

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Отопление»
для студентов направления 08.03.01 Строительство
направленность (профиль) «Теплогазоснабжение и вентиляция»**

В методических указаниях к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Отопление» для студентов направления 08.03.01 Строительство направленность (профиль) «Теплогазоснабжение и вентиляция» сформулированы цели и задачи исследований, даны краткие основы по теоретическому обоснованию работ, приведены описания лабораторных стендов, изложена методика проведения экспериментальных исследований и обработки полученных данных.

Методические указания позволяют:

- углубить знания студентов по теории обогрева помещений;
- уяснить физическую сущность процессов гидродинамики в замкнутом циркуляционном контуре системы отопления;
- изучить методики экспериментального определения теплотехнических характеристик отопительных приборов;
- получить необходимые навыки в проведении экспериментального исследования и обработки опытных данных.

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТЕКАНИЯ ВОДЫ В ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР И ЕГО ТЕПЛООТДАЧИ

1.1 Цель и содержание

Экспериментальное определение коэффициента затекания воды в нагревательный прибор и его теплоотдачи при питании прибора сверху - вниз и одностороннем присоединении к стояку.

1.2 Теоретическое обоснование

Отопительные приборы могут подключаться к стоякам по различным схемам. В зависимости от типа прибора и разводки системы отопления существуют следующие схемы подключения отопительных приборов:

– одностороннее, когда теплопроводы расположены с одной стороны отопительного прибора;

– разностороннее, когда теплопроводы расположены с противоположных сторон.

На рисунке 1.1 показаны различные виды одностороннего подключения к однотрубной вертикальной системе отопления:

а) приборного узла с осевым замыкающим участком;

б) приборного узла со смещённым замыкающим участком;

в) приборных узлов проточно-регулируемых, с осевым и смещённым замыкающими участками;

г) приборных узлов с проходными регулирующими кранами, осевым и смещёнными замыкающими участками.

На рис. 1.2 приведены и другие схемы подключения приборов.

В проточно-регулируемых узлах сочетается достоинства узлов двух типов – проточного, и с замыкающим участком.

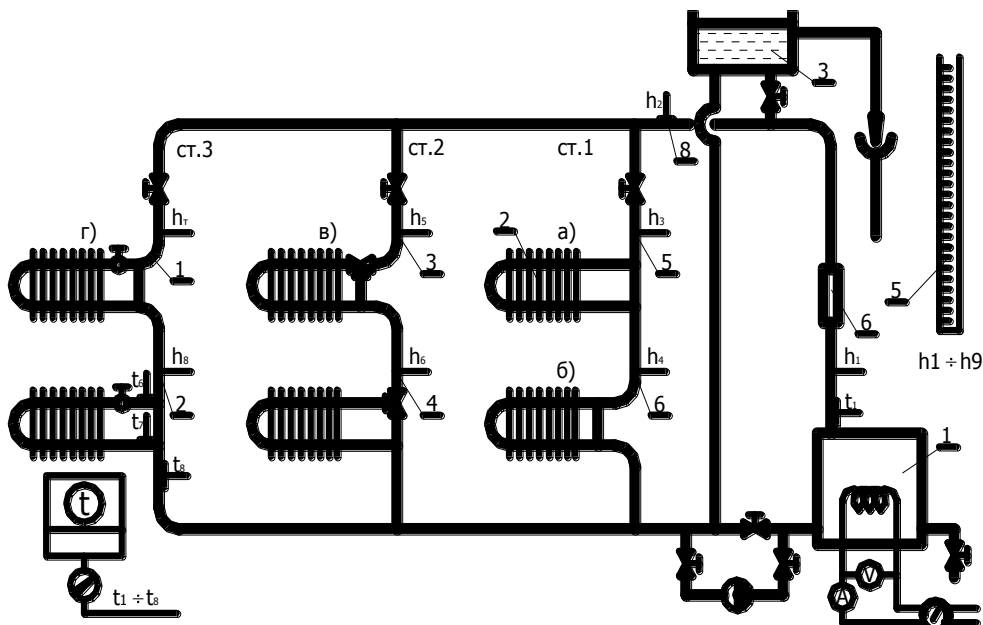


Рисунок 1.1

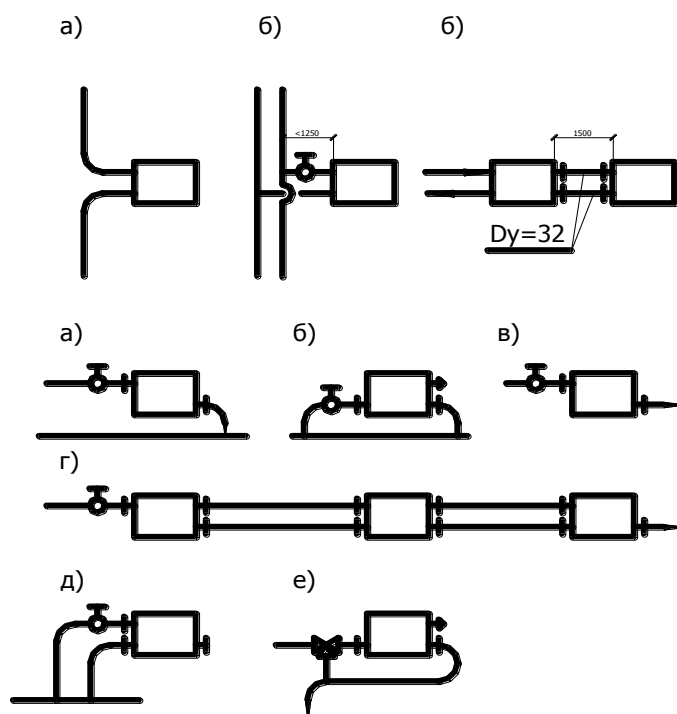


Рисунок 1.2

Приборные узлы с односторонним присоединением труб применяют как в вертикальных, так и в горизонтальных однотрубных системах водяного отопления. В горизонтальных однотрубных ветвях чаще используют проточные узлы и узлы с замыкающими участками и кранами КРП. В двухтрубных стояках водяного и парового отопления каждый отопительный прибор присоединяют отдельно к подающей и обратной трубам. Для регулирования количества теплоносителя используют при водяном отоплении краны двойной регулировки КРД, а при паровом отоплении - паровые вентили.

На вертикальных однотрубных стояках применяют короткие подводки $L=500$ мм, выполняемые без уклонов.

При двухтрубных стояках рациональная длина подводов не более 1,25 м. При большем расстоянии от стояка до прибора рекомендуется устанавливать дополнительный стояк. Уклоны предусматривают в сторону движения теплоносителя равными 5 – 10 мм на всю длину подводки.

При одностороннем присоединении труб не рекомендуется чрезмерно укрупнять чугунные радиаторы – более 25 секций (15 в системах с естественной циркуляцией), а также – соединять на «сцепке» более двух радиаторов. Соединение на «сцепке» выполняют в пределах одного помещения или в том случае, когда последующий прибор, предназначен для нерегулируемого отопления второстепенного помещения. «Сцепка» приборов применяют также в ветвях горизонтальной однотрубной системы.

Разностороннее присоединение, труб к прибору применяют в тех случаях, когда горизонтальная обратная магистраль или конденсатопровод проходит непосредственно под прибором, или когда прибор устанавливают ниже магистралей.

Движение воды в приборах однотрубных стояков возможно сверху-вниз и снизу-

вверх, причём в последнем случае замыкающие участки смещают, для увеличения коэффициента затекания воды в приборы. Кроме того, они являются одновременно компенсаторами удлинения труб при нагревании.

В приборах двухтрубных стояков чаще предусматривают движение теплоносителя по схеме сверху - вниз.

Присоединение труб к прибору, создающее движение воды в нём по схеме снизу-вверх, характерно для горизонтальной однотрубной системы. Так же присоединяются верхние приборы вертикальных систем отопления.

Арматура, устанавливаемая на подводках, имеет различное назначение:

- при двухтрубных стояках применяют краны, имеющие повышенное гидравлическое сопротивление, способствующее равномерности распределения теплоносителя по отопительным приборам;
- при однотрубных стояках – пониженным сопротивлением протеканию теплоносителя, способствующим затеканию в прибор большего количества воды, что повышает в них среднюю температуру теплоносителя.

На подводках к отопительным приборам устанавливают: при однотрубных системах – регулирующие краны (только для эксплуатационного регулирования), имеющие пониженный коэффициент местного сопротивления (ручные краны проходные КРП и трехходовые КРТ, автоматические радиаторные терморегуляторы для однотрубных систем); при двухтрубных системах – регулирующие краны (для пусконаладочного и эксплуатационного регулирования), имеющие повышенные коэффициент местного сопротивления (ручные краны двойного регулирования, краны КРП с дросселирующим устройством, автоматические радиаторные терморегуляторы для двухтрубных систем). Для автоматического поддержания заданной температуры воздуха внутри помещения используют автоматические радиаторные терморегуляторы. Терморегулятор состоит из регулирующего клапана и термостатического элемента с сильфоном. Температура в помещении поддерживается путем изменения расхода воды через отопительный прибор. Регулирующие клапана радиаторных терморегуляторов выпускаются двух видов: с малым гидравлическим сопротивлением – для однотрубных насосных и любых гравитационных систем отопления; с повышенным гидравлическим сопротивлением и возможностью дополнительной настройки на требуемое гидравлическое сопротивление (при режимной наладке) – для двухтрубных насосных систем отопления. Применение автоматических радиаторных терморегуляторов позволяет сэкономить в среднем 15% тепла на отопление за счет недопущения перегрева помещений от солнечной радиации, бытовых приборов, людей и т. д. На стояках и вводах в отдельные квартиры (при квартирных разводках систем отопления) могут устанавливаться вентили, пробковые или шаровые краны. Шаровой кран в открытом состоянии практически не создает дополнительного гидравлического сопротивления.

Гидравлической устойчивостью называется способность системы отопления сохранять постоянство расхода воды на каждом из её участков при нарушении расчётного режима или пропорционально изменять расход на всех участках при изменении общего расхода. Как правило, гидравлическую устойчивость считают синонимом тепловой устойчивости.

Показателем гидравлической устойчивости системы является отношение расхода на любом из участков системы при переменном режиме к расчётному расходу.

