)$$

Величины, входящие в приведенные выше формулы термических сопротивлений, вычисляются следующим образом:

$D_{н.сл}$, $D_{из}$ – наружные диаметры поверхностного (защитного) слоя изоляции и наружного диаметра изоляции, м;

$\lambda_{п.сл}$ – коэффициент теплопроводности поверхностного слоя изоляции, принимаемый для асбоцементной штукатурки равным 0,38 Вт/м · К.

Поверхностный слой изоляции выполняется в защитных целях в виде штукатурки по металлической сетке толщиной 10÷20 мм.

Значения $D_{н.сл}$ и $D_{из}$ предварительно задаются ($\delta_{из} = 70 \div 80$ мм), а затем уточняются последовательным приближением при $\delta_{н.сл} = \text{const}$.

α_n – коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к воздуху, принимаемый для непроходных каналов равным 8,14 Вт/м²·К.

$D_{экв}$ – эквивалентный диаметр прямоугольного непроходного канала, определяемый по формуле:

$$D_{экв} = \frac{4 \cdot F}{P}, \text{ м}, \quad (3.54)$$

где P – периметр, F – площадь сечения канала;

$\alpha_{кан} = \alpha_n = 8,14$ Вт/м²·К – коэффициент теплоотдачи от воздуха к стенкам канала;

$h_{пр}$, м – приведенная глубина заложения оси трубопровода, зависящая от действительной глубины заложения оси (h , м), принимаемой в пределах 0,5÷0,7 м с учетом величины наружного диаметра конструкции ($D_{н.сл}$); коэффициента теплоотдачи грунта к воздуху ($\alpha_o = 2 \div 3$ Вт/м²·К); коэффициента теплопроводности грунтов ($\lambda_{гр} = 0,55; 1,10; 1,70$ Вт/м·К) соответственно для сухих, маловлажных и влажных грунтов и определяется по формуле:

$$h_{пр} = h + \frac{\lambda_{гр}}{\alpha_o}, \text{ м}; \quad (3.55)$$

φ – (формула 3.53.) коэффициент, учитывающий взаимное влияние труб, принимаемый для подающего трубопровода равным 0,5÷0,6.

Требуемая толщина изоляции трубопровода определяется по формуле:

$$\delta_{из} = d_n^{cm} \times \frac{e^{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из} \cdot R_{из}} - 1}{2}, \text{ м}, \quad (3.56)$$

где $d_n^{cm} = d_{вн}^{cm} + 2 \cdot \delta^m$ – наружный диаметр трубы, м ;

$\lambda_{из}$ – теплопроводность материала изоляции, Вт/м · К.

Полученный результат округляется до ближайшего целого по размерам типовых элементов изоляции (толщина плит и т.д.) из приложения 15.

Определяют наружные диаметры изоляции и поверхностного слоя

$$D_{из} = d_n^{cm} + 2 \cdot \delta_{из} , \quad (3.57)$$

$$D_{н.сл} = D_{из} + 2 \cdot \delta_{н.сл} . \quad (3.58)$$

По полученным значениям уточняется величина

$$R_{\phi} = R_{вн} + R_{тр} + R_{из} + R_{н.сл} + R_{кан} + R_n + R_{сп} + R_{1-2} , \text{ м} \cdot \text{К/Вт}, \quad (3.59)$$

где
$$R_{из} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из}} \times \ln \frac{D_{из}}{d_n^{cm}} . \quad (3.60)$$

Уточняется величина удельных тепловпотерь

$$q_{\phi} = \frac{\tau'_1 - t_{н.о}^p}{\sum R_{\phi}} , \text{ Вт/м} . \quad (3.61)$$

Определяется падение температуры теплоносителя на участке главной расчетной магистрали протяженностью (L , м)

$$(\tau'_1)L = \tau'_1 - \frac{q_{\phi} \cdot L \cdot (1 + \beta)}{G_p \cdot C_{\epsilon}} , \text{ } ^\circ\text{C} , \quad (3.62)$$

где C_v – удельная теплоемкость воды при максимальной расчетной температуре теплоносителя в подающем трубопроводе, Дж/кг К.

3.7. ТРАССА, ПРОФИЛЬ И ЭЛЕМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

При выборе трассы тепловой сети и разработке ее продольного профиля должен учитываться ряд требований, обеспечивающих как нормальную работу самих тепловых сетей, так и исключающих вредное воздействие тепловых сетей на окружающие здания и сооружения, а также вредное воздействие подземных инженерных сетей друг на друга [4].

В пояснительной записке к курсовому проекту указываются тепловые нагрузки кварталов, глубина заложения трассы, высота строений, характеристика грунтов, уровень стояния грунтовых вод, геодезические отметки земли.

В черте города и на территории промышленных площадок трассу выбирают параллельно проездам или линиям застроек.

Следует избегать размещения трассы параллельно трамвайным путям и кабелям постоянного тока или под проездами с усовершенствованными дорожными покрытиями. В стесненных условиях допускается прокладка сетей под тротуарами и в полосе зеленых насаждений.

Трасса должна быть по возможности прямолинейной и пролегать в одной стороне проезда или застройки. Частые пересечения с инженерными коммуникациями и линиями городского транспорта удорожают сети.

Если невозможно избежать таких пересечений, то они должны выполняться под углом 90° и в исключительных случаях – под углом не менее 45° .

Выбранная трасса должна обеспечивать полную сохранность всех близко расположенных подземных и надземных сооружений, уличных

украшений на весь период строительства и эксплуатации теплопроводов, а также допускать дополнительную укладку в полосе застройки других коммуникаций. Рекомендуется избегать пересечения рек, оврагов, болот, так как это связано с возведением дополнительных специальных сооружений. К исполнению принимается вариант с максимальным приближением продольного профиля к прямой линии. Уклоны принимаются не менее 0,002 для водяных сетей и не менее 0,005 для паропроводов. На участках между камерами с сальниковыми компенсаторами или с ответвлениями трубопроводов уклоны должны быть одного направления. Смена уклонов разных направлений должна производиться только в камерах.

Выбор труб по сортаменту произведен на этапе прочностного расчета (раздел 3.6.1.).

Места установки запорной, воздушопускной и дренажной арматуры определяются в соответствии с рекомендациями [4].

Для компенсации температурных удлинений теплопроводов должны устанавливаться гибкие компенсаторы («П» - или «S» - образные) и сальниковые стальные. Кроме того, должны использоваться в качестве самокомпенсирующихся устройств углы поворота трубопроводов от 90 до 120°.

Для деления тепловой сети на отдельные участки, не зависящие друг от друга в отношении температурных деформаций, устанавливаются неподвижные опоры. Расстояние между опорами зависит от диаметров теплопровода, типа компенсаторов и способа прокладки тепловых сетей и в среднем равно 100 м. Возможность свободного перемещения участка теплопровода, расположенного между неподвижными опорами, при его тепловом удлинении, обеспечивают подвижные опоры, устанавливаемые через 8–10 метров. Основным типом подвижных опор являются скользящие опоры.

Детали и элементы тепловых сетей (отводы, тройники, переходные вставки) должны применяться в соответствии с указаниями [4].

Оптимальная толщина основного теплоизоляционного слоя трубопроводов теплотрассы определена технико-экономическим расчетом в разделе 3.6.2, исходя из нормируемых теплопотерь.

3.8. ВЫБОР ОСНОВНОГО ТЕПЛОПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИСТОЧНИКА ТЕПЛА

В соответствии с исходными данными на проектирование теплоснабжение района города осуществляется либо на базе ТЭЦ, либо от районной котельной.

3.8.1. Выбор турбин

Для обеспечения отопительно-вентиляционной нагрузки, а также нагрузки горячего водоснабжения на современных ТЭЦ устанавливаются конденсационные турбины типа (Т). Если для технологических целей требуется теплоноситель в виде пара, могут быть приняты турбины типа (ПТ), имеющие кроме теплофикационных отборов еще и технологический отбор пара. Основные параметры стационарных теплофикационных турбин серийного производства приведены в приложении 16.

Распределение расчетной тепловой нагрузки района теплоснабжения (Q_p) между основными (Q_o) и пиковыми подогревателями (Q_n) производится исходя из коэффициента теплофикации (α_m), который показывает долю расчетной нагрузки, удовлетворяемую за счет отборов турбин

$$\alpha_m = Q_o / Q_p . \quad (6.63)$$

Расчетные тепловые нагрузки отборов теплофикационных турбин (Q_o) и пикового источника (Q_n) определяют по формулам:

$$Q_o = \alpha_m \cdot Q_p, \text{ МВт}, \quad (3.64)$$

$$Q_n = (1 - \alpha_m) \cdot Q_p, \text{ МВт}, \quad (3.65)$$

где α_m может приниматься в пределах $0,4 \div 0,8$.

В качестве пиковых котлов принимаются водогрейные котлы типа (ПТВМ) или (КВГМ), устанавливаемые на территории станции или в районе теплоснабжения. Основные характеристики стальных водогрейных котлов серийного производства приведены в приложении 17.

3.8.2. Выбор схемы котельной

Для варианта теплоснабжения на базе районной котельной (РК) в зависимости от принятого типа котельной (с водогрейными или паровыми котлами) производится выбор следующего основного оборудования:

- паровых котлов, а также пиковых и основных сетевых подогревателей для котельной с паровыми котлами;
- пиковых и основных водогрейных котлов для котельной с водогрейными котлами.

Распределение расчетной тепловой нагрузки района теплоснабжения (Q_p) между основными и пиковыми подогревателями сетевой воды производится исходя из коэффициента режима теплосети (α_p), который показывает долю максимальной расчетной нагрузки горячего водоснабжения в общей тепловой мощности

$$\alpha_p = Q_{\text{с.г}}^{\text{max}} / Q_p. \quad (3.66)$$

Расчетные тепловые нагрузки основных и пиковых подогревателей определяют по формулам:

$$Q_o = \alpha_p \cdot Q_p, \text{ МВт}, \quad (3.67)$$

$$Q_n = (1 - \alpha_m) \cdot Q_p, \text{ МВт} . \quad (3.68)$$

Основные характеристики паровых котлов низкого и среднего давления приведены в приложении 18.

Выбор пароводяных сетевых подогревателей производят по справочным данным [3, 7, 9].

3.9. ОПИСАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВЫХ СИСТЕМ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭКОНОМИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Надежность работы и устойчивость теплового и гидравлического режимов водяных систем централизованного теплоснабжения должны обеспечиваться автоматически: устройствами регулирования и защиты, устанавливаемыми на источнике тепла, в тепловой сети, на тепловых пунктах в системах теплоснабжения.

Схемы автоматизации и контроля, основные положения телемеханизации систем централизованного теплоснабжения, а также решаемые при этом задачи изложены в СНиП [4].

В проекте должны быть отражены решения, направленные на экономию тепловой энергии. Мероприятия по экономии тепловой энергии могут быть предусмотрены в любом звене системы централизованного теплоснабжения: на источнике тепла, в тепловой сети, в абонентских системах. Организационно-технические мероприятия по экономии тепловой энергии нашли свое отражение в отраслевой литературе [1, 2, 8].

4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

В ходе выполнения курсового проекта необходимо выполнять следующие условия:

- задание оформляется в виде отдельного листа с подписью студента и преподавателя, выдавшего задание, с указанием шифра задания;
- расчеты сопровождаются кратким пояснительным текстом, в котором указывается, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулы и откуда они взяты;
- вычисления производятся в системе СИ;
- расчетно-пояснительная записка к курсовому проекту оформляется на машинописных листах формата А 4;
- графическая часть курсового проекта выполняется на листах формата А 1.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ НАД ПРОЕКТОМ, ПРИМЕРНЫЙ КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ЕГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Для выполнения курсового проекта необходимо познакомиться с современной отраслевой литературой и подобрать специальную научную литературу по выбранной теме. Подбор литературы производится студентом самостоятельно в соответствии с заданной темой проекта. При этом следует пользоваться предметным алфавитным каталогом в читальном зале библиотеки университета и других библиотеках. Отбирать следует литературу, которая освещает как общетеоретическую сторону проблемы, так и действующую практику. При этом студент может составить список, включая в него литературу, изданную за последние пять лет, отечественные стандарты и инструктивный материал.

Особое внимание следует обратить на научные публикации в специальных журналах за последние два года. Перечень всех статей за год содержится в последнем номере журналов.

Сначала следует изучить основную литературу (учебники, пособия), а затем перейти к работам исследовательского характера. Особенно следует обратить внимание на дискуссионные статьи в журналах и позиции тех или иных авторов, продумать их аргументацию, что позволит сделать правильное сопоставление различных точек зрения и сформировать свое отношение к ним.

Календарный план выполнения проекта:

- | | |
|---------------------------------------|-----------------|
| – выдача задания на проектирование | 1 – 4 неделя; |
| – консультации по работе над проектом | 1 – 15 неделя; |
| – защита проекта | 16 – 17 неделя. |

6. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ СТУДЕНТА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Выполненный проект проверяется руководителем, который дает допуск к защите или возвращает его на доработку. При положительном заключении проект допускается к защите, при наличии замечаний

возвращается на доработку. При подготовке к защите курсового проекта студент обязан повторить теоретический материал дисциплины и подготовить доклад по материалу проекта. В докладе следует изложить сущность проекта, методы решения задач, наиболее важные результаты и выводы по работе. После доклада студенту могут быть заданы вопросы, как по содержанию проекта, так и по курсу в целом.

Оценка уровня выполнения курсового проекта, а также степени усвоения теоретического материала производится преподавателем – руководителем курсового проекта. Оценка за курсовой проект выставляется дифференцированно. Основными факторами, влияющими на оценку проекта, являются:

- самостоятельность выполнения проекта;
- использование в нем результатов своих исследований;
- уровень теоретической подготовки студента;
- грамотность и практическая ценность принятых решений;
- качество оформления всех материалов курсового проекта;
- подготовленность доклада и правильность ответов на вопросы при защите курсового проекта.

7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

7.1. Основная литература

1. Теплофикация и тепловые сети: Учебник/ Е.Я. Соколов. – 7-е изд., стер. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472с.
2. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений: Учебник / Е.Н. Бухаркин, В.М. Овсянников, К.С. Орлов и др.; Под ред. Ю.П. Соснина. – М.: Высшая школа, 2001. – 415с.: ил.
3. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочник: В 4 кн. / Под ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: Изд-во МЭИ, 2000.

- Кн. 1. Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы. – 3-е изд., перераб. и доп. М., 2000. – 528с.
4. СНиП 2. 04. 07 – 86*. Тепловые сети. Нормы проектирования / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 48с.
5. СНиП П–3–79*. Строительная теплотехника / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 29с.
6. СНИП П–34–76. Горячее водоснабжение. Нормы проектирования / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 26с.
7. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж и др. – 3-е изд. – М.: Стройиздат, 1998. – 432с.

7.2. Дополнительная литература

8. Варварин В.К., Швырев А.В. Наладки систем теплоснабжения, водоснабжения и канализации. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206с.
9. Справочник по котельным установкам малой производительности / Под ред. К.Ф.Роддатиса. – М: Энергоатомиздат, 1989. – 488с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к расчетно-графической работе
по дисциплине «Централизованное теплоснабжение»
для студентов специальности
08.03.01 «Теплогазоснабжение и вентиляция»

СОДЕРЖАНИЕ.

1. Задание на РГР	4
2. Климатологические данные некоторых городов России	5
3. Принципиальная схема источника теплоснабжения на базе ТЭЦ.....	7
4. Принципиальные схемы районных котельных с водогрейными и паровыми котлами.....	8
5. Схемы абонентских вводов закрытых и открытых систем теплоснабжения.....	9
6. Центральное качественное регулирование закрытых систем по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.....	12
7. Центральное качественное регулирование закрытых систем по отопительной нагрузке.....	14
8. Центральное качественное регулирование открытых систем по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения	16
9. Центральное качественное регулирование открытых систем по отопительной нагрузке.....	18
10. Номограмма для расчета трубопроводов водяных сетей.....	20
11. Эквивалентные длины местных сопротивлений.....	21
12. Конструктивные характеристики непроходных каналов.....	22
13. Нормы потерь для изолированной поверхности трубопровода	23
14. Характеристики основных изоляционных материалов.....	24
15. Марки и основные параметры стационарных теплофикационных турбин серийного производства с отопительным прибором.....	25
16. Основные характеристики стальных водогрейных котлов.....	26
17. Основные характеристики паровых котлов низкого и среднего давления.....	27

Исходные данные:

1. Плотность жилого фонда, $\text{м}^2/\text{га}$.
2. Этажность застройки.
3. Плотность населения, чел/ га.
4. Площадь квартала, га.
5. Характеристика грунта.
6. Вид системы теплоснабжения.
7. Расчетный перепад температур в теплосети, $^{\circ}\text{C}$.
8. Охват населения централизованным теплоснабжением, %:
 - а) отопление;
 - б) горячее водоснабжение.
9. Генплан района по рис. 1–№ .
10. Геодезический рельеф по рис. 2–№ .
11. Город строительства.

Приложение 2

Климатологические данные некоторых городов России

Город по задан ию из табл.4	Темпер.нар. возд., °С				Скорость ветра в январе, м/с	Продолжительность отопительного периода	В том числе со среднесуточной температурой наружного воздуха, °С									
	Абсолютный минимум	Расчетная для отопл.	Расчетная для вентил.	Средняя отопительного периода			-39÷-35	-34,9÷-30	-29,9÷-25	-24,9÷-20	-19,9÷-15	-14,9÷-10	-9,9÷-5	-4,9÷0	+0÷+5	+5,1÷+8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	-45	-31	-19	-4,7	5,9	6024	27	53	131	228	430	701	1102	1267	1432	653
2	-34	-23	-8	-1,6	4,8	4128	-	-	40	93	184	317	644	1129	1116	508
3	-52	-39	-23	-8,3	5,9	5256	50	115	239	390	603	798	853	833	752	623
4	-42	-26	-13	-2,6	6,3	4944	-	2	15	76	279	545	902	1304	1364	457
5	-31	-24	-16	-4,8	9,0	4824	-	-	2	87	419	322	850	817	863	964
6	-48	-28	-16	-4,4	4,5	5211	-	12	43	144	348	619	984	1240	1217	604
7	-36	-25	-13	-3,4	8,1	4368	-	1	12	116	303	522	738	1181	1048	449
8	-38	-26	-14	-3,4	5,1	4776	-	7	27	112	333	547	871	1179	1202	498
9	-43	-35	-20	-6,4	5,0	5472	10	43	140	287	566	892	1019	988	798	729
10	-50	-37	-25	-8,9	2,9	5784	57	114	283	402	856	857	704	724	991	196

11	-53	-40	-22	-7,2	6,2	5640	83	129	263	364	539	771	905	932	1042	612
12	-36	-19	-5	+1,5	3,2	3648	-	-	1	14	37	137	320	858	1502	779
13	-38	-27	-15	-3,9	5,9	4776	-	9	34	137	327	562	826	1177	1176	528
14	-40	-26	-15	-3	4,9	4920	3	12	31	121	237	470	800	1253	1333	660
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
15	-38	-27	-18	-3,3	7,5	6744	-	6	32	96	314	658	1147	1709	1823	959
16	-50	-39	-24	-9,1	5,7	5448	89	115	281	423	644	863	866	865	800	502
17	-41	-30	-16	-4,7	5,1	5232	2	22	74	183	407	668	970	1189	1139	578
18	-49	-37	-23	-9,5	5,1	5280	59	128	304	472	704	799	802	718	746	548
19	-45	-35	-20	-6,4	5,2	5242	18	68	141	293	571	813	981	959	1011	568
20	-33	-22	-8	-1,1	6,5	4200	-	-	5	36	137	314	637	1169	1200	702
21	-36	-26	-11	-2,2	4,2	5256	-	-	21	62	191	437	828	1350	1686	681
22	-43	-30	-18	-6,1	5,4	4944	1	10	102	285	485	592	855	1013	983	618
23	-15	-3	+2	+6,4	6,5	2472	-	-	-	-	-	-	7	105	1382	973
24	-36	-19	-7	+0,3	7,4	4056	-	-	5	12	62	228	652	1222	1135	740
25	-42	-35	-19	-6,6	5,5	5064	5	33	116	265	529	770	948	961	799	638
26	-43	-31	-23	-10,1	5,9	4320	2	47	275	630	800	666	596	561	583	760
27	-49	-38	-31	-12,4	3,9	5760	145	327	567	736	729	621	666	661	597	711
28	-46	-31	-16	-1,5	5,5	5328	1	22	62	147	315	617	1257	1241	1325	341



Приложение 4

Принципиальные схемы районных котельных

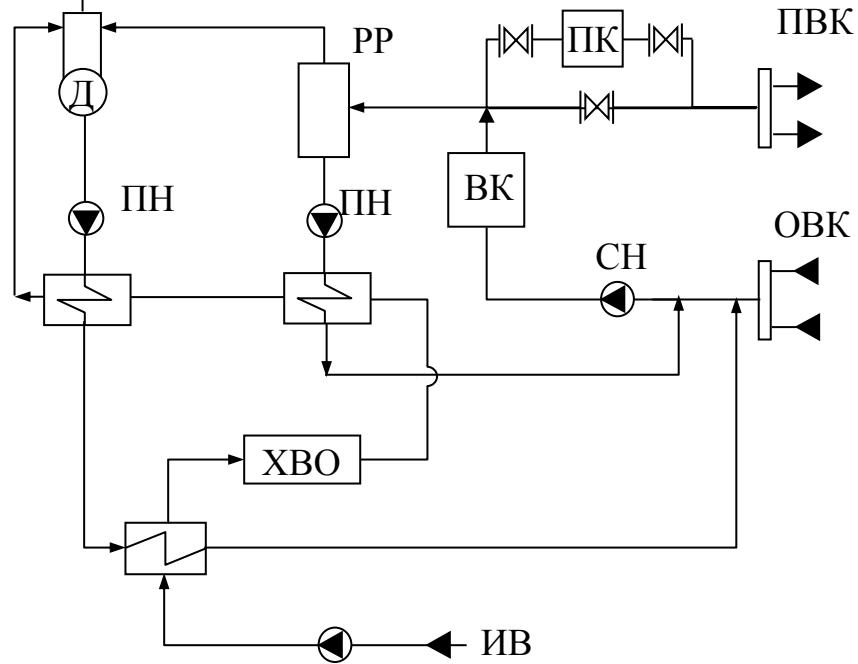


Схема котельной с водогрейными котлами

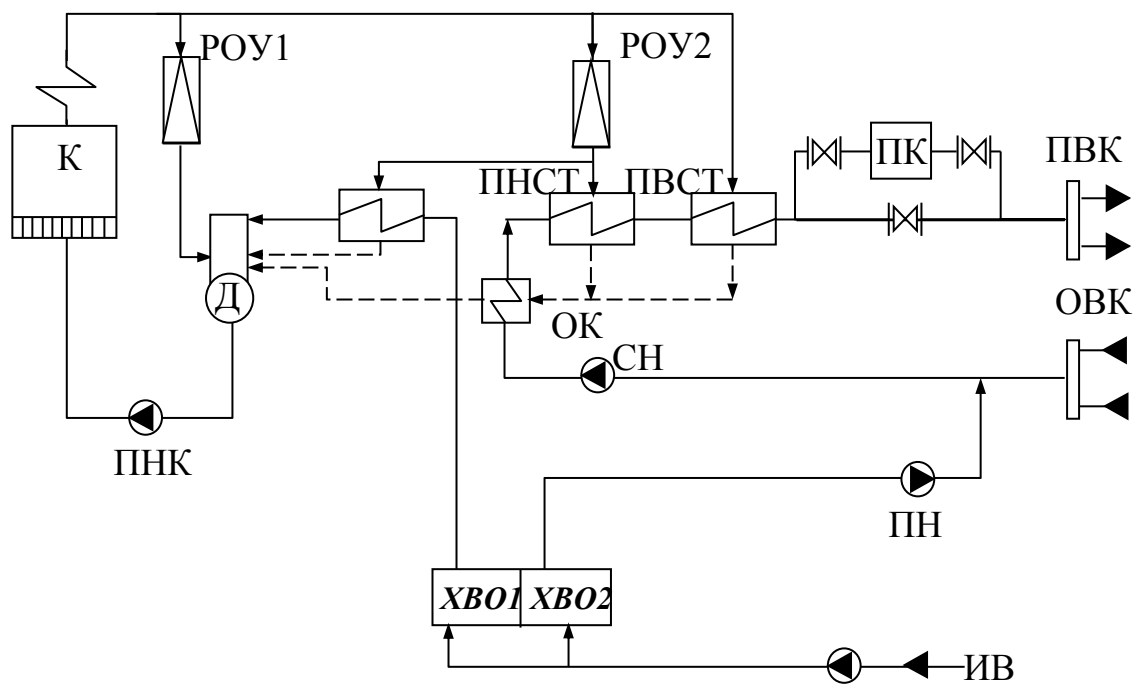
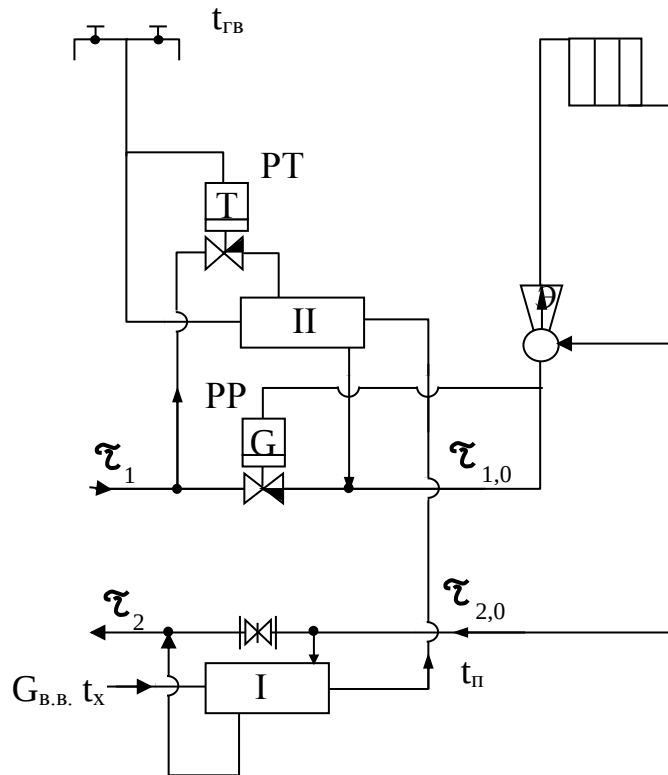