Отклонения от оптимального режима называют разрегулировкой системы. Различают вертикальную разрегулировку по этажам и горизонтальную в пределах одного этажа. Разрегулировка системы отопления может возникнуть при периодическом отклонении расхода в стояках от расчётного режима вследствие ремонта, дросселирования приборов при индивидуальном регулировании, завоздушивания системы и ряде других причин.

Из числа систем с тупиковым движением теплоносителя, лучшую гидравлическую устойчивость имеют системы с большим количеством стояков, а также при относительно высоком гидравлическом сопротивлении стояков по отношению к гидравлическому сопротивлению магистрали. Кроме этого, разрегулирование системы будет меньшим, если стояки с переменной тепловой нагрузкой присоединять по возможности ближе к главному стояку.

При определении распределения потока в системе отопления при заданных диаметрах труб наиболее удобен метод расчёта по характеристикам сопротивлений.

Характеристика сопротивления сети S , $\text{Па}/(\text{кг} \cdot \text{ч}^{-1})^2$ определяется из выражения:

$$S = A \left(\frac{\lambda}{d} l + \sum \xi \right) \quad (1.1)$$

где $A = \frac{6,26 \cdot 10^{-2}}{\rho \cdot d^4}$ – удельное динамическое давление на участке, $\text{Па}/(\text{кг} \cdot \text{ч}^{-1})^2$;
 d – диаметр участка, м;

ρ – плотность теплоносителя (при $t=20^\circ\text{C}$, $\rho=988 \text{ кг}/\text{м}^3$);

λ , $\sum \xi$, l – соответственно коэффициент трения, сумма коэффициентов местных сопротивлений и длина участка, м.

Тогда общие потери давления на участке, Па , равны:

$$\Delta P = S \cdot G^2, \quad (1.2)$$

где G – расход воды на участке, $\text{кг}/\text{ч}$.

Величина $1/\sqrt{S}$ называется проводимостью сети, $\text{кг}/(\text{ч} \cdot \text{Па}^{0,5})$ и обозначается σ , т. е.

$$\sigma = 1/\sqrt{S}. \quad (1.3)$$

При последовательно соединенных участках суммарная характеристика сопротивления равна:

$$S_{\text{общ}} = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n. \quad (1.4)$$

При параллельно соединенных участках суммарная проводимость определяется:

$$\sigma_{\text{общ}} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \dots + \sigma_n. \quad (1.5)$$

При этом расходы в параллельных участках сети пропорциональны их проводимостям, т. е.

$$\frac{G_i}{G_{\text{общ}}} = \frac{\sigma_i}{\sigma_{\text{общ}}}. \quad (1.6)$$

Теплопроизводительность отопительного прибора определяется по формулам:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_2 - t_{cm}); \quad (1.7)$$

$$Q = x \cdot c \cdot (t_2 - t_x), \quad (1.8)$$

где G – расход воды, протекающей через стояк, $\text{кг}/\text{с}$;

x – неизвестный расход воды, протекающей через отопительный прибор, кг/с;

c – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг*К);

t_x – температура воды, уходящей из отопительного прибора, °С;

$t_{см}$ – температура смеси (слияние потоков из замыкающего участка отопительного прибора), °С.

Из приведенных формул получаем выражения для определения коэффициента затекания воды (доли количества воды, протекающей через отопительный прибор, от общего расхода воды на стояке):

$$x = G \frac{t_2 - t_{см}}{t_2 - t_x}; \quad (1.9)$$

$$\alpha = \frac{x t_2 - t_{см}}{G} = \frac{t_2 - t_{см}}{t_2 - t_x}. \quad (1.10)$$

1.3 Аппаратура и материалы

Экспериментальный стенд, схема приведена на рисунке 1.1.

Экспериментальная установка имеет три стояка (ст.1, ст.2, ст.3) с различным присоединением отопительных приборов:

- стояк (ст.1) имеет приборы, подключенные с прямым и смещенным замыкающими участками;
- отопительные приборы стояка (ст.2) подключены через краны типа КРТ;
- отопительные приборы стояка (ст.3) подключены через краны типа КРП.

Система однотрубная, вертикальная с верхней разводкой, тупиковая с односторонним подключением отопительных приборов, и включает в себя следующие элементы: 1 – котел электрический; 2 – отопительный прибор; 3 – бак расширительный; 4 – насос циркуляционный; 5 – пьезометрическая трубка; 6 – ротаметр.

Электрический котел имеет регулятор для изменения нагрузки и амперметр и вольтметр для ее замера. Температура воды замеряется при помощи термодатчиков, подключенных к вторичному прибору через переключатель.

Система может работать как с естественной циркуляцией, так и с принудительной.

1.4 Указания по технике безопасности

Студенты обязаны выполнять общие требования безопасности согласно Инструкции по охране труда в лаборатории С –108 «Теплотехника. Теплогазоснабжение и вентиляция. Теплотехнические измерения. Строительная теплофизика. Отопление. Теплоснабжение. Теплогенерирующие установки. Энергоснабжение. Охрана воздушного бассейна» кафедры «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция», утвержденной 26.12.2005 года. Инструктаж по технике безопасности проводится преподавателем под роспись студента в специальном журнале по «Технике безопасности».

1.5 Методика и порядок выполнения работы

Порядок выполнения работы.

1.5.1 Получить от преподавателя указания по температурному режиму и исследуемому отопительному прибору.

1.5.2 Вычертить схему установки для определения коэффициента затекания воды в

отопительный прибор и его теплоотдачи.

1.5.3 Включить нагреватель котла 1 и циркуляционный насос 4.

1.5.4 Добиться стабильности работы установки на заданном температурном режиме. Для этого проверить постоянство температур на входе и выходе из прибора.

1.5.5 Снять показания ротаметра 6 и по тарировочному графику определить количество воды, которое проходит через контур.

Одновременно снять показания термометров. Каждое наблюдение проводить не менее трех раз с интервалом 7 – 10 минут.

1.5.6 По формулам (1.10) и (1.7) определить коэффициент затекания воды в нагревательный прибор и его теплоотдачу.

Данные наблюдений и результаты расчетов занести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Протокол записи наблюдений и результатов обработки опытных данных

№ опыта	Температура воды, поступающей в прибор $t_2, ^\circ\text{C}$	Температура воды, уходящей из прибора $t_x, ^\circ\text{C}$	Температура смеси $t_{\text{см}}, ^\circ\text{C}$	Расход воды $G, \text{кг/с}$	Коэффициент затекания α	Теплоотдача прибора $Q, \text{Вт}$

1.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по выполненной работе должен содержать следующее:

- краткое описание основных положений по определению коэффициента затекания;
- описание экспериментального стенда;
- порядок проведения эксперимента и результаты обработки опытных данных;
- выводы.

1.7 Вопросы для защиты работы

1. Виды прокладки систем отопления.
2. Типы присоединения отопительных приборов.
3. Метод гидравлического расчета систем отопления по характеристикам сопротивления.
4. Методика определения коэффициента затекания.
5. Устройство стенда и правила его регулирования.

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТЕКАНИЯ ВОДЫ В ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР И ЕГО ТЕПЛООТДАЧИ

2.1

Цель и содержание

- экспериментальное измерение давлений на участках системы отопления;
- построение пьезометрического графика систем отопления и оценка устойчивости циркуляции в стояках.

2.2 Теоретическое обоснование

Гидравлическое давление в каждой точке циркуляционных колец системы отопления в течение отопительного сезона непрерывно изменяется. Исходное давление соответствует гидростатическому давлению в каждой точке системы в состоянии покоя. Наибольшие изменения давления в системе происходят при циркуляции максимального количества воды, температура которой достигает максимального значения при расчетной температуре наружного воздуха.

Изменение гидравлического давления рассматривают с целью выявления в системе отопления мест, с чрезмерно низким или высоким давлением, вызывающим нарушение циркуляции.

Значение гидравлического давления капельной несжимаемой жидкости при установившемся движении потока по уравнению Бернулли составит:

$$P = \frac{\rho w^2}{2} + \rho gh + p, \quad (2.1)$$

где ρ – плотность воды, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

h – расстояние по вертикали от оси потока до плоскости сравнения, м;

w – средняя скорость движения потока, м/с;

p – давление потока, Па.

Кинетической энергией потока обычно пренебрегают в отопительных системах

• $\left(\frac{w^2}{2} \approx 0\right)$
Естественное циркуляционное (гравитационное) давление в системе водяного отопления равно:

$$\Delta P_e = g \sum h_i (\rho_{i+1} - \rho_i), \quad (2.2)$$

где h_i – расстояние по вертикали от центра нагревания до центра охлаждения, м.

В системах с естественной циркуляцией потери давления равны:

$$\Delta P = \Delta P_e \quad (2.3)$$

Общие потери давления при движении воды в насосной системе отопления определяются выражением:

$$\Delta P_i = \Delta P_{\text{н}} + \Delta P_e; \quad (2.4)$$

$$\Delta P_i = \Delta P_{\text{наг}} + \Delta P_{\text{всас}}; \quad (2.5)$$

где ΔP_i – напор, развиваемый циркуляционным насосом;

$\Delta P_{наг}$ – сопротивление системы отопления на участке от насоса до «нулевой» точки;

$\Delta P_{всас}$ – сопротивление системы отопления на участке от «нулевой» точки до насоса.

Как известно, гидравлические потери системы при движении воды определяются формулой Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta P_c = \sum (Rl + Z), \quad (2.6)$$

где R – удельные потери на трение,

$$R = \frac{\lambda}{d_e} \cdot \frac{w^2 \rho}{2} \quad (2.7)$$

λ – коэффициент трения. В зависимости от гидродинамики потока коэффициент определяется по различным формулам:

- при ламинарном движении ($Re < 2300$) $\lambda = f(Re)$ и может быть определен по формуле Пуазейля:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad ; \quad (2.8)$$

В отоплении чаще принимают зону $300 < Re < 7000$, а в формулу Пуазейля вводят поправку на шероховатость труб. Тогда:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \left[1 + 4 \left(\frac{d_e}{K_s} \right)^{0.8} \right]; \quad (2.9)$$

- при турбулентном движении воды в трубах (во всей области, гидравлически гладких и шероховатых труб) используют формулу (или диаграмму) Колбрука или формулу Альтшуля:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\hat{E}_y}{3,7 d_e} \right); \quad (2.10)$$

где K_s – эквивалентная шероховатость внутренней поверхности труб (в системах водяного отопления принимают $K_s = 0,2$ мм);

d_e – внутренний диаметр трубопровода, м;

l – длина участка трубопровода, м;

Z – потери давления на местные сопротивления, $Z = \xi(w^2 \rho / 2)$;

ξ – коэффициент местного сопротивления (КМС).