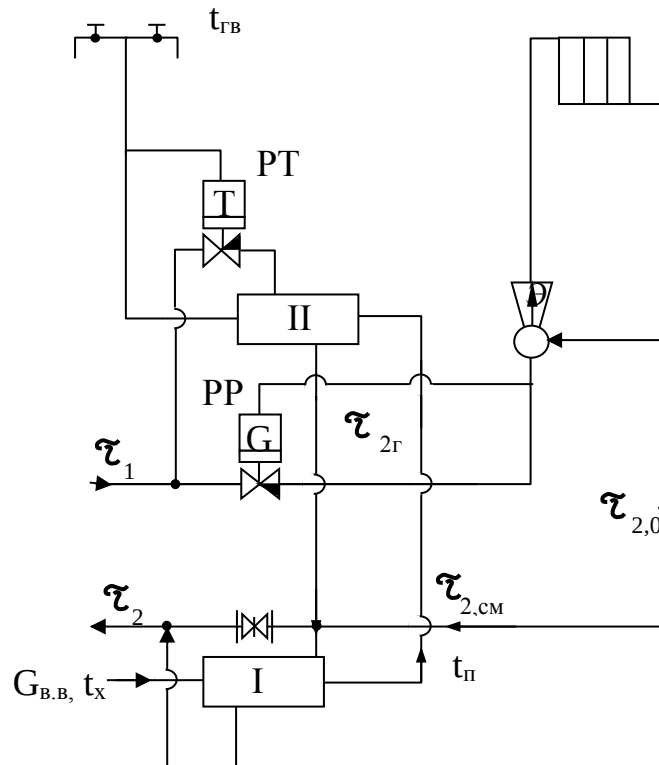
Схема котельной с паровыми котлами

Приложение 5

5.1. Схемы абонентских вводов закрытых систем теплоснабжения

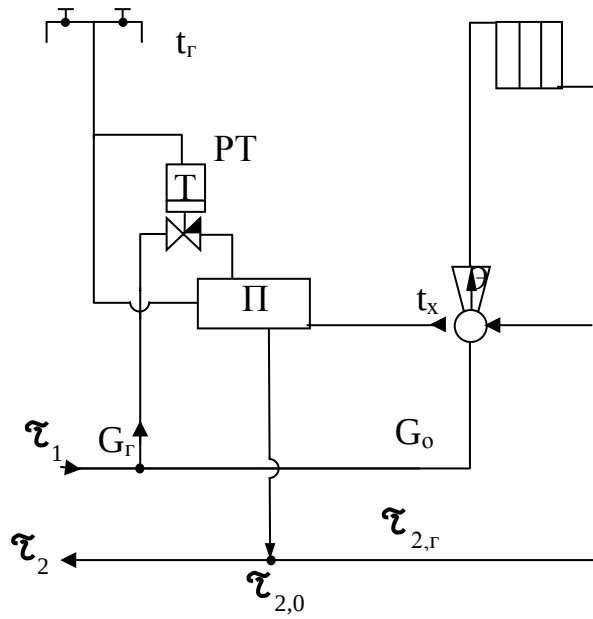


Двухступенчатая последовательная схема



Двухступенчатая смешанная схема

Продолжение приложения 5



Параллельная схема

Обозначения на схемах:

I – подогреватель нижней ступени

II – подогреватель нижней ступени

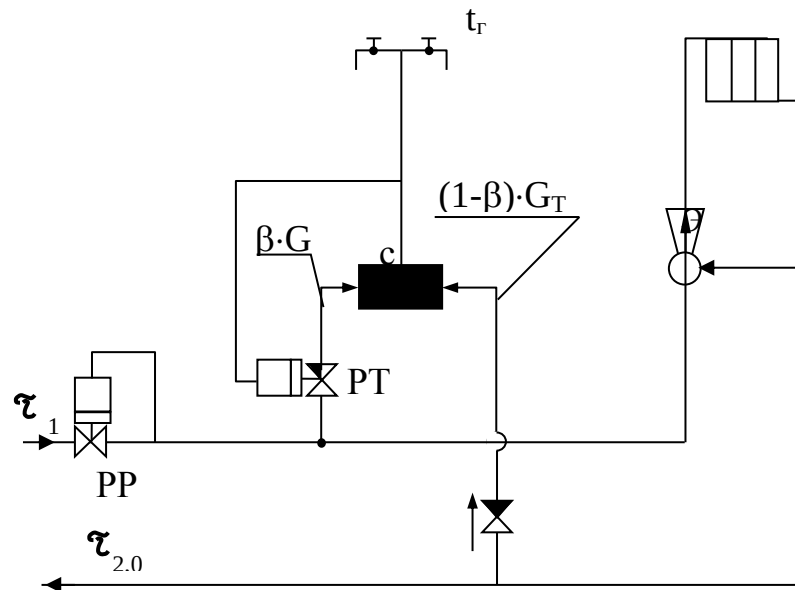
П – подогреватель

Э – элеватор

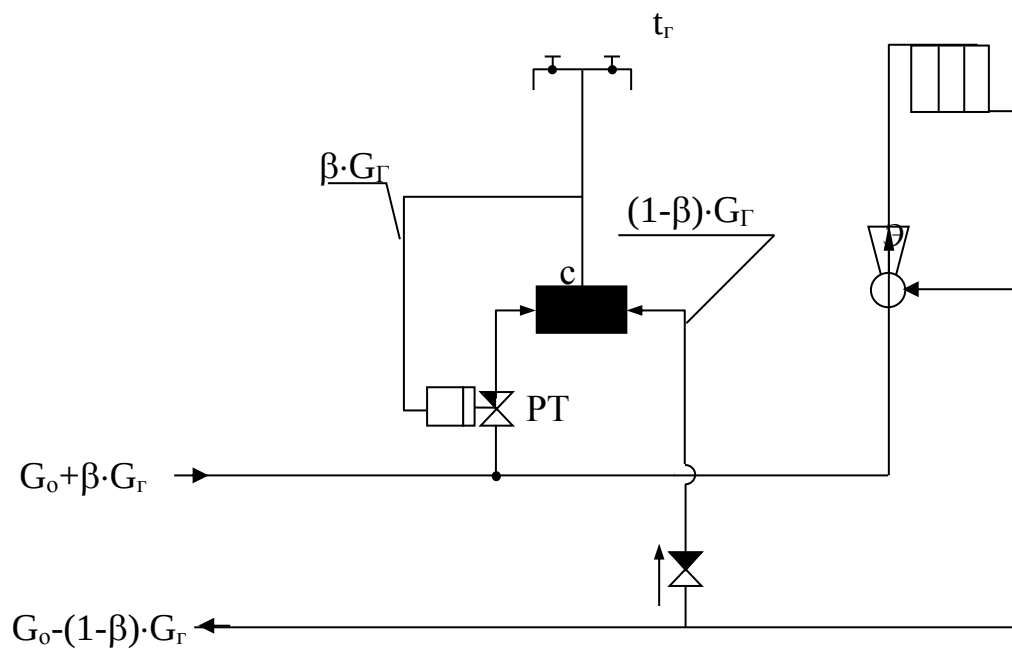
РТ – регулятор температуры

РР – регулятор расхода

5.2. Схемы абонентских вводов открытых систем теплоснабжения



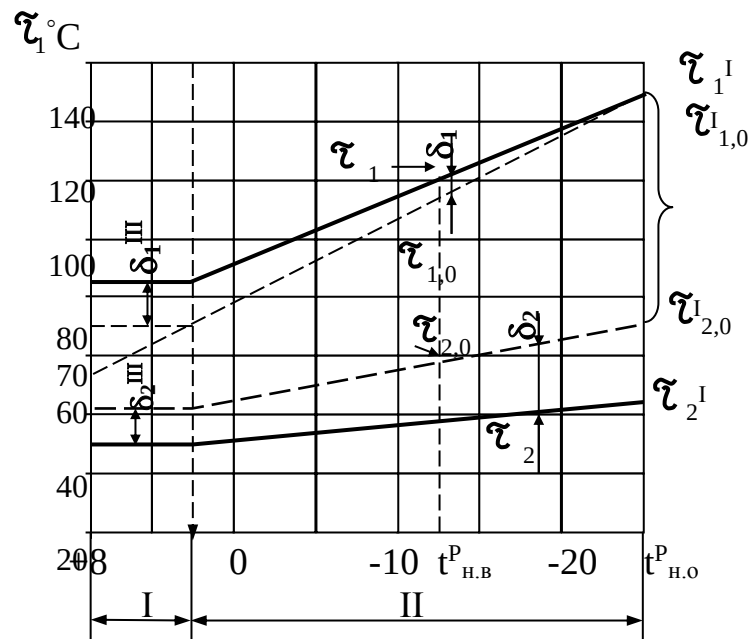
Связанное регулирование по совместной нагрузке



Несвязанное регулирование по совместной нагрузке

Приложение 6

Центральное качественное регулирование закрытых систем по совместной нагрузке
отопления и горячего водоснабжения



$$\begin{aligned}\tau_1 &= \tau_{1,0} + \delta_1; \\ \tau_2 &= \tau_{2,0} - \delta_2 \\ \delta\tau_0^I &= \tau_1^I - \tau_{2,0}^I\end{aligned}$$

Отопительный график

$$\delta = \frac{Q_{\text{ГВ}}^{\delta}}{c \cdot G_0^I} = \frac{Q_{\text{ГВ}}^{\delta}}{Q_0^I} \cdot \delta\tau_0^I = \text{const}$$

$\delta = \delta_1 + \delta_2$ – суммарный перепад сетевой воды в подогревателях
верхней и нижней ступеней.

$$0,15 < \frac{Q_{\Gamma B}^{\text{ср}}}{Q_0^I} < 0,3$$

Продолжение приложения 6

Величина недогрева водопроводной воды в первой ступени подогревателя принимается в пределах

$$\Delta t_{\Pi}^{\text{III}} = 5 \div 10 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Температура воды на выходе из первой /нижней/ ступени

$$t_{\Pi}^{\text{III}} = \tau_{2,0}^{\text{III}} - \Delta t_{\Pi}^{\text{III}}$$

Перепад температур сетевой воды в пароперегревателе нижней /I -ой/ ступени.

$$\delta_2^{\text{III}} = \frac{Q_{\Gamma B}^{\delta}}{Q_0^I} \cdot \frac{t_{\Pi}^{\text{III}} - t_x}{t_{\Gamma B} - t_x} \cdot \delta \tau_0^I.$$

Перепад температур в верхней /2-ой/ ступени при t_{Π}^{III} $\delta_1^{\text{III}} = \delta - \delta_2^{\text{III}}$.

В диапазоне (II) перепад температур в нижней ступени

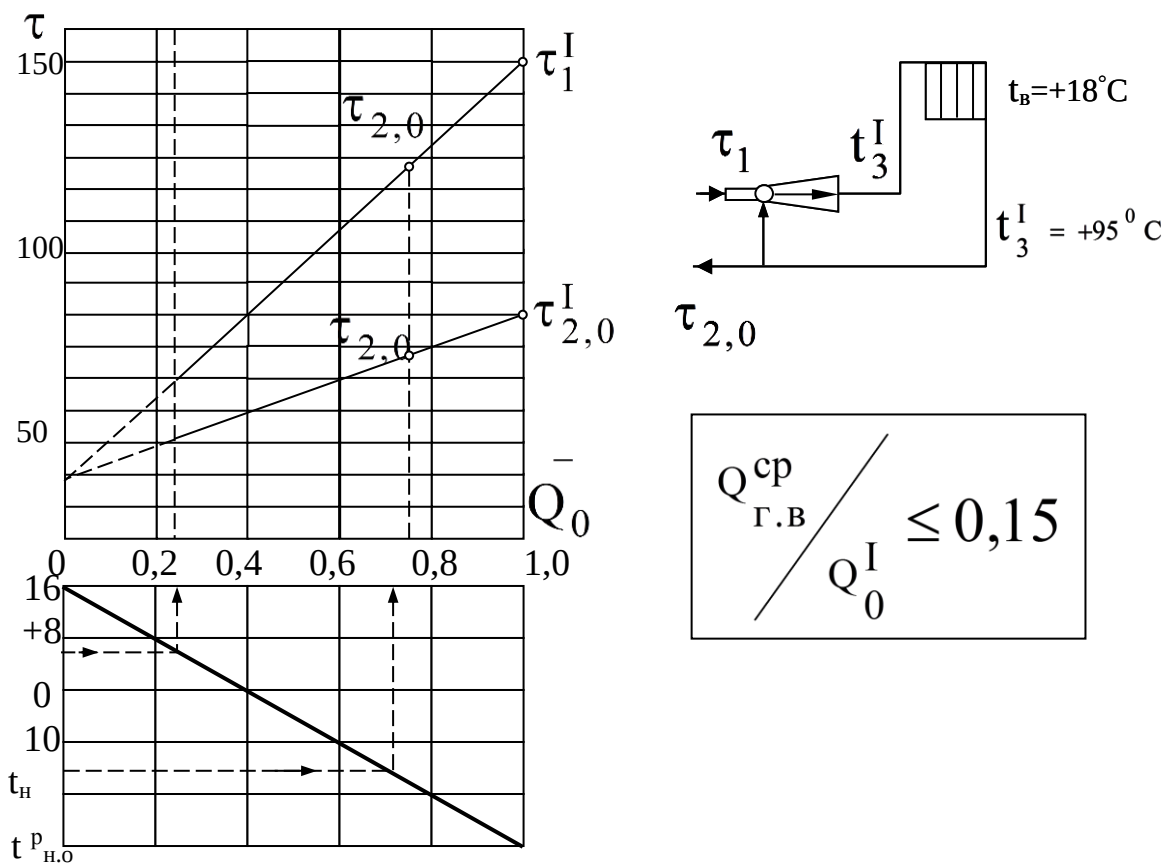
$$\delta_2 = \delta_2^{\text{III}} \frac{\tau_{2,0} - t_x}{\tau_{2,0}^{\text{III}} - t_x}.$$

Максимальный перепад в нижней ступени будет при $t_{н.о}^p$

$$\delta_{2\max} = \delta_2^{\text{III}} \frac{\tau_{2,0}^{\text{I}} - t_x}{\tau_{2,0}^{\text{III}} - t_x}.$$

Приложение 7

Центральное качественное регулирование закрытых систем по отопительной нагрузке



Расчетные перепады температуры:

$$\theta^{\text{I}} = t_3^{\text{I}} - \tau_{2,0}^{\text{I}} - \text{в отопительной системе};$$

$$\delta\tau_0^{\text{I}} = \tau_1^{\text{I}} - \tau_{2,0}^{\text{I}} - \text{в системе теплоснабжения};$$

$$\Delta t_0^I = \frac{t_3^I + \tau_{2,0}^I}{2} - t_B - \text{между отопительным прибором и помещением;}$$

$$\bar{Q}_0 = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}^P} - \text{зависимость относительного расхода тепла на отопле-}$$

ние от температуры наружного воздуха.

Продолжение приложения 7

Расчетные формулы:

$$\bar{G}_0 = \frac{3600 \cdot Q_0^I}{c(\tau_1^I - \tau_{2,0}^I)} \cdot \frac{\kappa_2}{\alpha} - \text{расчетный расход сетевой воды на отопление;}$$

$$\bar{Q}_0 = \frac{\tau_1^I - \tau_{2,0}^I}{\tau_1^I - \tau_{2,0}^I} - t_B - \text{относительная отопительная нагрузка системы тепло-}$$

снабжения для текущей температуры наружного воздуха;

$$u = \frac{\tau_1^I - t_3^I}{t_3^I - \tau_{2,0}^I} = \frac{\delta \tau_0^I}{\theta^I} - 1 - \text{коэффициент эжекции (смешения) элеватора;}$$

$\tau_1 = t_B + \Delta t_0^I \cdot \bar{Q}_0^{0,8} + (\delta \tau_0^I - 0,5 \theta^I) \cdot \bar{Q}_0$ — температура сетевой воды в подающем трубопроводе

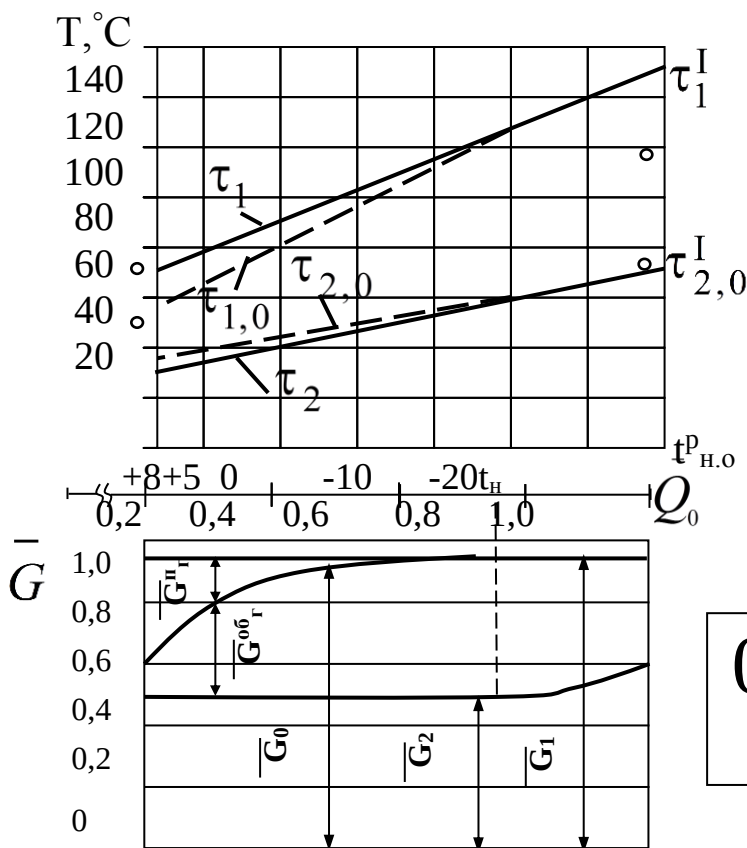
$\tau_{2,0} = \tau_1 - \delta \tau_0^I \cdot \bar{Q}_0 = t_s + \Delta t_0^I \cdot \bar{Q}_0^{0,8} - 0,5 \theta^I \cdot \bar{Q}_0$ – температура сетевой воды в обратном трубопроводе

$t_3 = \tau_{2,0} + \theta^I \cdot \bar{Q}_0 = t_s + \Delta t_0^I \cdot \bar{Q}_0^{0,8} + 0,5 \theta^I \cdot \bar{Q}_0$ – температура горячей воды на

входе в систему отопления абонента.

Приложение 8

Центральное качественное регулирование открытых систем по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения
(в скорректированный температурный график)



$\rho^{\bar{o}} = \frac{Q_{z,\bar{o}}^{\bar{o}}}{Q_0^I}$ – относительная балансовая нагрузка горячего водоснабжения,

где $Q_{z,\bar{o}}^{\bar{o}} = Q_{z,\bar{o}}^{cp} \cdot \chi^{\bar{o}}$ – балансовая нагрузка горячего водоснабжения,

где $\chi^{\bar{o}} = 1,1-1,2$ – балансовый коэффициент, учитывающий неравномерность суточного графика горячего водоснабжения;

$\bar{G}_0 = 1 - \frac{t_{2\bar{o}} - \tau_{2,0}}{\tau_1 - \tau_{2,0}} \cdot \frac{G_z}{G_0^I}$ – относительный расход воды на отопление;

Продолжение приложения 8

$\bar{G}_1 = \frac{G_1}{G_0^I}$ – относительный расход сетевой воды в подающем трубопроводе;

$\bar{G}_2 = \frac{G_2}{G_0^I}$ – относительный расход сетевой воды в обратном трубопроводе;

$\bar{G}_r^{\Pi} = \frac{G_r^{\Pi}}{G_0^I}$ – относительный расход сетевой воды на горячее водоснабжение из подающего трубопровода;

$\bar{G}_r^{oB} = \frac{G_r^{oB}}{G_0^I}$ – относительный сетевой расход воды на горячее водоснабжение из обратного трубопровода.

Расчетные формулы:

$$\bar{G}_0 = \frac{1 - 0,5 \cdot \rho^B \cdot \frac{\theta^I}{t_{ГВ} - t_X}}{1 + \frac{t_{ГВ} - t_B}{t_{ГВ} - t_X} \cdot \frac{\rho^B}{\bar{Q}_0} - \frac{\Delta t_0^I}{t_{ГВ} - t_X} \cdot \frac{\rho^B}{\bar{Q}_0^{0,2}}} \quad - \text{ относительный расход воды на}$$

отопление;

$$\tau_1 = t_B + \frac{\bar{Q}_0}{\bar{G}_0} (\delta \tau_0^I + \Delta t_0^I \cdot \frac{\bar{G}_0}{\bar{Q}_0^{0,2}} - 0,5 \theta^I) \quad - \text{ текущая температура сетевой}$$

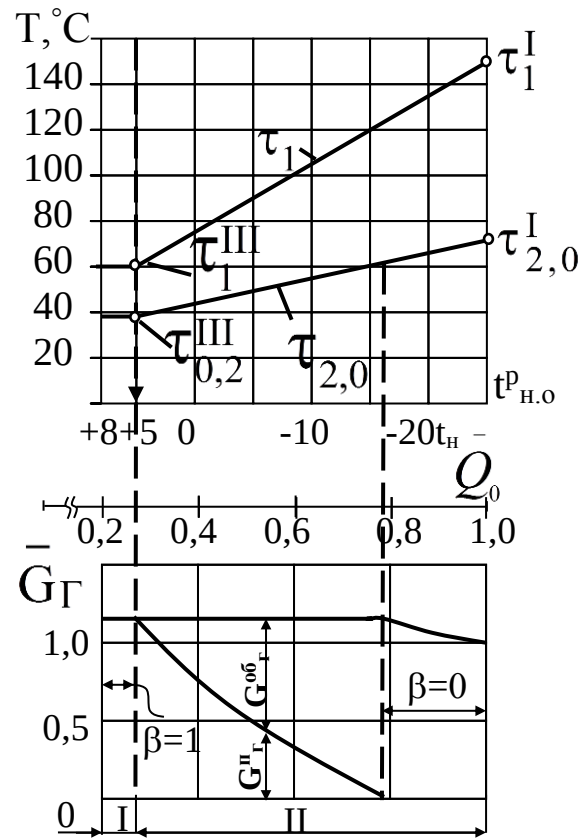
воды в подающем трубопроводе;

$$\tau_2 = t_B + \frac{\bar{Q}_0}{\bar{G}_0} \cdot (\Delta t_0^I \cdot \frac{\bar{G}_0}{\bar{Q}_0^{0,2}} - 0,5 \theta^I) \quad - \text{ текущая температура сетевой воды в}$$

обратном трубопроводе.

Приложение 9

Центральное качественное регулирование открытых систем
по отопительной нагрузке



$$\frac{Q_{z.6}^{cp}}{Q_0^I} \leq 0,15$$

$$\tau_{2,0}$$

Расчетный расход воды на горячее водоснабжение определяют по формуле:

$$G_{\Gamma} = 3600 \frac{Q_{\Gamma B}}{c(t_B - t_X)}$$

Величины водоразбора из подающей линии (G_{Γ}^{Π}) и из обратной ($G_{\Gamma}^{об}$) определяют по формулам:

$$G_{\Gamma}^{\Pi} = \beta \cdot G_{\Gamma};$$

$$G_{\Gamma}^{об} = (1 - \beta) \cdot G_{\Gamma},$$

где β – доля водоразбора из подающего трубопровода.

Продолжение приложения 9

Уравнение теплового баланса узла смешивания

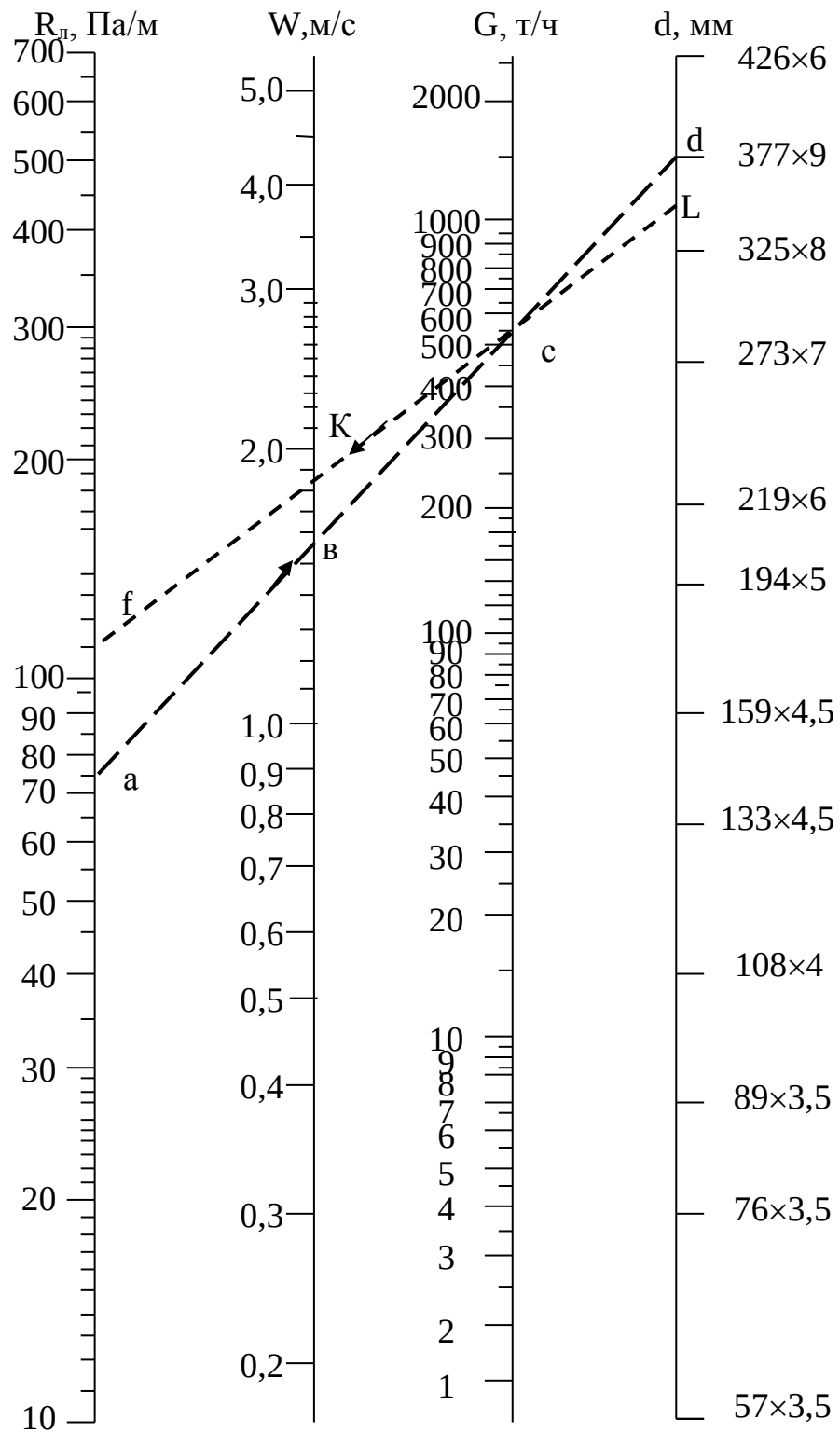
$$G_{\Gamma} \cdot t_{\Gamma B} = G_{\Gamma}^{\Pi} \cdot \tau_1 + G_{\Gamma}^{об} \cdot \tau_{2,0}$$

$$\beta = \frac{t_{\Gamma B} - \tau_{2,0}}{\tau_1 - \tau_{2,0}}; \quad 0 \leq \beta \leq 1$$

В холодный период времени отопительного сезона при температуре обратной воды $\tau_{2,0} > 60^{\circ}\text{C}$ расход воды на горячее водоснабжение снижается пропорционально отношению:

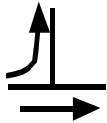
$$(t_{\Gamma B} - t_X) / (\tau_{2,0} - t_X)$$

Приложение 10



Номограмма для расчета трубопроводов водяных тепловых
сетей ($\kappa_3=0,5$ мм, $\rho=958,4$ кг/м³)

Эквивалентные длины местных сопротивлений

Наименование местных сопротивлений	Эскиз	K _э мм	Эквивалентные длины, м, при наружных диаметрах труб, мм											
			57	76	89	108	133	159	194	219	273	325	377	426
Задвижка		0,5	0,65	1,00	1,28	1,65	2,20	2,24	2,9	3,36	3,33	4,27	4,3	4,4
		0,2	0,88	1,33	1,67	2,12	2,32	2,76	3,66	4,20	4,20	5,20	6,3	7,36
Компенсатор сальниковый		0,5	-	-	-	0,6	0,88	1,68	2,17	2,52	3,33	4,17	5,0	10,0
		0,2	-	-	-	0,86	1,13	2,07	2,74	3,15	4,20	5,20	6,3	12,5
Тройники при делении потоков														
Проход		0,5	1,30	2,0	2,55	3,30	4,4	5,6	7,24	8,40	11,1	13,9	16,8	20,0
Ответвление		0,5	1,96	3,0	3,82	4,95	6,6	8,4	10,9	12,6	16,7	20,8	25,2	30,0
Проход		0,2	1,76	2,66	3,33	4,24	5,65	6,9	9,15	10,5	14,0	17,4	20,9	24,9
Ответвление		0,2	2,64	4,00	5,00	6,36	8,50	10,4	13,7	15,8	21,0	26,1	31,4	37,3

Примечание: Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности труб (K_э) должна приниматься равной 0,2 мм для паровых тепловых сетей и 0,5 для водяных систем теплоснабжения.