Построенные на контуре системы отопления эпюры давлений или пьезометрический график позволяют наглядно узнать его изменения. Для надежной циркуляции, давление в подающей магистрали должно быть выше, чем в обратной.

Системы отопления выполняют преимущественно из стальных водогазопроводных труб по ГОСТ 3262-75 (обыкновенных, усиленных и легких) и стальных электросварных труб по ГОСТ 10704-76. Усиленные трубы применяют в уникальных долговременных сооружениях со скрытой прокладкой труб; легкие трубы предназначены под сварку или накатку резьбы для их соединения в системах

с открытой прокладкой труб. Стальные трубопроводы удобны для выполнения вертикальных систем отопления с открытой прокладкой трубопроводов, позволяют использование теплоносителя с высокими температурами, обладают небольшим коэффициентом теплового удлинения $0,012 \text{ мм}/(\text{К}^*\text{м})$, но требуют дополнительной антикоррозийной обработки наружной поверхности. Применение в качестве теплоносителя в стальных трубопроводах не деаэрированной и не умягченной воды приводит к коррозии и образованию накипи на внутренней поверхности трубопроводов, что значительно снижает срок службы. При квартирной разводке, из-за сложности скрытой прокладки стальных трубопроводов, их прокладывают открыто, это портит эстетический вид помещения.

Медные трубопроводы отличаются самым низким коэффициентом шероховатости ($K_{\text{медь}}=0,0000015 \text{ м}$) по сравнению со сталью ($K_{\text{сталь}}=0,0002 \text{ м}$), а пластиковые трубы ($K_{\text{пластик}}=0,000007 \text{ м}$). Такой низкий коэффициент шероховатости позволяет работать на трубопроводах маленьких диаметров ($D_u = 8 \text{ мм}$ и $D_u=10 \text{ мм}$) для стояков и подводок к приборам. При использовании медных труб в качестве отопительных приборов следует использовать стальные панельные, чугунные секционные радиаторы, а при использовании алюминиевых приборов – устанавливать в месте подсоединения трубопровода с нагревательным прибором стальную оцинкованную пробку. Выполнение этих условий позволит избежать электромагнитной коррозии, которая возникает при прямом присоединении меди с алюминием.

Полимерные и металлополимерные трубопроводы не требуют специальной подготовки воды и антикоррозийной защиты поверхностей. Так как расчетный срок службы этих труб более 40 лет, то они могут замоноличиваться в стены, в подготовку пола без кожуха. Открытая прокладка допускается в местах, где исключается механическое и термическое повреждение трубопроводов и прямое воздействие ультрафиолетового излучения. К достоинствам полимерных и металлополимерных труб по сравнению со стальными относятся: легкость, долговечность, удобство транспортировки и монтажа; не подверженность коррозии и накипеобразованию; меньший коэффициент шероховатости.

Недостатки: большой коэффициент теплового удлинения $0,14 \div 0,2 \text{ мм}/(\text{К}^*\text{м})$; кислородопроницаемость полимерных труб; хрупкость, подверженность механическим повреждениям и деформации, в системах отопления для таких труб снижается рабочая температура теплоносителя до 90°C (на более высоких параметрах резко уменьшается срок эксплуатации труб).

2.3 Аппаратура и материалы

Экспериментальный стенд, схема приведена на рисунке 1.1.

Описание лабораторной установки.

Схема лабораторной установки дана на рис. 1.1, а ее описание приведено в разделе 1.3.

2.4 Указания по технике безопасности

Студенты обязаны выполнять общие требования безопасности согласно Инструкции по охране труда в лаборатории С –108 «Теплотехника. Теплогазоснабжение и вентиляция. Теплотехнические измерения. Строительная теплофизика. Отопление. Теплоснабжение. Теплогенерирующие установки. Энергоснабжение. Охрана воздушного бассейна» кафедры «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция», утвержденной 26.12.2005 года. Инструктаж по технике безопасности проводится преподавателем под роспись студента в специальном журнале по «Технике безопасности».

2.5 Методика и порядок выполнения работы

Порядок выполнения работы.

2.5.1 Исследования проводятся по указанию преподавателя, как при естественной циркуляции, так и при насосной.

При работе систем отопления с естественной циркуляцией, расширительный бак 3 подключается к верхней точке системы.

При работе систем отопления с насосной циркуляцией, расширительный бак 3 подключен к всасывающему патрубку насоса.

2.5.2 Снять показания пьезометра при отсутствии циркуляции. Определить «нулевую» точку.

2.5.3 Включить нагреватель котла 1 и установить заданный преподавателем режим.

2.5.4 Добиться стабильности работы установки на заданном режиме.

2.5.5 Снять показания пьезометра 5 при наличии циркуляции в заданном режиме, измерения провести не менее трех раз с интервалом 7 – 10 минут. Измерения проводить относительно «нулевой» точки.

2.5.6 Данные наблюдений занести в таблицу 2.1.

Вычислить давления на участках системы по формуле (2.1) и по ним построить эпюру давлений (пьезометрический график) на участках системы отопления.

Таблица 2.1 – Протокол записи наблюдений и результатов обработки данных.

№ опыта	Расход воды G, кг/с	Температура воды, °С		Пьезометрические высоты, см								
		в подающей магистрали t_1	в обратной магистрали t_2	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	h_8	h_9

Продолжение таблицы 2.1

Средняя плотность воды, кг/м ³		Давление, Па								
ρ_o	ρ_c	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉

2.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по выполненной работе должен содержать следующее:

- краткое описание основных положений по определению давления в системе;
- порядок проведения эксперимента и результаты обработки опытных данных;
- эпюра давлений (пьезометрический график) на участках системы отопления;
- выводы.

2.7 Вопросы для защиты работы

1. Характеристика уравнения Бернулли.
2. Режимы течения теплоносителя в водяных системах отопления.
3. Характеристика потерь напора в системе.
4. Условия подключения расширительного бака при естественной и искусственной циркуляции.
5. Перераспределение давления в системе при работе.

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

3.1 Цель и содержание

Задачей настоящей работы является:

- углубление знаний студентов по теории теплопередачи;
- изучение методики экспериментального определения коэффициента теплопередачи отопительных приборов;
- получение необходимых навыков в проведении экспериментального исследования и обработку опытных данных.

Целью настоящей работы является опытное определение коэффициента теплопередачи и теплового напряжения рабочей поверхности отопительного прибора для различных типов приборов и схем их присоединения к теплосети, а так же при различных температурах и расходах горячей воды через прибор.

3.2 Теоретическое обоснование

3.2.1 Характеристики отопительных приборов

Отопительными приборами называют устройства для передачи тепла от теплоносителя непосредственно отапливаемому помещению. Через стенки прибора происходит теплообмен между протекающим внутри отопительного прибора теплоносителем (как правило, это нагретая вода или водяной пар) и воздухом помещения.

Отопительные приборы должны удовлетворять теплотехническим, технико-экономическим, санитарно-гигиеническим и эстетическим требованиям.

Основной теплотехнической характеристикой отопительного прибора является его коэффициент теплопередачи. Обычно наиболее эффективными являются отопительные приборы, имеющие более высокий коэффициент теплопередачи. Для теплотехнической оценки и сравнения различных типов отопительных приборов вводится понятие «эквивалентный квадратный метр» поверхности отопительного прибора (экм).

Эквивалентным квадратным метром называют условную наружную поверхность отопительного прибора, имеющую теплоотдачу (тепловой поток) мощностью 506 Вт при средней разности температур горячей воды и воздуха равной 64,5 °С и стандартной (открытой) установке прибора с подачей горячей воды по схеме «сверху – вниз».

При этих показателях расход воды в приборе на 1 экм составит:

$$q = \frac{3,6 \cdot 506}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 17,4 \quad \text{кг/ч экм} . \quad (3.1)$$

Соответствующий 1 экм коэффициент теплопередачи прибора равен:

$$\kappa = \frac{506}{82,5 - 18} = 7,84 \quad \text{Вт/(м}^2 \text{ К)} . \quad (3.2)$$

Изменение теплоотдающей поверхности в эквивалентных метрах есть сравнение данного прибора с эталонным. За эталонный принят чугунный секционный радиатор типа Н-136 (строительная глубина 136 мм, монтажная высота 600 мм). Через 1 м²

внешней физической поверхности эталонного радиатора (площадь четырех секций) при испытании в стандартных условиях передается в помещение тепловой поток, равный 506 Вт. Следовательно, эквивалентная площадь теплоотдающей поверхности секции эталонного радиатора равна их физической площади.

Сопоставление площади поверхности одного элемента какого – либо отопительного прибора в эквивалентных квадратных метрах с площадью его поверхности в квадратных метрах, дает возможность судить об относительной теплотехнической эффективности прибора.

Для сравнительной технической характеристики разных типов отопительных приборов вводится «коэффициент пересчета», который равен отношению теплоотдачи 1 м² действительной поверхности нагрева отопительного прибора к теплоотдаче 1 экм его поверхности при одинаковых условиях работы прибора.

С 1984 г. расчет поверхности прибора ведется в м², исходя из поверхностной плотности теплового потока (q_{np}), зависящей от тех же факторов, что и коэффициент теплопередачи, т. е.:

- а) вида и конструктивных особенностей прибора;
 - б) температурного напора;
 - в) расхода воды;
 - г) способа присоединения приборов с теплопроводами;
- для пара

$$\left. \begin{aligned} q_{np} &= \kappa_{np} \Delta t_n = (m \Delta t^n) \Delta t = m \Delta t^{(1+n)} \\ q_{np} &= (m \Delta t_{cp}^n G^p) \Delta t_{cp} = m \Delta t_{cp}^{(1+n)} G^p \end{aligned} \right\} \quad \text{для воды} \quad (3.3)$$

Так как в справочной литературе приводятся значения плотности теплового потока для номинальных условий: $\Delta t_{cp} = 0,5(105 + 70) - 18 = 69,5 \approx 70$ °C и $G_{ном} = 360$ кг/ч = 0,1 кг/с, то:

$$q_{np} = q_{ном} \cdot \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{(1+n)} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p, \quad (3.4)$$

где m и p - экспериментальные коэффициенты, зависящие от типа отопительного прибора.

Температурный напор определяется:
для паровых систем отопления

$$\Delta t_{cp} = t_{нас} - t_v; \quad (3.5)$$

для водяных систем отопления

$$\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_v, \quad (3.6)$$

где $t_{\text{в}}$ – температура воздуха в помещении;
 $t_{\text{нас}}$ – температура насыщенного пара;
 $t_{\text{ср}}$ – средняя температура воды в приборе,

$$t_{\text{ср}} = 0,5(t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}); \quad (3.7)$$

для двухтрубных систем – $t_{\text{вх}} = t_{\text{н}}$ – температуре воды в подающем трубопроводе, а $t_{\text{вых}} = t_{\text{о}}$ – температуре воды в обратном трубопроводе;

для однетрубных систем температура воды на входе известна, а на выходе – зависит от расхода воды в приборе:

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{вх}} - 0,5\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{вх}} - \frac{0,5Q_{\text{пр}}\beta_1\beta_2}{C \cdot G_{\text{пр}}}, \quad (3.8)$$

где $\Delta t_{\text{пр}}$ – понижение температуры воды в приборе;

β_1 – поправочный коэффициент, учитывающий теплопередачу через дополнительную (сверхрасчетную) площадь приборов;

β_2 – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные тепловые потери вследствие размещения отопительных приборов у наружных ограждений;

$G_{\text{пр}}$ – расход воды в приборе.

Технико – экономические характеристики отопительного прибора определяются его первоначальной стоимостью, отнесенной к единице тепла, отдаваемого помещению при оценке отопительных приборов, изготовленных из одного и того же материала, технико – экономическим критерием может служить тепловое напряжение материала.

Под тепловым напряжением материала понимают количество тепла, отдаваемого прибором в течение 1 ч при разности температур теплоносителя и окружающего воздуха в 1 градус, отнесенного к 1 кг массы нагревательного прибора, Вт/(кг К):

$$g = \frac{Q}{G(t_{\text{в}} - t_{\text{вн}})} \quad , \quad (3.9)$$

где Q – мощность теплового потока, отдаваемого прибором, Вт;

G – масса прибора;

$t_{\text{пр}}$ – средняя температура поверхности прибора, °С;

$t_{\text{вн}}$ – температура внутри помещения, °С.

Чем больше тепловое напряжение, тем экономичнее отопительный прибор по расходу металла на его изготовление.

Повысить тепловое напряжение можно, как это видно из уравнения (3.1), путем повышения коэффициента теплопередачи, обеспечивающего увеличение мощности теплового потока, уменьшением массы прибора, относительно к 1 м² поверхности нагрева, снижением массы экм, либо путем соответственного изменения обоих факторов.

Санитарно – гигиеническая оценка отопительного прибора характеризуется конструктивным решением прибора, облегчающим содержание его в чистоте, удобством регулирования теплоотдачи, долей тепла лучеиспусканием (лучистые системы отопления имеют наивысшую санитарно – гигиеническую характеристику).

Отопительный прибор должен отдавать помещению расчетное количество тепла, определяемое величиной теплопотерь здания.

Температура теплоотдающей поверхности отопительного прибора, должна соответствовать санитарно – гигиеническим требованиям. Так, согласно СНиП II-Г 7-62 предельную температуру поверхности отопительных приборов в жилых домах и административно – конторских помещениях принимают 96 °С, для детских садов, больниц – 85 °С, в производственных помещениях – до 150 °С.

Отопительные приборы должны иметь красивую форму и быть достаточно компактными. Кроме упомянутого, прибор должен удовлетворять монтажно – строительным требованиям: обладать возможно меньшими строительными габаритами (длиной и глубиной для возможности установки приборов без ниш), допускать возможность компоновки прибора требуемой поверхностью нагрева путем сборки из отдельных элементов.

3.2.2 Виды отопительных приборов

Отопительные приборы делятся на пять основных видов: радиаторы секционные и панельные; гладкотрубные приборы (имеют гладкую внешнюю поверхность); конвекторы; ребристые трубы (имеют ребристую поверхность). К приборам с ребристой внешней поверхностью относятся так же калориферы, применяемые для нагревания воздуха в системах вентиляции и воздушного отопления.

По материалу, из которого изготавливаются отопительные приборы, различают металлические, комбинированные и неметаллические приборы.

Металлические приборы выполняют в основном из серого чугуна и стали (листовой стали и стальных труб). Применяют также медные трубы, листовой алюминий и другие материалы.

В комбинированных приборах используют теплопроводный материал (бетон, керамику и т. д.), в который заделывают греющие элементы.

К неметаллическим приборам относятся бетонные панельные радиаторы с заделанными пластмассовыми или стеклянными трубами или с пустотами вообще без труб, а так же фарфоровые и керамические секционные радиаторы. По высоте все отопительные приборы подразделяются на высокие (высотой более 600 мм), средние (400-600 мм) и низкие (менее 400 мм). Низкие приборы высотой менее 200 мм называют плинтусными.

По тепловой инерции приборы можно разделить на малоинерционные и инерционные. Малоинерционные приборы имеют небольшую массу и вмещают малое количество воды. Такие приборы, выполненные на основе металлических труб малого диаметра, быстро изменяют теплопередачу в помещении при регулировании количества теплоносителя. Теплоинерционные приборы – массивные, вмещают значительное количество воды, медленно изменяют теплопередачу в помещении.

По виду теплоотдачи отопительные приборы делятся на радиационные (потолочные отопительные панели), конвективно-радиационные с гладкой поверхностью (радиаторы секционные, панельные, гладкотрубные приборы) и конвективные с ребристой нагревательной поверхностью (конвекторы, ребристые трубы).

В жилых зданиях из конвективных отопительных приборов применяются конвекторы. Основным видом теплоотдачи конвекторов является конвекция. К достоинствам конвекторов можно отнести небольшую стоимость и возможность

использования химически не подготовленного теплоносителя – воды. Недостатки: низкие санитарно-гигиенические показатели, худший эстетический вид, по сравнению с некоторыми другими отопительными приборами.

В радиаторах теплоотдача происходит за счет конвекции и излучения. Существуют стальные панельные и секционные радиаторы. К общим достоинствам, как секционных, так и панельных радиаторов можно отнести: высокие санитарно-гигиенические параметры, эффективность теплоотдачи и лучший внешний вид по сравнению с другими отопительными приборами. Кроме того, радиаторы имеют преимущества и недостатки по отношению друг к другу. Биметаллические радиаторы обладают большим запасом прочности и стойкости к коррозии, не требуют специальной обработки воды, но имеют более высокую стоимость. Чугунные секционные радиаторы также не требуют специальной подготовки воды. Однако не обладают стойкостью конструкции при резких, сверхнормативных скачках давления в системе, уступают стальным панельным радиаторам по дизайну. Алюминиевые секционные радиаторы обладают большой прочностью, но подвержены электрохимической коррозии при прямом присоединении радиаторов к металлическим теплопроводам. Стальные панельные радиаторы обладают относительно небольшой стоимостью, хорошим внешним видом, но требуют использования умягченной и деаэрированной воды – теплоносителя.

Наиболее распространены следующие виды отопительных приборов:

а) чугунные радиаторы – наиболее распространенные типы отопительных приборов. В конструктивном отношении они представляют собой отдельные секции, в зависимости от числа вертикальных каналов в каждой секции могут быть одно-, двух-, трехколонные и многоколонные с разнообразным сечением каналов.

Секции соединяют между собой изготовленными из ковкого чугуна полыми панелями, имеющими на половине длины наружную правую резьбу, а на другой половине – левую. По монтажной высоте радиаторы подразделяют на высокие (до 1000 мм), средние (до 500 мм) и низкие (300 мм).

Для уплотнения стыков между секциями применяют прокладки из картона, пропитанного в олифе (при температуре теплоносителя меньше 100 °С) и из паронита (при теплоносителе с температурой более 100 °С).

Чугунные радиаторы выдерживают давление в 0,6 МПа. Изготовление радиаторов в виде секций позволяет собирать приборы разной поверхности. Тепловое напряжение 1 кг металла определяется величиной $0,27 \div 0,29 \text{ Вт/(кг К)}$.

Производство чугунных радиаторов трудоемко, монтаж затруднен из-за громоздкости и значительной массы собранных приборов. Радиаторы не могут считаться удовлетворяющими санитарно – гигиеническим требованиям, так как очистка от пыли межсекционного пространства сложна. Эти приборы обладают значительной тепловой инерцией.

И все же в нашей стране сохраняются высокий уровень выпуска радиаторов. Это объясняется их стойкостью против коррозии и долговечностью, компоновочными преимуществами при неплохих теплотехнических показателях и большой тепловой мощности на единицу длины, надежностью их производства.

В настоящее время выпускают двухколончатые чугунные секционные радиаторы с глубиной секции 90 мм (типа «Москва» - сокращенно М; «Стандарт» - С и др.) и 140 мм (типа М, с межколончатым наклонным оребрением и без него – типа С);

б) стальные панельные радиаторы состоят из двух штампованных листов,

образующих горизонтальные коллекторы, соединенные вертикальными колонками (колончатая форма), или горизонтальные параллельно и последовательно соединенные каналы (змеевиковая форма).

Змеевик иногда выполняют из стальной трубы и приваривают к одному профилированному листу (прибор в этом случае называют листотрубным).

Стальные панельные радиаторы отличаются от чугунных секционных меньшей стоимостью, массой и тепловой инерцией. При уменьшении массы примерно в 2,6 раза показатель теплового напряжения металлических приборов повышается до 0,55-0,8 Вт/(кг К). Описываемые радиаторы имеют высокие теплотехнические показатели, легко очищаются от пыли.