Приложение 12

Конструктивные характеристики непроходных каналов

Условный диаметр труб, D _y , мм	Размер труб		Предельная толщина изоляции, D _{п. сл} , мм	Тип канала	Размеры канала, мм					
	Диаметр, d _н , мм	Толщина стенки, δ ^{ст} , мм			H ₂	H ₁	l	L	Толщина стенки	
									S ₁	S ₂
50 70 80	57 76 89	2,0-12,0 2,0-18,0 2,0-22,0	100	КЛ-60-45	224 234 241	460	280	600	80	120
100 125	108 133	2,0-28,0 3,0-32,0	150	КЛ-90-45	255 268	460	400	900	100	140
150	159	3,0-36,0	170	КЛ-90-60	281	590	400	900	100	140
175 200 250	194 219 273	4,0-45,0 6,0-50,0 7,0-50,0	180	КЛ-120-60	298 311 338	590	540	1200	120	180
300 350 400	325 377 426	8,0-75,0 9,0-75,0 9,0-75,0	190 200 150	КЛ-150-90	364 440 460	840	660 680 700	1500	140	200

Примечание: значение $\delta^{ст}$, мм в указанных интервалах брать из ряда: 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0

5,5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 17; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 36; 40; 45; 50;

56; 60; 63; 70; 75.

Приложение 13

Нормы тепловых потерь для изолированной поверхности теплопровода
с 1 м длины при температуре окружающего воздуха $t_0=25^\circ\text{C}$

Наружный диаметр труб, мм.	Температура теплоносителя, $^\circ\text{C}$						
	100	150	200	250	300	350	400
	Тепловые потери, Вт/м						
32	33	50	67	86	105	122	140
48	36	57	76	98	119	138	158
57	37	62	81	105	126	148	169
76	43	67	91	115	140	164	188
108	52	79	105	131	159	186	212
159	70	98	130	163	193	223	256
219	81	116	154	192	228	264	302
273	91	129	170	213	254	291	336
325	100	142	186	233	279	323	369
377	107	152	204	254	302	349	400
426	114	163	221	273	306	374	430
529	140	198	256	314	378	436	500
630	163	227	294	361	430	495	564
720	186	256	326	395	458	547	616
820	209	291	366	442	518	599	675
920	238	320	401	483	558	645	727
1020	262	349	430	523	611	698	779

Приложение 14

Поправочные коэффициенты к нормам тепловых потерь в зависимости
от температуры окружающего воздуха (t_0)

Температура окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$	Температура теплоносителя, $^\circ\text{C}$			
	100	150	200	250
+40	0,89	0,94	0,95	0,96
+30	0,97	0,98	0,98	0,99
+25	1	1	1	1
0	1,15	1,1	1,07	1,05
-10	1,21	1,13	1,1	1,07
-20	1,26	1,17	1,12	1,1
-30	1,32	1,2	1,14	1,13
-40	1,39	1,23	1,17	1,14

Приложение 15

135

Характеристики основных изоляционных материалов

№ п/п	Наименование типа изоляции	Мар- ка	Объём ный вес, кг/м ³	Толщина стандартного элемента, мм	Коэффициент теплопровод- ности	Область применения
1.	Скорлупы минераловатные на связке из фенольных смол	150 200	175 230	40, 50, 60 " "	$0,051 \div 0,0002 t_{cp}$ $0,055 \div 0,00019 t_{cp}$	Для труб с диаметром от 32 до 108 мм. Температура до 300°C
2.	Цилиндры полные минераловатные на фенольной связке	130	150	30, 40, 50, 60	$0,051 \div 0,0002 t_{cp}$	Для труб диаметром от 57 до 273 мм. Температура до 300°C
3.	Маты и плиты полужесткие минераловатные на фенольной связке	75 100 125 150 200	150 150 150 175 230	30, 40, 50 " " 60, 70, 80 90, 100 " "	$0,0465 \div 0,00021 t_{cp}$ " " " " $0,051 \div 0,0002 t_{cp}$ $0,056 \div 0,00019 t_{cp}$	Маты для труб диаметром свыше 219 мм, плиты – выше 325 мм. Температура до 300°C
4.	Маты минераловатные прошивные	150 200 250	180-200 240-250 300	40, 60, 80	$0,049 \div 0,0002 t_{cp}$ $0,053 \div 0,00019 t_{cp}$ $0,059 \div 0,00019 t_{cp}$	Для труб диаметром свыше 219 мм. Температура до 250°C.
5.	Маты и полосы из стеклянного волокна		200	10, 15, 20, 30, 50	$0,042 \div 0,00023 t_{cp}$	Маты для труб диаметром свыше 108 мм, полосы – от 25 до 108 мм. Температура до 450°C

6.	Маты и плиты полужесткие стекловатные	50 75	100 150	30,40,50,60, 70,80	0,0465÷0,00035 t _{ср} 0,0465÷0,00023 t _{ср}	Маты для труб диаметром свыше 219мм. Температура до 180°C
----	---	----------	------------	-----------------------	--	--

Примечание: $t_{cp} = 0,5(\mathfrak{T}_1^I + 20)$ – средняя температура изоляционного слоя.

Приложение 16

Марки и основные параметры стационарных теплофикационных турбин

серийного производства с отопительным прибором

Обозначение	Электр. мощность, кВт	Нач. параметры		Расход пара, Т/ч	Давление регулир. отборов, МПа	Расход пара в отборе, Т/ч	Температура вод. массы, °С	Число регнетров. Подогрева т.	Температура охл. вод. массы, °С	Число цилиндров
		Р _н , МПа	t _н , °С							

T-25-90	<u>2500</u> <u>0</u> 3000 0	9	5 3 5	130	0,07- 0,025	92	225	<u>4</u> 3	20	1
T-50/60-130	<u>5500</u> <u>0</u> 6000 0	13	5 6 5	256	0,05-0,20 0,06- 0,025	180	230	<u>4</u> 3	20	2
T-105/120-130-2	<u>1050</u> <u>00</u> 1200 00	13	5 6 5	460	0,05-0,20 0,06-0,25	310	230	<u>4</u> 3	20	3
T-175/210-130	<u>1750</u> <u>00</u> 2100 00	13	5 6 5	745	0,05-0,20 0,06-0,30	520	232	<u>4</u> 3	20	3

T-180/215-130	<u>1800</u>	13	5	628	0,05-0,20	465	232	<u>4</u>	20	3
	<u>00</u>				0,06-0,20			3		
	2150									
	00									
T-250/300-240	<u>2500</u>	24	5	905	0,05-0,20	645	265	<u>5</u>	20	4
	<u>00</u>				0,06-0,20			3		
	3000									
	00									

Примечание: 1. Числитель – номинальная, знаменатель – максимальная электрическая мощность.

2. Числитель – число ПНД, знаменатель – число ПВД.

Основные характеристики стальных

водогрейных котлов

Тип котла	Расчетная тепловая мощность, МВт.	Площадь поверхн. нагрева, м ²	Расчетн ый расход воды, кг/с	Расчетные температуры воды, °С		Перепад давления воды, МПа	Вид топлива	КПД брутто при расчетной производит., %
				$\tau_{2,0}^I$	τ_1^I			
КВГМ-4	4,65	127	13,8	70	150	0,12	Газ или мазут	90,5 или 86
КВГМ-6,5	7,55	199	22,2	70	150	0,12	Газ или мазут	91 или 87
КВГМ-10	11,6	295	34,3	70	150	0,15	Газ или мазут	90 или 89
КВГМ-20	23,3	513	68,7	70	150	0,23	Газ или мазут	90 или 88
КВГМ-30	35,0	720	103	70	150	0,19	Газ или мазут	90 или 88
ПТВМ-30М	46,5	822	139	70	150	0,17	Газ или мазут	90 или 88
КВГМ-50	58	1468	172	70	150	0,133	Газ или мазут	92,5 или 91
КВГМ-100	116	2710	343	70	150	0,165	Газ или мазут	92,5 или 91
ПТВМ-180	210	5979	1022	101	150	0,109	Газ	89

Основные характеристики паровых котлов низкого и среднего давления

Тип котла	Номинальные параметры				Номинальн ая паропроизво- дительность, т/ч
	Абсолютное давление пара, Мпа	Темпера- тура пара, °С	Энтальпия пара, кДж/кг	Температура питательной воды, °С	
Е-2,5-14	1,4	194	2788	100	2,5
Е-4-14÷Е-35-14	1,4	194(насыщ.) или 225(перегр.)	2788 или 2869	100	4; 6,5; 10 16; 25; 35;
Е-50-14÷Е-100-14	1,4	225	2869	100	50; 75; 100
Е-10-24÷Е-35-24	2,4	221(насыщ.) или 250(перегр.)	2800 или 2887	100	10; 25; 35;
Е-50-24÷Е-160-24	2,4	250	2887	100	50; 100; 160;
Е-10-40÷Е-75-40	3,9	440	3309	145	10; 16; 25; 35; 50; 75;

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению расчетно-графической работы

по дисциплине

«Централизованное теплоснабжение»

для студентов направления подготовки

08.03.01 «Строительство»

Профиль подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция»

В методических указаниях к расчетно-графической работе по дисциплине «Централизованное теплоснабжение» на тему «Расчет рекуперативного теплообменного аппарата» для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» приведены исходные данные и даны рекомендации по расчёту теплообменников рекуперативного типа. На примере практических расчетов показаны преимущества противоточной схемы включения аппаратов.

Методические указания могут быть использованы при выполнении типовых инженерных расчётов в соответствующих теплотехнических разделах магистерской диссертации, а также при проведении практических и самостоятельных аудиторных занятий студентов.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	4
1.	Цели домашнего задания	4
2.	Формулировка задания и его объем	5
3.	Основное содержание домашнего задания	8
4.	Общие требования к домашнему заданию	14
5.	Рекомендации по организации работ над домашним заданием	14
6.	Порядок защиты домашнего задания	15
7.	Список рекомендуемой литературы	16

Методические указания выполнены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Централизованное теплоснабжение» для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» и определяют единый подход к выполнению расчетно-графических работ, обязательные требования к их содержанию и оформлению.

Методические указания к выполнению расчетно-графических работ нацеливают студентов на самостоятельную работу и накопление навыков научного исследования.

Методические указания включают в себя положения, имеющие как обязательный, так и рекомендательный характер.

1. ЦЕЛИ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

Одним из основных методов изучения дисциплины «Централизованное теплоснабжение» является выполнение домашнего задания (расчетно-графической работы).

Цель выполнения домашнего задания:

- систематизация и закрепление изучаемого материала;
- увязка теоретических основ курса с решением практических задач теплотехники;
- формирование способности дать оценку теоретическим положениям и использовать их в инженерной деятельности;
- овладение совокупностью методов повышения эффективности оборудования;
- приобретение умения принимать инженерные решения в практической деятельности.

Подбор и изучение необходимого материала, самостоятельное выполнение расчетно-графической работы позволят студенту как можно лучше подготовиться к принятию инженерных решений, обеспечивающих нормальное функционирование предприятия в современных условиях, а также на более высоком качественном уровне подготовить магистерскую диссертацию.

2. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЕМ

2.1 Содержание домашнего задания

Определить поверхность нагрева рекуперативного теплообменного аппарата при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителей (при движении греющей воды по внутренней трубе, а нагреваемой по кольцевому каналу между трубами), если расход греющей воды (G_1), расход нагреваемой воды (G_2), начальные и конечные температуры теплоносителей (

$t_{ж1}^I, t_{ж2}^I$ и $t_{ж2}^{II}$), внутренний диаметр внутренней трубы (d_1), толщина стенки внутренней трубы (δ), коэффициент теплопроводности внутренней трубы (λ_{mp}), внутренний диаметр наружной трубы (d_3), длина секции теплообменника (L). Температуры стенки внутренней трубы определены по результатам предварительного расчёта на ЭВМ и равны: со стороны греющей жидкости (t_{C1}), со стороны нагреваемой (t_{C2}).

Показать иллюстративные схемы включения теплообменника по прямотоку и противотоку и изобразить графики изменения температур теплоносителей по обеим схемам.

УКАЗАНИЕ. Потерями тепла через теплоизоляцию аппарата в окружающую среду пренебречь.

2.2 Выбор исходных данных и общие рекомендации по выполнению

Исходные данные для расчёта рекуперативного водо-водяного скоростного теплообменника представлены таблице 1.

Таблица 1- Исходные данные для расчёта рекуперативного теплообменника

Пред- послед- няя цифра шифра	Геометрические размеры аппарата				Расходы теплоносителей		Пос- лед- няя цифра шифра	Температуры теплоносителей			Козф. тепло- провод. трубы $\lambda_{тр}$, Вт/м К	Температуры стенки внутренней трубы	
	d_1 , мм	δ , мм	d_3 , мм	L, м	G_1 , т/ч	G_2 , т/ч		$t_{ж1}^I$, °C	$t_{ж2}^I$, °C	$t_{ж2}^{II}$, °C		t_{c1} , °C	t_{c2} , °C
1	20	2,0	49	2,0	1,5	4,5	1	130	5	35	70	66,8	57,9
2	40	3,0	61	4,0	5,2	15,5	2	120	25	45	50	60,9	48,3
3	22	2,0	52	3,5	1,7	4,5	3	115	20	40	380	58,8	53,5
4	38	3,0	58	4,5	6,4	19,0	4	150	15	45	80	77,9	66,0
5	32	2,0	56	5,0	3,8	8,0	5	145	30	50	395	70,3	62,1
6	36	3,0	61	3,0	6,8	18,5	6	110	25	45	40	57,8	49,5
7	28	2,0	53	3,5	3,2	9,5	7	150	15	45	390	78,0	52,0
8	34	3,0	58	5,0	3,8	8,0	8	155	10	45	85	79,8	67,7
9	30	2,0	57	4,5	3,4	10,0	9	100	15	35	375	53,6	46,0
0	32	3,0	58	3,5	3,6	10,5	0	170	5	45	370	82,5	66,6

2.3 Объем домашнего задания

Домашнее задание состоит из расчетной и графической частей.

2.3.1 Содержание расчетной части

1. По заданному расходу и температурам нагреваемой воды (из уравнения теплового баланса аппарата) определяется тепловая нагрузка – мощность теплообменника.
2. Из этого же балансового уравнения определяется температура греющей воды на выходе из теплообменника.
3. Определяются значения средних температур греющей и нагреваемой воды, для которых, из таблицы 2 принимаются физические свойства воды на линии насыщения.
4. Выполняются расчеты по определению коэффициентов теплоотдачи со стороны греющей и нагреваемой воды, по результатам которых рассчитывается коэффициент теплопередачи рабочей поверхности теплообмена аппарата.
5. Определяются значения средне - логарифмических температурных напоров между греющей и нагреваемой водой для двух расчетных схем включения аппарата (противоток, прямоток).
6. Выполняется расчет рабочей поверхности рекуперативного теплообменника, включенного по прямоточной и противоточной схемам и проводится сравнительный анализ полученных результатов.

2.3.2 Содержание графической части

1. Начертить схемы включения теплообменника по прямоточной и противоточной схемам.
2. Построить графики изменения температур греющей и нагреваемой воды при движении вдоль поверхности теплообмена для этих схем включения.

3. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

3.1 Требуемая поверхность нагрева теплообменника по обеим схемам включения (прямоток, противоток) находится, исходя из основного уравнения теплопередачи:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp}, \quad (3.1)$$

где Q — тепловая нагрузка аппарата, Вт;

K — коэффициент теплопередачи рабочей поверхности теплообмена, Вт/(м² К);

Δt_{cp} - средний температурный перепад между греющей и нагреваемой водой, °С.

Тепловую нагрузку определяют по уравнению теплового баланса аппарата

$$Q = G_2 \cdot C_{P2} \cdot (t_{Ж2}^{II} - t_{Ж2}^I) = G_1 \cdot C_{P1} \cdot (t_{Ж1}^I - t_{Ж1}^{II}) \quad (3.2)$$

Из приведённого балансового уравнения может быть найдена температура греющей воды на выходе из теплообменника ($t_{Ж1}^{II}$).

Физические параметры греющей и нагреваемой воды находят по таблице физических свойств воды (табл.№ 2) при средней температуре теплоносителя

$$t_{Ж}^{cp} = 0,5 \cdot (t_{Ж}^I + t_{Ж}^{II}) \quad (3.3)$$

Скорости движения теплоносителей определяют по формулам

$$W_1 = \frac{4 \cdot G_1}{3,6 \cdot \rho_{Ж1} \cdot \pi \cdot d_1^2}, \quad \text{м/с} \quad (3.4)$$

$$W_2 = \frac{4 \cdot G_2}{3,6 \cdot \rho_{Ж2} \cdot \pi \cdot (d_3^2 - d_2^2)}, \quad \text{м/с} \quad (3.5)$$

где $d_2 = d_1 + 2\delta$, м — наружный диаметр внутренней трубы.

Расчёт коэффициента теплопередачи (K) производят по формуле для плоской стенки, поскольку соотношения диаметров греющей поверхности аппарата значительно меньше 1,8 ($d_2/d_1 \ll 1,8$)

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{тр}}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.6)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи соответственно с внутренней и наружной стороны греющей поверхности, Вт/м² К.

Коэффициенты α_1 и α_2 определены из уравнения

$$\alpha = \frac{\text{Nu}_{\text{ж}} \cdot \lambda_{\text{ж}}}{d}, \quad (3.7)$$

где d – определяющий геометрический размер, м;

$\lambda_{\text{ж}}$ – коэффициент теплопроводности жидкости, Вт/(м К);

$\text{Nu}_{\text{ж}}$, - критерий Нуссельта.

Таблица 2 - Физические свойства воды на линии насыщения

t, °C	P*10 ⁻⁵ , Па	ρ, кг/м ³	i ^l , кДж/кг	C _p , кДж/(кг К)	λ*10 ² , Вт/(м К)	a*10 ⁸ , м ² /с	μ*10 ⁶ , Па*с	ν*10 ⁶ , м ² /с	β*10 ⁴ , К ⁻¹	Pr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1,013	999,9	0	4,212	55,1	13,1	1788	1,789	-0,63	13,67
10	1,013	999,7	42,04	4,191	57,4	13,7	1306	1,306	+0,70	9,52
20	1,013	998,2	80,91	4,183	59,9	14,3	1004	1,006	1,82	7,02
30	1,013	993,7	125,7	4,174	61,8	14,9	801,5	0,805	3,21	5,42
40	1,013	992,2	167,5	4,174	63,5	15,3	653,3	0,659	3,87	4,31
50	1,013	988,1	209,0	4,174	64,8	15,7	549,4	0,556	4,49	3,54
60	1,013	983,2	251,1	4,179	65,9	16,0	649,9	0,478	5,11	3,98
70	1,013	977,8	293	4,187	66,8	16,3	406,1	0,415	5,7	2,55
80	1,013	971,8	335,0	4,195	67,4	16,6	335,1	0,365	6,32	2,21
90	1,013	965,3	337,0	4,208	68,0	16,8	314,9	0,326	6,95	1,95
100	1,013	958,4	419,1	4,220	68,3	16,9	282,5	0,295	7,52	1,75
110	1,43	951,0	461,4	4,233	68,5	17,0	259,0	0,272	8,08	1,60
120	1,98	943,1	503,7	4,250	68,6	17,1	287,4	0,252	8,64	1,47
130	2,70	934,8	546,4	4,266	68,6	17,2	217,8	0,233	9,19	1,36
140	3,62	926,1	589,1	4,287	68,5	17,2	201,1	0,217	9,72	1,26
150	4,76	917,0	632,2	4,313	68,4	17,3	186,4	0,203	10,3	1,17
160	6,18	907,4	675,4	4,346	68,3	17,3	173,6	0,191	10,7	1,10
170	7,92	897,3	719,3	4,380	67,9	17,3	162,8	0,181	11,3	1,05
180	10,3	886,9	763,3	4,417	67,4	17,2	153,0	0,173	11,9	1,00
190	12,55	876,0	807,8	4,459	67,0	17,1	144,2	0,165	12,6	0,96
200	15,55	866,0	852,5	4,505	66,3	17,0	136,4	0,158	13,3	0,93
210	19,08	852,8	897,7	4,614	65,0	16,9	130,5	0,153	14,1	0,91
220	22,20	840,3	943,7	4,681	64,5	16,6	124,6	0,148	14,8	0,89

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
230	27,98	827,3	990,2	4,756	63,7	16,4	119,7	0,145	15,9	0,88
240	33,48	813,6	1037,5	4,844	62,8	16,2	114,8	0,141	16,8	0,87
250	39,78	799,0	1085,7	4,949	61,8	15,9	109,89	0,137	18,1	0,86
260	46,94	784,0	1135,7	5,070	60,5	15,6	105,0	0,135	19,7	0,87
270	55,05	767,9	1185,3	5,070	59,0	15,1	102,0	0,133	21,6	0,88
280	61,19	750,7	1236,8	5,230	57,4	14,6	98,1	0,131	23,7	0,90
290	74,45	732,3	1290,0	5,485	55,8	13,9	94,2	0,129	26,2	0,93

При подсчёте коэффициента теплоотдачи с внутренней поверхности греющей трубы (α_1) использовать формулы:

а). Для турбулентного режима движения ($Re > 10^4$)

$$Nu_{\text{ж}} = 0,021 \cdot Re_{\text{ж}}^{0,8} \cdot Pr_{\text{ж}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{ж}}}{Pr_{\text{с}}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e \quad (3.8)$$

б). Для переходного режима движения ($Re = 2100 - 10^4$)

$$Nu_{\text{ж}} = K_0 \cdot Pr_{\text{ж}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{ж}}}{Pr_{\text{с}}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e, \quad (3.9)$$

при этом, K_0 взять из таблицы № 3.

Таблица 3 - Значения поправочного коэффициента K_0 переходного режима

$Re_{\text{ж}} \cdot 10^{-3}$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	3	4	5	6	7	8
K_0	1,9	2,2	3,3	3,8	4,4	5,0	10,3	15,5	19,5	27	33,3

в). Для ламинарного режима движения ($Re \leq 2100$)

$$Nu_{\text{ж}} = 0,015 \cdot Re_{\text{ж}}^{0,33} \cdot Pr_{\text{ж}}^{0,43} \cdot Gr_{\text{ж}}^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{ж}}}{Pr_{\text{с}}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e \quad (3.10)$$

Индексы «ж» и «с» означают, что физические константы жидкости взяты соответственно при средней температуре жидкости и средней температуре стенки.

Значения поправочного коэффициента на длину трубы ε_e принять из таблицы №4.

Таблица 4 - Значения поправочного коэффициента на длину трубы ε_e

l/d		1	2	5	10	15	20	30	40	50
ε_e	Ламинарный режим	1,9	1,7	1,44	1,28	1,18	1,13	1,05	1,02	1,0
	Турбулентный режим	1,5	1,4	1,23	1,14	1,10	1,08	1,04	1,02	1,0

Для определения коэффициента теплоотдачи с наружной поверхности греющей трубы (α_2), используются те же формулы по расчёту критерия Нуссельта, что и для внутренней поверхности, вводя дополнительный множитель $(d_3/d_2)^{0,18}$.

В качестве определяющего размера (диаметра) в расчётах использовать эквивалентный диаметр, равный:

$$d_{\text{экв}} = d_3 - d_2 \quad (3.11)$$

Используемые в расчётных уравнениях “а”, “б”, “в” критерии Рейнольдса (Re), Прандтля (Pr) и Грасгофа (Gr) определять по формулам:

$$\text{Re} = \frac{W \cdot d}{\nu} ; \quad (3.12)$$

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{a} ; \quad (3.13)$$

$$\text{Gr} = \frac{\beta \cdot g \cdot \Delta t \cdot d^3}{\nu^2} , \quad (3.14)$$

где $\beta = \frac{1}{T} = \frac{1}{t + 273}$ - коэффициент объёмного расширения;

$g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ - ускорение свободного падения.

Для каждой схемы включения аппарата средний температурный напор ($\Delta t_{\text{ср}}$) определять как средне - логарифмический

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{н}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} , \quad (3.15)$$

где Δt_{δ} и $\Delta t_{\text{м}}$ – наибольший и наименьший температурные перепады между греющим теплоносителем и нагреваемой водой.

Расчёт числа секций теплообменника (n_c) произвести по формуле

$$n_c = \frac{F}{f_c} , \quad (3.16)$$

где $f_c = \pi \cdot d_2 \cdot L$, м^2 – площадь греющей поверхности одной секции.

4.ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

Расчетно-графическую работу выполняют на машинописных листах формата А-4, а графическую часть задания – на листах миллиметровой бумаги того же формата.

В ходе выполнения РГР необходимо выполнять следующие условия:

- задание оформляется в виде отдельного листа с подписью студента и преподавателя, выдавшего задание, с указанием шифра задания;
- расчеты сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором указывать, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулы и откуда они взяты;
- вычисления производить в системе СИ;

5. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НАД ДОМАШНИМ ЗАДАНИЕМ

Прежде чем приступить к выполнению РГР, необходимо познакомиться со специальной научной литературой по выбранной теме. Подбор литературы производится студентом самостоятельно. При этом, следует пользоваться предметным алфавитным каталогом в читальном зале библиотеки института и других библиотеках. Литературные источники должны освещать как общетеоретическую сторону проблемы, так и практическую, кроме того, следует использовать в своей работе отечественные стандарты и нормативные материалы.

Особое внимание обращают на научные публикации в специальных журналах за последние два года. Перечень всех статей за год содержится в последнем номере журналов.

Сначала следует изучить основную литературу (учебники, пособия), а затем перейти к работам исследовательского характера.

6.ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ СТУДЕНТА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ

Выполненное РГР проверяется руководителем, который дает допуск к защите или возвращает его, в случае необходимости, на доработку. При подготовке к защите РГР студент обязан повторить теоретический материал дисциплины и подготовить доклад по материалу работы. В докладе следует изложить сущность задания, методы решения задач, наиболее важные результаты и выводы. В конце доклада студент должен быть готов ответить на вопросы как по содержанию работы, так и по дисциплине в целом.

- самостоятельность выполнения работы;
- использование в ней результатов своих исследований;
- уровень теоретической подготовки студента;
- грамотность и практическая ценность принятых решений;
- качество оформления всех материалов домашнего задания;
- правильность ответов на вопросы при защите работы.

1. Стерлигов, В.А. Централизованное теплоснабжение предприятий, поселений и городских округов. Курсовое и дипломное проектирование Электронный ресурс : учебное пособие / Е.М. Крамченков / Т.Г. Мануковская / В.А. Стерлигов. - Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. - 105 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-88247-616-7, экземпляров неограничено.

[illegible]

технологический университет, 2016. - 132 с. - Книга находится в премиум-версии
ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-7882-2134-2, экземпляров неограничено

3. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочник: В 4 кн. / Под ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. Кн. 1. Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы. – М.: Изд-во МЭИ, 2009. – 528 с.

4. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: Учеб. пособие для втузов. – М.: Высш. шк., 2000. – 261 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

для студентов, обучающихся по направлению подготовки
08.03.01 – Строительство
Профиль – «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Ставрополь, 2021

Содержание

Введение

1. Самостоятельная работа как важнейшая форма учебного процесса
2. Цели и основные задачи самостоятельной работы
3. Виды самостоятельной работы
4. Организация самостоятельной работы
5. Общие рекомендации по организации самостоятельной работы
6. Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы
7. Критерии оценки самостоятельной работы

Введение

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности профессионала, способного к саморазвитию, самообразованию и инновационной деятельности.

Успешное усвоение дисциплин по различным образовательным программам предполагает активное, творческое участие обучающегося на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной не только аудиторной, но и самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Самостоятельная работа – это процесс активного, целенаправленного приобретения обучающимися новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Объем самостоятельной работы (в часах) определен учебным планом.

Методические указания по организации самостоятельной работы студентов (далее – СРС) являются обязательной частью учебно-методических комплексов учебных дисциплин, реализуемых на кафедре теплогазоснабжения и экспертизы недвижимости по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, направленность (профиль) Теплогазоснабжение и вентиляция.