Область применения стальных радиаторов, кроме листотрубных, ограничена системами водяного отопления со специально обработанной «деаэрированной» водой. Их не разрешается применять, если в качестве теплоносителя используют пар или воду с агрессивными компонентами.

Панельный радиатор имеет относительно небольшую площадь греющей поверхности, из-за чего иногда приходится прибегать к установке панельных радиаторов попарно (в два ряда на расстоянии 40 мм). При этом снижается теплопередача (примерно на 15%) и затрудняется очистка межпанельного пространства от пыли.

В настоящее время выпускают стальные панельные радиаторы с колончатыми каналами (тип РОВ), змеевиковыми каналами (тип РСГ) и трубами (тип КЛТ);

в) бетонные панельные радиаторы (панели) могут иметь забетонированные нагревательные элементы змеевиковой или регистровой формы из стальной трубы диаметром 15 и 20 мм, а также бетонные, стеклянные или пластмассовыми каналы различной конфигурации (неметаллические приборы).

Бетонные панели располагают в ограждающих конструкциях помещений (совмещенные панели) или приставляют к ним (приставленные панели).

Бетонные панели располагают в ограждающих конструкциях помещений (совмещенные панели) или приставляют к ним (приставные панели).

Бетонные панели обладают теплотехническими показателями, близкими к показателям других приборов с гладкой поверхностью, а так же высоким тепловым напряжением металла. Приборы, особенно совмещенного типа, отвечают строгим санитарно – гигиеническим требованиям, архитектурно – строительным и другим требованиям. К недостаткам совмещенных бетонных панелей относят трудность ремонта, большую тепловую энергию, усложняющую регулирование теплоотдачи в помещении. Недостатками приборов приставного типа являются повышенные затраты ручного труда при их изготовлении и монтаже, сокращение рабочего объема помещений.

Увеличиваются также потери тепла через дополнительно прогреваемые наружные ограждения, особенно если применяют приборы совмещенного типа;

г) гладкотрубным называют прибор, состоящий из нескольких соединенных вместе стальных труб, образующих каналы для теплоносителя змеевиковой формы. В змеевике трубы соединяют последовательно по направлению движения теплоносителя, что увеличивает скорость его движения и гидравлическое сопротивление прибора. При параллельном соединении труб в регистре поток теплоносителя делится, скорость его движения и гидравлическое сопротивление прибора уменьшается.

Приборы спаривают из труб диаметром равным 32 – 100 мм, располагаемых одна над другой на расстоянии, на 50 мм превышающем их диаметр, что уменьшает взаимное облучение и соответственно увеличивает теплоотдачу в помещение. Гладкотрубные

приборы обладают высокими теплотехническими показателями, их поверхность невелика и легко очищается от пыли.

Вместе с тем гладкотрубные приборы тяжелы и громоздки, занимают много места, увеличивают расход стали в системах отопления, имеют некрасивый внешний вид. Их применяют в редких случаях, когда не могут быть использованы приборы других видов;

д) ребристой трубой называют прибор конвективного типа, представляющий собой фланцевую чугунную трубу, наружная поверхность которой покрыта отлитыми тонкими ребрами.

Площадь внешней поверхности ребристой трубы во много раз больше чем площадь поверхности гладкой трубы такого же диаметра и длины. Это придает отопительному прибору компактность. Кроме того, пониженная температура поверхности ребер при использовании высокотемпературного теплоносителя, простота изготовления и низкая стоимость обуславливают применение этого малоэффективного в теплотехническом отношении тяжелого прибора. Показатель теплого напряжения металла составляет $0,25 \text{ Вт/(кг K)}$.

К недостаткам ребристых труб относятся также некрасивый вид, малая механическая прочность ребер и трудность очистки от пыли.

Ребристые ребра применяют в производственных помещениях, в которых выделяется незначительное количество пыли, и во вспомогательных помещениях с временным пребыванием людей (например, на складах).

В настоящее время выпускают круглые чугунные ребристые трубы длиной 0,75 – 2 м. Их устанавливают горизонтально в несколько ярусов и соединяют по змеевиковой схеме на болтах с помощью «калачей» – фланцевых чугунных двойных отводов и контрфланцев.

3.3 Аппаратура и материалы

Экспериментальный стенд, схема приведена на рисунке 3.1.

Описание лабораторной установки.

Основной конструктивной частью экспериментального стенда являются четыре металлических отопительных прибора различных типов (конвектор «Комфорт» – 1, ребристая труба – 2, чугунный радиатор секционного типа – 3, стальной панельный радиатор – 4.)

«Обвязка» нагревательных приборов по отношению к источнику теплоносителя осуществлена по схеме параллельного подключения. Запорные вентили, установленные на входе и выходе каждого прибора, позволяют регулировать подачу теплоносителя в пределах от нуля до максимального значения и отключить прибор.

Нагрев и подача теплоносителя в систему отопительных приборов осуществляется с помощью термостата 5. Термостат «может подавать» воду

комнатной температуры (нагрев отключен), либо более высокой (нагрев включен). Заданная температура теплоносителя поддерживается периодическим автоматическим включением нагревателя термостата.

Запуск насоса подачи теплоносителя 10 и включение нагревательных элементов осуществляется со щита управления установкой.

Контроль температуры теплоносителя на выходе и входе каждого отопительного прибора осуществляется с помощью термометров сопротивления, установленных на подводящих и отводящих патрубках приборов.

Показания температуры по каждой точке регистрируются потенциометром 6. Сигнал измерительной информации на потенциометр поступает через переключатель 7.

Контроль расхода исходной горячей воды ведется с помощью мерного сосуда 9.

Контроль температуры окружающего воздуха ведется с помощью логометра, укрепленного на стенде.

3.4 Указания по технике безопасности

Студенты обязаны выполнять общие требования безопасности согласно Инструкции по охране труда в лаборатории С –108 «Теплотехника. Теплогазоснабжение и вентиляция. Теплотехнические измерения. Строительная теплофизика. Отопление. Теплоснабжение. Теплогенерирующие установки. Энергоснабжение. Охрана воздушного бассейна» кафедры «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция», утвержденной 26.12.2005 года. Инструктаж по технике безопасности проводится преподавателем под роспись студента в специальном журнале по «Технике безопасности».

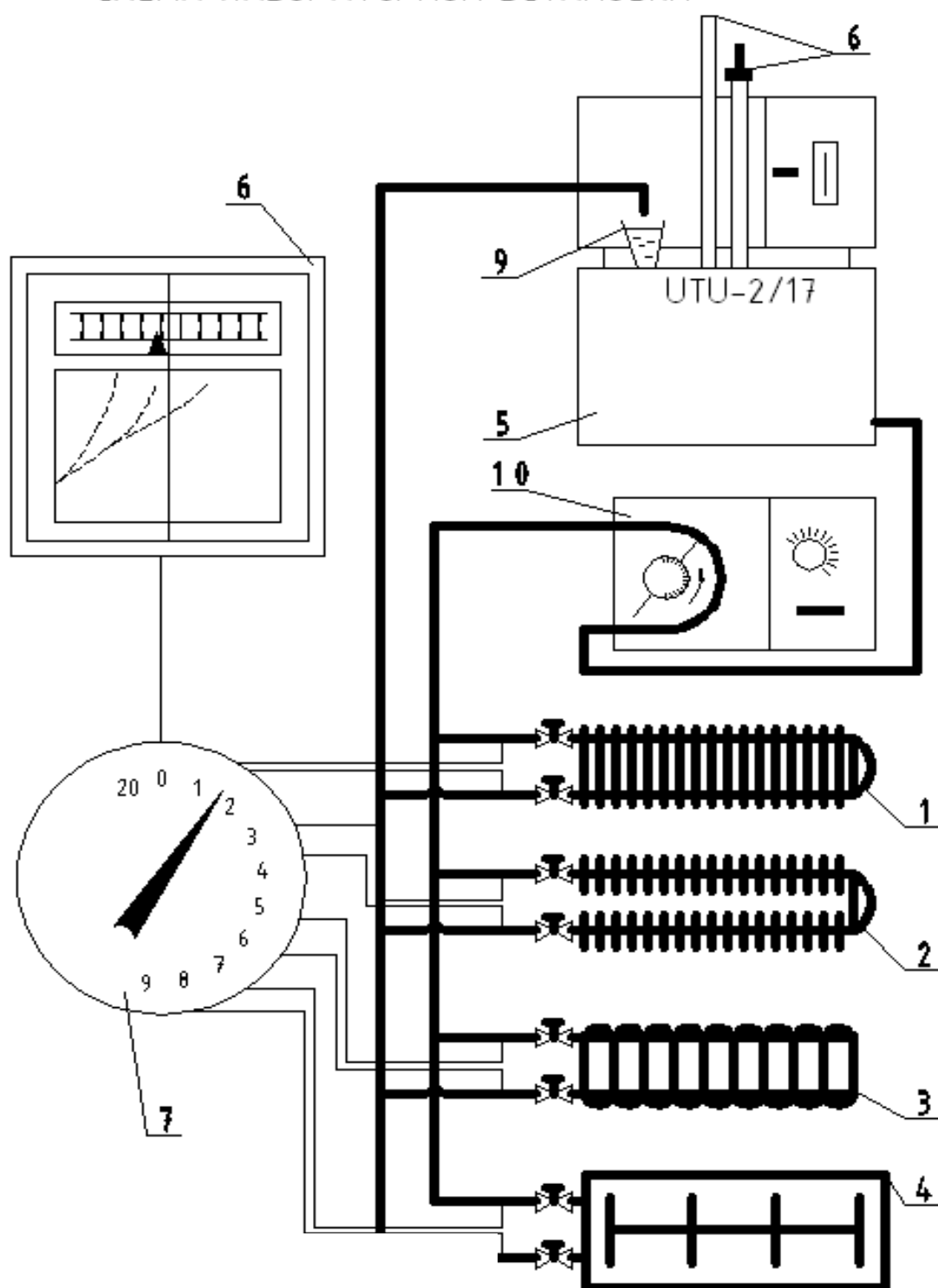


Рис. 4.1

Рисунок 3.1

3.5 Методика и порядок выполнения работы

Включить нагреватели термостата и установить требуемый температурный

режим теплоносителя t_U по заданию преподавателя ($60 \div 95$ °C).