Методические указания по организации самостоятельной работы для студентов, наряду с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ, практических занятий и работе с лекционным материалом; по формам текущего, промежуточного и итогового контроля; по выполнению курсовых работ/проектов, расчетно-графических работ, контрольных работ; по подготовке и защите выпускных квалификационных работ, составляют единый комплекс методического обеспечения УМК каждой учебной дисциплины.

Цель методических указаний СРС – определить роль и место самостоятельной работы студентов в учебном процессе; конкретизировать ее уровни, формы и виды; обобщить методы и приемы выполнения определенных типов учебных заданий; объяснить критерии оценивания.

1. Самостоятельная работа как важнейшая форма учебного процесса

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой обучающихся).

Самостоятельная работа обучающихся является важным видом учебной и научной деятельности. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРО должна стать эффективной и целенаправленной работой.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи высшего образования – «подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности».

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы обучающихся над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста обучающихся, воспитание творческой активности и инициативы.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников,

систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, лабораторных работах, выполнении контрольных и расчетно-графических работ, написание курсовых работ (проектов) и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа обучающихся играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. Они включают в себя:

- изучение и систематизацию официальных государственных документов - законов, постановлений, указов, нормативно-инструкционных и справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем «Консультант-плюс», «Гарант», глобальной сети «Интернет»;
- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, статистической, периодической и научной информации;
- подготовку докладов и рефератов, написание выпускных квалификационных работ;
- участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.

Самостоятельная работа приобщает студентов к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

2. Цели и основные задачи самостоятельной работы

Ведущая цель организации и осуществления СРМ должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра. При организации СРМ важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для деятельности.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Основными задачами СРМ являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений магистров;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к промежуточной аттестации - зачетам и экзаменам.

3. Виды самостоятельной работы

Самостоятельная работа магистрантов включает:

- самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы;

- подготовка к лекциям;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- написание рефератов;
- выполнение контрольной работы;
- выполнение курсовой работы (проекта);
- выполнение расчетно-графической работы;
- подготовка исследовательской работы (написание статьи, доклада);
- подготовка выпускной квалификационной работы;
- подготовка к текущей и промежуточной аттестации;
- подготовка к государственной итоговой аттестации.

Для выполнения самостоятельной работы студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины, с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, с графиком консультаций преподавателей кафедры, с перечнем ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

4. Организация самостоятельной работы

Самостоятельная работа студента – способ активного, целенаправленного приобретения новых знаний и умений без непосредственного участия в этом процессе преподавателей.

Организационные мероприятия, обеспечивающие развитие навыков самостоятельной работы студентов, воспитание их творческой активности и инициативы, а также, в целом, обеспечивающие нормальное функционирование самостоятельной работы студентов, должны основываться на следующих предпосылках:

- самостоятельная работа должна быть конкретной по своей предметной направленности;
- самостоятельная работа должна сопровождаться эффективным, непрерывным контролем и оценкой ее результатов.

Предметно и содержательно самостоятельная работа определяется федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата), основной образовательной программой, учебным планом, рабочими программами дисциплин.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуются как единство двух форм:

- самоконтроль и самооценка;
- внешний контроль и оценка со стороны преподавателей, государственных экзаменационных комиссий и др.

5. Общие рекомендации по организации самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы магистрантов направлена на решение следующих задач:

а) закрепление, обобщение и повторение пройденного учебного материала; применение полученных знаний в традиционных педагогических ситуациях и при решении задач высокого уровня неопределенности;

б) совершенствование умений и навыков по изучаемой дисциплине; формирование межпредметных, общеучебных, исследовательских умений;

в) активизация учебной и научно-исследовательской деятельности обучающихся, ее максимальная индивидуализация с учетом индивидуальных особенностей и академической успеваемости студентов;

г) формирование готовности студентов к самообразованию в течение всей жизни.

Видами занятий для самостоятельной работы могут быть:

Для овладения знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, конспектов лекций);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста;
- конспектирование текста; выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами;
- учебно-исследовательская работа, использование аудио и видеозаписей, компьютерной техники, интернета и др.

Для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций, повторная работа над материалом;
- составление плана и тезисов ответа;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- ответы на контрольные вопросы;
- аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, контент-анализ);
- подготовка сообщения для выступления на конференции;
- подготовка рефератов, докладов;
- составление библиографии.

Для формирования умений:

- выполнение контрольных работ;
- выполнение чертежей, схем, расчетно-графических работ;
- проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности.
- подготовка курсовых и дипломных работ (проектов);

Для формирования компетенций:

- принятие решений по конкретной ситуации;
- грамотная формулировка задания для исполнения;
- организация контроля по сферам деятельности.

6. Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы

Система вузовского обучения подразумевает значительную самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности.

6.1 Самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы

Работа с литературой является основным методом самостоятельного овладения знаниями. Это сложный процесс, требующий выработки определенных навыков, поэтому студенту нужно обязательно научиться работать с книгой.

Осмысление литературы требует системного подхода к освоению материала. В работе с литературой системный подход предусматривает не только тщательное (иногда многократное) чтение текста и изучение специальной литературы, но и обращение к дополнительным источникам – справочникам, энциклопедиям, словарям. Эти источники – важное подспорье в самостоятельной работе студента, поскольку глубокое изучение именно их материалов позволит студенту уверенно «распознавать», а затем самостоятельно оперировать теоретическими категориями и понятиями, следовательно – освоить новейшую научную терминологию. Такого рода работа с литературой обеспечивает решение студентом поставленной перед ним задачи (подготовка к практическому занятию, выполнение контрольной работы и т.д.).

Выбор литературы для изучения делается обычно по предварительному списку литературы, который выдал преподаватель, либо путем самостоятельного отбора материалов. После этого непосредственно начинается изучение материала, изложенного в книге.

Наиболее надежный способ собрать нужный материал – составить план или конспект. *Конспект, план-конспект* – это последовательная фиксация отобранной и обдуманной в процессе чтения информации.

Цель – зафиксировать, переработать тот или иной научный текст. Они позволяют восстановить в памяти ранее прочитанное без дополнительного обращения к самой книге.

План – это «скелет» текста, он компактно отражает последовательность изложения материала. План как форма записи обычно более подробно передает содержание частей текста, чем оглавление книги или подзаголовки статей. Самые важные места в книге отмечайте, используя для этого легко стирающийся карандаш или вкладки листки. Запись любых планов следует делать так, чтобы ее легко можно было охватить одним взглядом.

Вся рекомендуемая для изучения курса литература подразделяется на основную и дополнительную. К основной литературе относятся источники, необходимые для полного и твердого усвоения учебного материала (учебники и учебные пособия). Необходимость изучения дополнительной литературы диктуется прежде всего тем, что в учебной литературе (учебниках) зачастую остаются неосвещенными современные проблемы, а также не находят отражения новые документы, события, явления, научные открытия последних лет. Поэтому дополнительная литература рекомендуется для более углубленного изучения программного материала.

6.2 Подготовка к лекциям и работа с конспектом лекций

При подготовке к лекции студенты должны предварительно ознакомиться с учебным материалом по данной теме и при конспектировании лекции акцентировать внимание на новых теоретических положениях, правовых и иных данных, не нашедших отражения в учебной литературе.

Лекция имеет цель – систематизация основы научных знаний по дисциплине, сконцентрировать внимание обучающихся на наиболее актуальных проблемах.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы. Дает рекомендации на практические занятия и указания на самостоятельную работу.

Предварительное не углубленное знакомство с материалом очередной лекции дает многое. Студенты получают общее представление о ее содержании и структуре, о главных и второстепенных вопросах, о терминах и определениях. Все это облегчает работу на лекции и делает ее целеустремленной.

Основные моменты лекционных занятий конспектируются. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением конспекта.

Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим обучающимся.

Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях.

Самостоятельную работу следует начинать с доработки конспекта, желательно в тот же день, пока время не стерло содержание лекции из памяти. С целью доработки необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить опiski, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения, возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополнения и исправляя свои записи. Записи должны быть наглядными, для чего следует применять различные способы выделений. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект.

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

6.3 Подготовка к практическим занятиям

Целью практических занятий является получение базовых навыков по применению теоретических знаний. Это необходимо при решении всевозможных задач на различных этапах практической деятельности.

Задачи подготовки и проведения практических занятий:

- закрепление и углубление знаний;
- создание практических навыков и умений в практической деятельности и повседневной жизни для: поиска, первичного анализа и использования информации;
- анализа конкретных ситуаций и условий их реализации;
- изложения и аргументации собственных суждений по практической ситуации;
- развитие стремления и способности к самостоятельному исследованию изучаемых реальностей, их критической оценки.

Подготовка к практическим занятиям включает: изучение нормативных актов, учебной литературы, лекционного материала; подготовка рефератов.

Практические занятия по дисциплине проводятся в форме различных дискуссий (семинарских занятий) и (или) анализа конкретных ситуаций (выполнение практических заданий).

6.4 Подготовка к лабораторным работам

Лабораторные работы составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки магистрантов. Они направлены на формирование учебных и профессиональных практических умений.

На лабораторных занятиях задания выполняются по материалам согласно плану.

До начала лабораторных занятий обучающиеся должны пройти инструктаж по технике безопасности.

Перед выполнением лабораторной работы обучающийся должен изучить теоретический материал по теме лабораторной работы по основной и дополнительной литературе, ознакомиться с ресурсами информационно - телекоммуникационной сети «Интернет». При этом обучающийся должен учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы.

В ходе подготовки к лабораторным занятиям необходимо ознакомиться с методическими указаниями; с порядком ее выполнения; освоить основные понятия; изучить алгоритмы; методы и технологии, необходимые для реализации этих алгоритмов; ответить на контрольные вопросы.

После выполнения работы производится обработка полученных результатов, составляется и защищается отчет. Без защиты отчета студент, как правило, не допускается к очередной работе.

6.5 Написание рефератов

Реферат представляет собой краткое изложение в письменной форме содержания научного труда по определенной теме, возможно выходящего за рамки учебной программы, а также изложение книги, статьи, исследования. Иными словами, реферат – это индивидуальная научная работа, раскрывающая содержание исследуемой проблемы с различных позиций и точек зрения, с формированием самостоятельных выводов.

Целью написания реферата является сообщение определенной информации для развития навыков научно-исследовательской работы.

В процессе подготовки реферата, обучающиеся, глубже постигают вопросы изучаемого предмета, поскольку:

- анализируются различные точки зрения, факты и события;
- ведется научно обоснованная полемика;
- обобщается материал;
- лаконично излагаются мысли;
- правильно оформляется работа с составлением плана, библиографии и систематизацией информации.

Подготовка реферата включает в себя:

- выбор и формулирование темы, которая должна обладать новизной, актуальностью и оригинальностью;
- подбор литературы и изучение основных источников;
- составление содержания, раскрывающего название работы;
- выписки из литературных источников с целью накопления теоретического и практического материала;
- написание реферата и его оформление;
- составление списка использованной литературы.

6.6 Выполнение контрольной работы

Контрольная работа является одной из составляющих учебной деятельности студента по овладению знаниями в области теплогазоснабжения и вентиляции. К ее выполнению необходимо приступить только после изучения тем дисциплины.

Целью контрольной работы является определения качества усвоения лекционного материала и части дисциплины, предназначенной для самостоятельного изучения.

Задачи, стоящие перед студентом при подготовке и написании контрольной работы:

1. закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2. выработка навыков самостоятельной работы;
3. выяснение подготовленности студента к будущей практической работе.

Преподаватель готовит задания либо по вариантам, либо индивидуально для каждого студента. По содержанию работа может включать теоретический материал, задачи, тесты, расчеты и т.п. выполнению контрольной работы предшествует инструктаж преподавателя.

Ключевым требованием при подготовке контрольной работы выступает творческий подход, умение обрабатывать и анализировать информацию, делать самостоятельные выводы, обосновывать целесообразность и эффективность предлагаемых рекомендаций и решений проблем, четко и логично излагать свои мысли. Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций.

6.7 Выполнение курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) - это самостоятельное исследование обучающимся определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся конкретной профессиональной ситуации.

Курсовая работа (проект) не должна состояться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в курсовой работе (проекте) должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки курсовой работы (проекта).

Выполнение курсовой работы (проекта) начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана;
- составление графика выполнения курсовой работы (проекта).

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсовой работы (проекта). Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют написать первую (теоретическую) главу.

Выполнение курсовой работы (проекта) предполагает проведение определенного исследования. На основе разработанного плана обучающийся осуществляет сбор фактического материала, необходимых цифровых данных. Затем полученные результаты подвергаются анализу, статистической, математической обработке и представляются в виде текстового описания, таблиц, графиков, диаграмм. Программа исследования и анализ полученных результатов составляют содержание второй (аналитической) главы.

В третьей (рекомендательной) части должны быть отражены мероприятия, рекомендации по рассматриваемым проблемам.

Рабочий вариант текста курсовой работы (проекта) предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки курсовая работа (проект) сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсовой работы (проекта) обучающихся проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

При подготовке к защите курсовой работы (проекта) обучающийся должен знать основные положения работы, выявленные проблемы и мероприятия по их устранению, перспективы развития рассматриваемой экономической ситуации.

Защита курсовой работы (проекта) проводится на кафедре при наличии у обучающегося курсовой работы (проекта). Оценка - дифференцирована. Преподаватель оценивает защиту курсовой работы (проекта) и заполняет графу "оценка" в ведомости и в зачетной книжке.

Не допускаются к защите варианты курсовых работ (проектов), найденные в Интернет, сканированные варианты учебников и учебных пособий, а также копии ранее написанных работ.

6.8 Выполнение расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа является важным элементом учебного процесса, предусмотрена учебным планом.

Цель расчетно-графической работы – систематизация и закрепление теоретических знаний, и развитие практических навыков по решению задач в области теплогазоснабжения и вентиляции, выработка навыков анализа данных и формулирования выводов по полученным результатам.