Осуществить запуск насоса термостата и убедиться в том, что все отопительные приборы отключены (отсутствует расход на линии сброса на термостат).

Подключить к сети теплоснабжения испытуемый отопительный прибор, открыв входной и выходной вентили и установить требуемый (по заданию преподавателя) расход теплоносителя ($10 \div 50$ кг/час).

Добиться стационарного (установившегося) теплового режима при фиксированном расходе ($M = \text{const}$) и температуре теплоносителя ($t_0 = \text{const}$). Контрольные замеры температуры на входе (t_{ex}) отопительного прибора производить через каждые 5 минут 3 – 4 раза. О достижении установившегося режима свидетельствует неизменность показаний температур двух последних замеров.

Показание температур и значение расхода при установившемся режиме занести в таблицу 3.1 результатов экспериментов: каждое наблюдение следует производить в течении пяти минут и повторять несколько раз, а расход теплоносителя контролировать два раза – в начале и в конце наблюдения.

Таблица № 3.1 – Экспериментальное значение рабочих параметров

№ пп	Время опыта τ , мин	t_U	t_0	t_{ex}	t_{exl}	t_g	M
		°C	°C	°C	°C	°C	кг/ч

Обработка результатов эксперимента.

Заготавливаются формы протокола для записи наблюдений результатов обработки экспериментальных данных в соответствии с таблицами 3.1 и 3.2.

После окончания опыта вычисляют средние температуры и величины расхода по каждой графе таблицы 3.1 для каждого наблюдения по формуле:

$$K = \frac{MC \cdot (t_{ex} - t_{exl})}{3600 \cdot F \left(\frac{t_{ex} - t_{exl}}{2} - t_g \right)}, \quad (3.10)$$

где M – расход теплоносителя, кг/час;

C – удельная теплоемкость воды при средней температуре теплоносителя, равная $4,187 \cdot 10^3$ Дж/(кг К);

F – действительная поверхность нагрева испытуемого прибора, м².

Для каждого наблюдения определяется теплоотдача 1 м² испытуемого отопительного прибора по формуле:

$$Q(F_i) = K_i \cdot \Delta t_i, \quad (3.11)$$

где $\Delta t_i = \frac{t_{ex} + t_{bix}}{2} - t_e$ – температурный напор i -го наблюдения;

K_i – значение коэффициента теплопередачи i -го наблюдения.

Тепловое напряжение металла отопительного прибора определяется по формуле:

$$q = \frac{Q}{\Delta t \cdot G}, \quad (3.12)$$

где $Q = \frac{1}{3600} \cdot M \cdot C \cdot (t_{ex} - t_{bix})$ – передаваемый прибором тепловой поток;

$\Delta t = \frac{t_{ex} + t_{bix}}{2} - t_e$ – температурный напор;

G – масса отопительного прибора, кг.

Результаты расчета по каждому наблюдению заносятся в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты обработки экспериментальных данных

№ пп	K , Вт/(м ² К)	$Q(F_i)$, Вт/м ²	Δt , °С	q , Вт/(кг К)	Q , Вт

По результатам расчетов строится график $K=f(\Delta t)$.

3.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по выполненной работе должен содержать следующее:

- краткое описание работы;
- принципиальную схему лабораторной установки;
- протокол экспериментальных данных по форме таблицы 3.1;
- результаты обработки экспериментальных данных по форме таблицы 3.2;
- график зависимости $K=f(\Delta t)$;
- выводы.

3.7 Вопросы для защиты работы

1. Характеристика потребителей тепла и типы теплоисточников.
2. Характеристика отопительных приборов, их виды.
3. Методика проведения эксперимента и обработки полученных данных.
4. Поверхностная плотность теплового потока отопительного прибора.

Лабораторная работа №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛООТДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА**4.1 Цель и содержание**

Экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи от отопительного прибора при различной установке отражающих декоративных щитков.

2.2 Теоретическое обоснование

Количество тепла отдаваемое радиатором в окружающую среду, равно:

$$Q = \alpha F (t_{cp} - t_s), \quad (4.1)$$

где α – коэффициент теплоотдачи прибора, который подлежит определению, Вт/(м² К);

F – площадь поверхности нагрева прибора. По паспортным данным $F=0,5$ м²;

t_{cp} – средняя температура поверхности прибора, °С

$$t_{cp} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4}; \quad (4.2)$$

t_1, t_2, t_3, t_4 – температура поверхности прибора в разных точках, °С;

Величина коэффициента теплоотдачи электрического отопительного прибора определяется из уравнения (4.1):

$$\alpha = \frac{Q}{F(t_{cp} - t_s)}, \quad (4.3)$$

где Q – теплоотдача прибора в окружающую среду. При стационарном тепловом режиме

$$Q = W = I \cdot U; \quad (4.4)$$

W – электрическая мощность прибора;

I – сила тока, потребляемая прибором;

U – электрическое напряжение на приборе.

4.3 Аппаратура и материалы

Экспериментальный стенд, схема приведена на рисунке 4.1.

Описание лабораторной установки

Схема лабораторной установки дана на рисунке 4.1. Лабораторная установка состоит из следующих элементов: 1 – электрический отопительный прибор; 2 – щиток. Электрический отопительный прибор подключается к электрической сети через трансформатор, позволяющий регулировать его теплоотдачу. Измерение нагрузки производят при помощи амперметра и вольтметра, включенных в электрическую цепь прибора. На обеих сторонах прибора 1 установлены по два датчика температуры, которые через переключатель подключаются к вторичному измерительному прибору.

4.4 Указания по технике безопасности

Студенты обязаны выполнять общие требования безопасности согласно Инструкции по охране труда в лаборатории С –108 «Теплотехника. Теплогазоснабжение и вентиляция. Теплотехнические измерения. Строительная теплофизика. Отопление. Теплоснабжение. Теплогенерирующие установки. Энергоснабжение. Охрана воздушного бассейна» кафедры «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция», утвержденной 26.12.2005 года. Инструктаж по технике безопасности проводится преподавателем под роспись студента в специальном журнале по «Технике безопасности».

4.5 Методика и порядок выполнения работы

Порядок выполнения работы:

- получить от преподавателя указания по исследуемым режимам;
- ознакомиться с описанием лабораторной работы и вычертить схему установки.
- включить прибор в сеть и установить заданный режим, а щиток в требуемое положение;
- добиться стационарного режима прибора, для этого проверить постоянство

– снять показания температуры поверхности, амперметра и вольтметра. Каждое наблюдение проводить не менее трех раз с интервалом 7 – 10 мин;

- переставить щиток 2 в другое положение и произвести все измерения.

Определить коэффициент теплоотдачи для каждого режима согласно п. 2.2. Данные наблюдения и результаты расчетов занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Протокол наблюдений и результатов обработки опытных данных

[illegible]

Рисунок 4.1

СХЕМА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

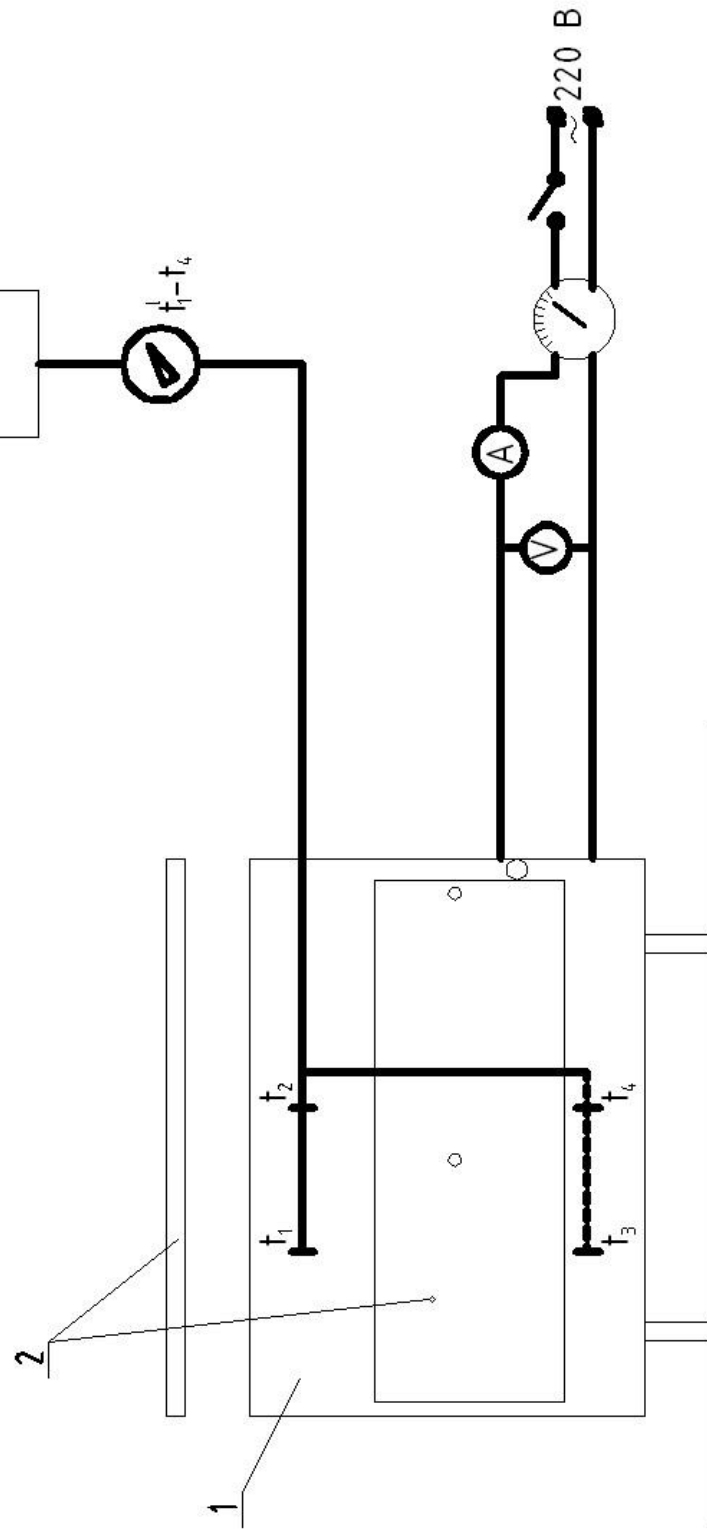


Рис. 6.1.