Задачами расчетно-графической работы являются:

- развитие навыков самостоятельной работы в области решения практических задач;
- подбор и систематизация теоретического материала, являющегося основой для решения практической задачи, развитие навыков самостоятельной работы с учебной и методической литературой;
- проведение расчетов показателей по исходным данным и анализ полученных значений;
- формулирование выводов по полученным результатам.

Выполнение расчетно-графической работы проводится студентом по конкретному варианту задания, который необходимо уточнить у преподавателя.

Содержанием расчетно-графической работы является краткое изложение теоретического материала к каждой задаче, решение задачи по индивидуальному варианту, включающее в себя расчет основных показателей, анализ полученных результатов, формулирование выводов.

Расчетно-графическая работа должна содержать:

1. Титульный лист.
2. Условие задачи.
3. Теоретическая часть по каждой задаче (1-3 страницы).
4. Практическая часть и выводы по каждой задаче.
5. Библиографический список (не менее 5 источников).

Условие задачи оформляется по центру заголовком «Задача №».

Текст условия задачи должен совпадать с текстом в методических указаниях, включая таблицы, при их наличии.

Далее излагается теоретический материал, лежащий в основе решения задачи, включающий в себя основные определения, формулы расчетов показателей и др.

В практической части излагается подробное решение задачи. При необходимости результаты оформляются в виде сводной таблицы.

К каждой задаче необходимо сформулировать выводы, проанализировав полученные результаты.

Расчетно-графическая работа должна выполняться в соответствии с установленным графиком. В процессе выполнения расчетно-графической работы допускаются консультации у преподавателя на практических занятиях.

Выполнение основных этапов контролируется преподавателем и учитывается при проведении текущего контроля по дисциплине и при оценке расчетно-графической работы.

6.9 Подготовка исследовательской работы (написание статьи, научного доклада)

Научный доклад представляет собой исследование по конкретной проблеме, изложенное перед аудиторией слушателей. Работа по подготовке научного доклада включает не только знакомство с литературой по избранной тематике, но и самостоятельное изучение определенных вопросов.

Научный доклад может быть подготовлен для выступления на семинарском занятии, конференции научного общества, или в рамках круглого стола. В любом случае успешное выступление во многом зависит от правильной организации самого процесса подготовки научного доклада.

Подготовка научного доклада включает несколько этапов работы:

- выбор темы доклада;
- подготовка материалов;
- работа над текстом доклада;
- подготовка к выступлению.

Подготовка к научному докладу начинается с выбора темы Вашего будущего выступления.

Не следует выбирать слишком широкую тему научного доклада. Это связано с ограниченностью докладчика во времени. Доклад должен быть рассчитан на 7-15 минут.

Работа по подбору материалов для доклада связана с изучением соответствующей тематике литературы.

В процессе работы над текстом доклада обучающиеся глубже постигают вопросы изучаемого предмета, поскольку:

- анализируются различные точки зрения, факты и события; ведется научно обоснованная полемика;
- обобщается материал; лаконично излагаются мысли;
- правильно оформляется работа с составлением плана, библиографии и систематизацией информации.

Текст научного доклада должен включать три основные части:

- введение – краткое знакомство слушателей с обсуждаемой в докладе проблемой;
- основную часть – логическое продолжение вопросов, обозначенных автором во введении.

В этой части доклада раскрывается тема выступления, приводятся необходимые доказательства (аргументы);

- заключение – обобщение основной мысли и идеи выступления. В заключении можно кратко повторить основные выводы и утверждения, прозвучавшие в основной части доклада.

Научный доклад представляет собой устное произведение и чтение вслух подготовленного текста недопустимо.

К секретам хорошего выступления можно отнести следующие моменты:

- до и после важных мыслей следует делать паузу;
- для большего акцента сказанного необходимо менять тон голоса и тембр речи. Это сделает Вашу речь более выразительной;
- необходимо иметь контакт с аудиторией.

6.10 Подготовка выпускной квалификационной работы

ВКР представляет собой самостоятельное логически завершенное исследование, связанное с решением научной или научно-практической задачи. При его выполнении студент должен показать способности и умения, опираясь на полученные знания, решать на современном уровне задачи профессиональной деятельности, грамотно излагать специальную информацию, докладывать и отстаивать свою точку зрения перед аудиторией.

Цель защиты ВКР – установление уровня подготовленности выпускника к выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями ФГОС ВО к квалификационной характеристике и уровню подготовки выпускника по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата), направленность (профиль) Теплогазоснабжение и вентиляция.

Студенту предоставляется право самостоятельного выбора темы ВКР. Для подготовки ВКР назначается научный руководитель и, при необходимости, консультанты.

ВКР состоит из текста (рукописи) и графических материалов, отражающих решение профессиональных задач в соответствии с избранной тематикой. Структура ВКР включает:

- титульный лист;
- задание, включая календарный план;
- содержание;
- введение;
- основной текст;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Руководитель выпускной работы выдает задание; оказывает помощь в организации и выполнении работы; проводит систематические консультации обучающегося; проверяет выполнение работы; дает письменный отзыв о работе.

Представление иллюстративного материала к публичной защите возможно в виде:

- плакатов и чертежей;
- раздаточного материала с иллюстрациями; с использованием:
- проекционной техники;
- компьютерной презентации.

Конкретные требования к содержанию, структуре, формам представления и объемам устанавливаются в соответствующих Положениях о выпускных квалификационных работах и методических указаниях по их подготовке и оформлению.

6.11 Подготовка к текущей и промежуточной аттестации

Система контроля включает в себя текущий и промежуточный контроль. Текущий контроль должен быть непрерывным. Формы текущего контроля устанавливаются по усмотрению преподавателя. Промежуточный контроль – это итог работы студента за семестр с учетом всех видов учебной работы.

Текущий контроль. Текущий контроль успеваемости обучающихся – это систематическая проверка учебных достижений обучающихся, проводимая в целях оценивания хода освоения дисциплин в соответствии с рабочей программой.

Текущий контроль успеваемости студентов очной формы обучения проводится по всем дисциплинам учебного плана в течение семестра:

- на лабораторных, семинарских, практических занятиях, по которым рабочими программами дисциплин предусмотрены отчетности;
- по всем формам самостоятельной работы студентов в заранее установленное время.

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется преподавателями кафедр, за которыми закреплены дисциплины учебного плана, и может проводиться в следующих формах:

- собеседование,
- контрольная работа,
- защита лабораторной работы,
- реферата,
- расчетно-графическая работа, и др.

Виды и сроки проведения текущего контроля успеваемости студентов устанавливаются рабочей программой дисциплины.

Текущий контроль успеваемости является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки обучающихся и способствует активизации познавательной деятельности студентов в ходе аудиторных занятий, при выполнении программ самостоятельной и индивидуальной работы.

Текущий контроль успеваемости должен учитывать выполнение обучающимися всех видов учебных занятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой дисциплины, самостоятельную, исследовательскую работу и посещаемость учебных занятий.

Анализ результатов текущего контроля студентов, обучающихся на основе рейтинговой оценки знаний, проводится 2 раза в семестр:

- в первом полугодии - на 1 ноября, на 10 декабря;
- во втором полугодии - на 1 апреля, на 20 мая.

Анализ результатов текущего контроля студентов, не участвующих в рейтинговой системе оценки знаний, проводится в институтах: к указанным выше датам итоги текущего контроля и количество пропущенных занятий (в часах) преподаватели, ведущие занятия, проставляют в листы текущего контроля успеваемости, которые анализируются и хранятся в институтах.

Промежуточная аттестация. Промежуточная аттестация призвана оценить уровень сформированности компетенций, полученных студентами в процессе изучения дисциплины, курсового проектирования и обеспечить контроль качества освоения образовательных программ.

Промежуточная аттестация проводится по завершении изучения какой - либо дисциплины.

Формами промежуточной аттестации являются зачет и экзамен.

При явке на промежуточную аттестацию обучающийся обязан предъявить зачетную книжку. Фамилия обучающегося должна значиться в зачетно-экзаменационной ведомости.

Зачеты студентам по изучаемым дисциплинам выставляются преподавателем, проводившим практические, семинарские или лабораторные занятия группы (подгруппы), на последнем занятии по результатам работы в семестре. Для студентов, обучающихся на основе рейтинговой системы оценки знаний, зачет выставляется автоматически при условии сдачи всех контрольных мероприятий, предусмотренных текущим контролем успеваемости.

6.12 Подготовка к государственной итоговой аттестации

В соответствии с образовательным стандартом по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата) и образовательной программой по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, в состав государственной итоговой аттестации входят:

- государственный экзамен;
- защита выпускной квалификационной работы.

Подготовка к государственному экзамену

Цель государственного экзамена – оценить глубину полученных знаний, практические навыки применения этих знаний при решении профессиональных задач (компетентность).

В связи с необходимостью объективной оценки степени сформированности компетенций выпускника, тематика экзаменационных вопросов и заданий должна быть комплексной и соответствовать избранным разделам из различных учебных дисциплин, формирующих конкретные компетенции.

Например, в экзаменационное задание (вопрос) могут входить элементы нескольких дисциплин (модулей) общенаучного, и профессионального циклов.

На государственном экзамене могут контролироваться как отдельные компетенции, так и элементы различных компетенций.

Государственный экзамен может проводиться в письменной, устной и смешанной форме. Экзаменационные билеты включают несколько вопросов из представленного перечня дисциплин. Один из вопросов рекомендуется делать комплексным, ситуационным или представляющим задание практического характера. Перед итоговым экзаменом предполагается предэкзаменационная консультация и выделение времени на подготовку к экзамену не менее 7 дней. Для подготовки студентов к государственному экзамену разрабатывается программа, где должна быть отражена процедура подготовки и проведения государственного экзамена, критерии оценки.

В содержание программы включается перечень вопросов и заданий, выносимых на экзамен, и позволяющих оценить результаты обучения.

Подготовка к защите ВКР

Выпускная квалификационная работа (ВКР) представляет собой самостоятельную и логически завершенную выпускную квалификационную работу, связанную с решением задач того вида (видов) деятельности, к которым готовится студент (научно-исследовательской, научно-педагогической, проектной, технологической, исполнительской, творческой, организаторской и другим).

Выпускник должен не только подготовить ВКР, но и уметь защитить ее на итоговой государственной аттестации.

При подготовке к защите необходимо:

- повторить основные требования руководящих документов на текущий год по теме ВКР;
- подготовить все графические иллюстрации; составить доклад для устного изложения;
- изучить отзыв и рецензию на ВКР, подготовить ответы на замечания рецензента и окончательно уточнить свой доклад;
- ознакомиться с новыми руководящими документами и литературой по вопросам ВКР, а также с последними изменениями по вопросам теплогазоснабжения и вентиляции;
- провести предварительную защиту.

Демонстрационные материалы представляются по согласованию с руководителем.

Подготовка выпускником доклада по выполненной ВКР является важным этапом подготовки к защите. К подготовке доклада приступают после оформления пояснительной записки (текстуальной части) ВКР, запланированных в задании графических документов и разработки иллюстративного материала.

По времени доклад должен занимать 10...12 минут. За это время можно изложить 5...8 страниц машинописного текста доклада.

В докладе отражается: актуальность темы работы; теоретические положения, на которых базируется ВКР; результаты проведенного анализа изучаемой проблемы; конкретные предложения по деятельности соответствующих органов; дается разъяснение и убедительное обоснование положений и выводов по этим вопросам, исходя из полученных результатов. Особое внимание необходимо сосредоточить на собственных разработках и предложениях.

Доклад при защите ВКР может быть построен по следующей схеме: вначале излагается наименование темы, актуальность, раскрывается цель и задачи исследования, затем в необходимой логической последовательности докладывается содержание важнейших узловых вопросов темы и делается заключение. При изложении основного содержания ВКР следует показать постановку задач на исследование заданных вопросов, методику решения поставленных задач, основные результаты и выводы, к которым пришел выпускник в ходе выполнения выпускной квалификационной работы.

Основные выводы и предложения обосновываются необходимыми расчетами и примерами из практики.

В заключительной части доклада указывается, как достигнуты цели ВКР, что сделано и разработано, что нового выпускник предложил в результате выполнения ВКР, основные результаты работы и где они могут быть использованы.

Доклад строят с учетом графического материала (Чертежи, схемы, диаграммы и т.д.). Текст доклада согласовывается с руководителем.

Написанный доклад представляется руководителю для просмотра.

Текст доклада отрабатывают таким образом, чтобы его можно было излагать на память. Чтение доклада нежелательно, оно может привести к снижению оценки выпускной квалификационной работы.

7. Критерии оценки самостоятельной работы

Компетенции (знания, умения и навыки) студентов оцениваются оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;
- «зачтено»;
- «не зачтено».

Зачеты оцениваются отметкой: «зачтено», «не зачтено».

Зачеты с оценкой оцениваются по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

По курсовым работам (проектам) в обязательном порядке выставляется зачет с оценкой.

Экзамены оцениваются по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Основные критерии оценивания компетенций:

Отметка «зачтено» ставится студентам, успешно обучающимся по данной дисциплине в семестре и не имеющим задолженностей по результатам текущего контроля успеваемости.

Отметка «не зачтено» ставится студенту, имеющему задолженности по результатам текущего контроля успеваемости по данной дисциплине.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Отметка «неудовлетворительно» выставляется также, если обучающийся после начала экзамена отказался его сдавать.

Оценка «неудовлетворительно» проставляется только в экзаменационную ведомость, в зачетную книжку студента проставлять отметку «неудовлетворительно» не разрешается.

Критерии оценки уровня обученности и уровня сформированности компетенций по дисциплине устанавливает кафедра и отражает их в рабочей программе и фондах оценочных средств дисциплины.

Ответственность за единообразие требований, предъявляемых на экзаменах, несет заведующий кафедрой. По дисциплинам, изучаемым в течение двух и более семестров, итоговой оценкой является оценка, полученная на последнем экзамене.

Заключение

Самостоятельная работа всегда завершается какими-либо результатами. Таким образом, широкое использование методов самостоятельной работы, побуждающих к мыслительной и практической деятельности, развивает столь важные интеллектуальные качества человека, обеспечивающие в дальнейшем его стремление к постоянному овладению знаниями и применению их на практике.