4.6 Содержание отчета и его форма

Отчет по выполненной работе должен содержать следующее:

- краткое описание работы;
- принципиальную схему лабораторной установки;
- протокол экспериментальных данных и результатов обработки по форме таблицы 4.1;
- выводы.

4.7 Вопросы для защиты работы

1. Виды электрических отопительных приборов.
2. Эффективность применения электрического отопления.
3. Тепловые насосы и особенности их использования.
4. Электрические котлы. Принцип их работы.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплине

«Отопление»

для студентов направления 08.03.01 Строительство

направленность (профиль) «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Отопление» содержат краткие теоретические сведения о расчетах систем отопления, рекомендуемую литературу и задачи для закрепления теоретических знаний практическими примерами.

Практическое занятие

РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОГО ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МНОГОЭТАЖНОГО ТИПОВОГО ЗДАНИЯ

1.1 Теоретическая часть

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций в m^2K/Wm рассчитывают согласно [6, п. 5.1].

Для расчета требуемого термического сопротивление теплопередаче наружных ограждений предварительно вычисляется значение градусо-суток отопительного периода по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})Z_{ht}, \quad (1.1)$$

где t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °C, принимаемая по [5];

t_{ht} , Z_{ht} – средняя температура, °C и продолжительность (сут.) периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °C, определяемые по [4].

Затем по таблице 4 [6] определяют требуемое термическое сопротивление теплопередаче R_{req} наружных ограждений.

Расчет требуемого термического сопротивление теплопередаче внутренних ограждений при разности расчетных температур воздуха между помещениями 6 °C и выше, производится по следующей формуле:

$$R_{req} = \frac{(t_{int} - t_{nom})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}}, \quad (1.2)$$

где Δt_n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждения, принимаемый по табл. 5 [6];

$t_{ном}$ – температура воздуха более холодного помещения;

α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимаемый по табл. 7 [6].

По карте зон влажности [6, Приложение В] принимается зона влажности района постройки, где проектируется отопление и далее по таблице 2 [6] определяется условие эксплуатации ограждающих конструкций А или Б при нормальном влажностном режиме помещений.

Величину общего термического сопротивления теплопередаче с последовательно расположенными однородными слоями вычисляют по формуле

$$R_0 = R_e + R_1 + \dots + R_n + R_n, \quad (1.3)$$

где R_e , R_1 , R_n , R_n – термические сопротивления соответственно от воздуха к внутренней поверхности ограждения, слоев ограждения, от наружной поверхности к воздуху.

Для неоднородной ограждающей конструкции вычисляют приведенное термическое сопротивление.

Толщина утепляющего слоя определяется по формуле:

$$\delta_{yc} \geq \lambda_{yc} (R_{req} - R_0), \text{ м} \quad (1.4)$$

где λ_{yc} – коэффициент теплопроводности утепляющего материала, Вт/(м К).

1.2 Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.1. Сделать выбор конструкций наружных ограждений (наружной стены, бесчердачного перекрытия, полов) жилого многоэтажного здания, расположенного в г. Ставрополе и определить требуемое термическое сопротивление.

1.3 Вопросы к практическому занятию

1. Дать характеристику отопительного периода.
2. Дать характеристику выбранным конструкциям ограждений (назначение и размещение конструктивных слоев).

Практическое занятие
РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ МНОГОЭТАЖНОГО ТИПОВОГО ЗДАНИЯ

Теоретическая часть

Коэффициент теплопередачи, рассчитывают по формуле:

$$K = \frac{1}{R_0}, \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}. \quad (1)$$

Коэффициент теплопередачи заполнений световых проемов (окон и балконных дверей) рассчитывается в следующей последовательности:

а) определяется требуемое сопротивление теплопередаче в соответствии с методикой, изложенной в п. 2.1.1 [6];

б) выбирается конкретная конструкция заполнения световых проемов так, чтобы фактическое термосопротивление было равно или больше принятого требуемого термического сопротивления;

в) рассчитывают коэффициент теплопередачи по формуле (2.1).

Коэффициент теплопередачи наружных дверей рассчитывается в следующей последовательности:

а) приведенное термическое сопротивление наружных дверей принимается не менее $0,6 R_0$ для стен здания;

б) коэффициент теплопередачи рассчитывается по формуле (1).

Теплопотери через полы, расположенные на грунте или на лагах, подсчитываются по зонам. Коэффициент теплопередачи каждой зоны определяется в следующей последовательности:

а) термическое сопротивление теплопередаче для неутепленных полов по зонам $R_{нп}$ определяют по [1];

б) термическое сопротивление теплопередаче для утепленных полов находят по формуле:

$$R_{yn} = R_{нп} + \sum \frac{\delta_{yc}}{\lambda_{yc}} + R_{en}, \quad (2)$$

где R_{en} – термическое сопротивление воздушной прослойки.

Для полов на лагах термическое сопротивление рассчитывают по формуле:

$$R_l = 1,18 R_{yn} \quad (3)$$

в) коэффициент теплопередачи вычисляют по формуле (2.1).

Задачи для самостоятельного решения

Задача Выполнить теплотехнический расчет конструкций наружных ограждений по условию задачи 1.1.

Вопросы к практическому занятию

1. Как выбирается конкретная конструкция заполнения световых проемов?
2. Как определяется термическое сопротивление от воздуха к внутренней поверхности ограждения?

Практическое занятие

РАСЧЕТ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЧЕРЕЗ НЕУТЕПЛЕННЫЕ И УТЕПЛЕННЫЕ ПОЛЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ НА ГРУНТАХ. РАСЧЕТ ТЕПЛОПOTЕРЬ ПОМЕЩЕНИЯМИ ПЕРВОГО И ПОСЛЕДНЕГО ЭТАЖЕЙ. РАСЧЕТ ТЕПЛОПOTЕРЬ ПОМЕЩЕНИЯМИ ТИПОВОГО ЭТАЖА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Теоретическая часть

При расчете теплопотерь следует учитывать основные и добавочные потери тепла. Основные теплопотери Q (Bm) определяют по формуле:

$$Q = Fk(t_{int} - t_{ext})n, \quad (.1)$$

где F – поверхность ограждения, m^2 ;

t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}C$, принимаемая по [5], причем в угловых помещениях принимается, по сравнению с другими помещениями, на $2^{\circ}C$ выше.

Добавочные теплопотери учитывают ориентацию наружных ограждений по странам света, проникновение наружного холодного воздуха через наружные двери при их открывании. Добавочные теплопотери следует принимать в процентах к основным.

Задачи для самостоятельного решения

Задача Рассчитать теплопотери помещениями первого и последнего этажей. Рассчитать теплопотери через полы, расположенные на грунтах для одной из квартир. Исходные данные по условию задач 1.1 и 2.1.

Вопросы к практическому занятию

1. Выполнить расчет теплопотерь типового этажа на ЭВМ с помощью Microsoft Excel.
2. Указать виды добавочных теплопотерь для различных видов зданий.
3. Правила разбивки на зоны полов помещения на грунтах и лагах.
4. Правила вычисления площади зон полов на грунтах и лагах.
5. Какие полы являются неутепленными?

Практическое занятие

РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЯ. РАЗРАБОТКА АКСОНОМЕТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ. РАЗМЕЩЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ПУНКТА, ОБОРУДОВАНИЯ, ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ, СТОЯКОВ И МАГИСТРАЛЕЙ

Теоретическая часть

Для каждого помещения по всем этажам подсчитываются суммарные тепловые потери через наружные ограждения. К получившейся итоговой цифре, последней по каждому помещению, строкой прибавляются добавочные потери тепла на инфильтрацию наружного воздуха, а в жилых комнатах одновременно вычитаются бытовые тепловыделения. Так, если A – суммарные общие потери тепла помещением, то последняя по каждому жилому помещению строка записывается так:

всего с учетом инфильтрации и бытового тепла $A + Q_{inf}^y + Q_{int}^y = \boxed{}$

(итоговая цифра берется в рамку).

Предварительно подсчитываются бытовые тепловыделения (для жилых комнат) по выражению:

$$Q_{int}^y = q_{int}F, \quad (1)$$

где F – площадь жилой комнаты, m^2 ;

q_{int} – величина бытовых тепловыделений на 1 m^2 площади жилых помещений, Вт/ m^2 , принимаемая по [6, с. 21 – 22]. Может быть принято $q_{int} = 17$ Вт/ m^2 , и потери тепла на инфильтрацию.

Допустимо принимать количество инфильтрующегося воздуха L_v по нормам вытяжки, т.е. для кухонь с 4-хконфорочной газовой плитой – 90 $m^3/ч$, а для жилых комнат – в размере $3A_l$ $m^3/ч$ (где A_l – площадь жилых помещений в m^2).

Дополнительные потери тепла на инфильтрацию определяются выражением:

$$Q_{inf} = 0,28 L_{inf}(t_{int} - t_{ext}) k, \quad (2)$$

где k – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока; для окон и балконных дверей с раздельными переплетами $k = 0,8$, со спаренными переплетами - $k = 0,9$.

Итоговые значения теплотерь определяются по отдельным этажам и целиком для всего здания. После чего вычисляется удельный расход тепловой энергии на отопление здания по формуле:

$$q_h^{des} = 10^3 Q_h^y / (V_h D_d), \quad (3)$$

где V_h – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений, м³;

Q_h^y – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж, определяемый по приложению Г [6];

$$Q_h^y = (Q_h - (Q_{int} + Q_s) \nu \zeta) \beta_h, \quad (4)$$

Q_h – общие теплотери здания за отопительный период;

Q_{int} – бытовые теплопоступления в течение отопительного периода;

Q_s – теплопоступления через оконные проемы от солнечной радиации в течение отопительного периода;

ν – коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций, рекомендуемый $\nu = 0,8$;

ζ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления;

β_h – коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления, связанное с дискретностью номенклатурного ряда отопительных

приборов, их дополнительными тепловыми потерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, тепловыми потерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения.

Полученную величину удельного расхода тепловой энергии на отопление здания следует сравнить с нормируемым значением q_h^{req} [6, таблица 8]

$$q_h^{req} \geq q_h^{des}.$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача По условию предыдущей задачи составить тепловой баланс помещений и определить нагрузку на систему отопления. Определить величину удельного расхода тепловой энергии на отопление здания.

Задача Разместить отопительные приборы и стояки в помещениях. Разработать аксонометрическую схему системы отопления здания и разместить тепловой пункт.

Вопросы к практическому занятию

1. Указать места установки отопительных приборов в помещении.
2. Указать места размещения стояков системы отопления.
3. Дать рекомендации пофасадной разводки системы отопления.
4. Как обеспечить удаление воздуха из системы при ее заполнении и работе?

Практическое занятие РАСЧЕТ РАСПОЛАГАЕМОГО ДАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ С ЕСТЕСТВЕННОЙ И НАСОСНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Теоретическая часть

Расчет начинается с определения основного кольца (основное расчетное кольцо должно проходить через стояк системы, наиболее удаленный от главного стояка, второе – через ближний стояк этой же ветви) и расчетного циркуляционного давления H_p (Па) по формулам:

$$H_p = H_n + 0,7(H_e + \Delta H_e); \quad (.1)$$

$$H_p = H_n + 0,7H_e, \quad (.2)$$

где H_n – давление, передаваемое в систему насосом (элеватором);

H_e – естественное (гравитационное) давление от охлаждения воды в нагревательных приборах;

ΔH_e – дополнительное естественное давление от охлаждения воды в трубопроводах.

Давление, передаваемое элеватором, принимается в размере 10000 Па; в небольших системах для определения H_n можно воспользоваться выражением:

$$H_n = 100 \sum l, \text{ Па} \quad (.3)$$

где $\sum l$ – суммарная длина всех участков основного расчетного кольца, м.

Естественное давление H_e определяется как разность давления столба охлажденной воды в рассчитываемом стояке и столба горячей воды в главном стояке:

$$H_e = gh_1(\rho_0 - \rho_e) + gh_2(\rho_2 - \rho_e) + \dots + gh_n(\rho_n - \rho_e), \quad (.5.4)$$

где ρ_2, ρ_n – плотность воды на участке стояка с высотой h_2, h_n ;

ρ_e – плотность горячей воды, поступающей в стояк;

ρ_0 – плотность обратной воды.

h_1, h_2, h_n – разность высот расположения центров охлаждения на участках стояка.

Естественное давление для системы с нижней разводкой определяется по нижеприведенной формуле с учетом различной плотности воды на подъемном (ρ') и опускном участках стояка (ρ).

$$H_e = gh_1(\rho_0 - \rho_e) + gh_2(\rho'_2 - \rho_2) + gh_3(\rho'_3 - \rho_3) + \dots + gh_n(\rho'_n - \rho_n), \quad (5)$$

Температура воды в различных участках стояков, определяемая с учетом охлаждения воды только в приборах, определяется из выражения:

$$t_i = t_e - \frac{\sum Q_{np}}{C \cdot G_{cm}} \cdot 3,6 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2; \quad (6)$$

где t_e – температура горячей воды, поступающей в стояк, °C;

$\sum Q_{np}$ – сумма предшествующих данному участку тепловых нагрузок приборов, Вт;

C – удельная массовая теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг К);

β_1, β_2 – коэффициенты, учитывающие сверхрасчетную поверхность приборов, и увеличение теплоотдачи при установке прибора у наружной стены;

G_{cm} – расход воды в стояке (кг/с), определяемый из выражения:

$$G_{cm} = \frac{Q_{cm}}{C \cdot (t_e - t_0)}, \quad (7)$$

где Q_{cm} – суммарная тепловая нагрузка всех приборов стояка;

t_0 – температура обратной воды, выходящей из стояка, °C.

Задачи для самостоятельного решения

Задача Определить располагаемый циркуляционный напор для насосной системы отопления с нижней разводкой, разработанной в задаче 4.2.

Вопросы к практическому занятию

1. Как выражается зависимость плотности теплоносителя от температуры?
2. Указать факторы, от которых зависит естественный циркуляционный напор.
3. Назначение расширительного бака?

Практическое занятие

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОСНОВНОГО ЦИРКУЛЯЦИОННОГО КОЛЬЦА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ. РАСЧЕТ ВТОРОСТЕПЕННОГО ЦИРКУЛЯЦИОННОГО КОЛЬЦА И УВЯЗКА ЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ С СОПРОТИВЛЕНИЕМ ОСНОВНОГО. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МАЛОГО ЦИРКУЛЯЦИОННОГО КОЛЬЦА

Теоретическая часть

Рассчитываемые кольца разбиваются на расчетные участки, начиная с головного участка после элеватора (или водоподогревателя) в тепловом узле и кончая последним участком перед трубой, идущей к подмешивающему патрубку элеватора (или входящим в водоподогреватель). В непроточной системе в число расчетных участков циркуляционного кольца в пределах стояка входят междуэтажные и вертикальные замыкающие участки. У каждого участка в кружке проставляется его номер и рядом дробью – тепловая нагрузка (числитель) в Bt и длина (знаменатель) в m .

Для расчета диаметров трубопроводов на всех участках первого расчетного циркуляционного кольца определяется величина средней ориентировочной удельной потери давления на трение:

$$R_{cp} = \frac{0,65 H_p}{\sum l}, \text{ Па/м} \quad (1)$$

где $\sum l$ – сумма длин всех участков первого расчетного кольца.

Для проведения гидравлического расчета составляется таблица.

Расход воды на участках (в $кг/ч$) рассчитывается по формуле, аналогичной формуле для расхода воды в стояке, но в числителе ставится значение тепловой нагрузки соответствующего участка, умноженное на 3,6. Для систем с постоянно действующими замыкающими участками расход воды в замыкающих участках определяется из выражения:

$$G_{zy} = G_{ct} - G_{np} = G_{ct} - \alpha G_{ct}, \quad (2)$$

где G_{np} – расход воды в нагревательном приборе, $кг/ч$;

α – коэффициент затекания воды в прибор ($\alpha = \frac{G_{np}}{G_{cm}}$), определяемый в зависимости от конструкции узла прибора и скорости воды в стояке [3].

Графы таблицы заполняются, используя пособие [3]. Для этого по расходу воды G , стараясь по возможности приближаться к величине R_{cr} , выбирают наиболее подходящий диаметр трубопровода, для которого (если необходимо, то по интерполяции) находят действительные значения скорости воды w и удельной потери давления на трение R . Аналогичным образом определяются диаметры, скорости, потери давления на трение для всех участков циркуляционного кольца.

Для всех участков кольца подсчитывается сумма коэффициентов местных сопротивлений ($кмс$). Для каждого участка, после указания его номера дается перечень местных сопротивлений с полной характеристикой каждого. Так, для поворотного тройника должны указываться соотношения расходов и диаметров в ответвлении и стволе, нарисована схема движения воды по тройнику; для отводов – соотношение между диаметром и радиусом закругления и т. д. Значения $кмс$ определяются по [3].

Значения $кмс$ трехходовых кранов на проход следует принимать равными 4 для $d_y=15$ мм и 3,5 для $d_y=20$ мм.

После определения по каждому участку общей потери давления $Rl+Z$ эти потери суммируются для всех участков первого расчетного кольца.

Суммарные потери давления в первом (основном) расчетном кольце сравниваются с расчетным давлением для этого кольца. Необходимый резерв давления, определяемый выражением:

$$\Delta H_p = \frac{H_p - \sum(Rl + Z)}{H_p} \cdot 100\% \quad (3)$$

должен составлять согласно [3] не более 10 и не менее 5 %.

Если ΔH_p выходит из этих пределов, то необходимо изменить диаметры одного-двух участков циркуляционного кольца так, чтобы запас давления оказался

нормальным. Рекомендуется следующее отражение пересчета:

а) зачеркнуть карандашом строки, соответствующие пересчитываемым участкам, и суммарные итоговые потери давления в кольце (внизу последнего столбца);

б) ниже в таблице заполнить горизонтальные строки, соответствующие одному-двум участкам, с вновь принятыми диаметрами;

в) подсчитать заново полученную сумму потерь давления в кольце $\sum(Rl+Z)$ и снова сравнить ее с расчетным давлением с тем, чтобы получить запас давления (5–10 %).

Подбор диаметров стояка, входящего во второе наиболее короткое циркуляционное кольцо той же ветви, следует производить таким образом, чтобы разница в потерях давления в не общих участках обоих колец составляла не более 15%.

Гидравлический расчет узлов отопительных приборов выполняется в целях определения действительного значения величины коэффициента затекания воды в прибор (α) и сравнения ее с величиной коэффициента затекания, принятой по справочным материалам при расчете циркуляционных колец системы.

Расчетным является равенство:

$$\sum(Rl + z)_{подв.пр} = \sum(Rl + z)_{з\bar{y}} + gh_{пр}(\rho_{ср.пр} - \rho_{з\bar{y}}), \quad (.4)$$

в котором левая часть – суммарные потери давления в подводках и нагревательном приборе; первое слагаемое правой части – потери давления в замыкающем участке; второе слагаемое – дополнительное гравитационное давление, образующееся при прохождении воды через нагревательный прибор; $\rho_{ср.пр}$, $\rho_{з\bar{y}}$ – плотность воды при средней температуре воды в приборе и температуре воды в замыкающем участке ($кг/м^3$).

Расчет ведется методом последовательного приближения. Задаваясь значением α , определяют величины расходов воды в приборе $G_{пр}$, замыкающем участке $G_{з\bar{y}}$, а затем все три составляющих приведенного выше равенства.

Если левая и правая части этого равенства будут разниться более чем на 5 %, то расчет повторяется при новом значении α .

Задачи для самостоятельного решения

Задача Выполнить гидравлический расчет системы отопления по условию задачи.

Вопросы к практическому занятию

1. Что является «малым» циркуляционным кольцом?
2. Что является границей расчетного участка?
3. Дать примеры «тупиковой» системы отопления и «с попутным движением теплоносителя».

Практическое занятие

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВОГО ПУНКТА

Теоретическая часть

Определение требуемого числа секций отопительного прибора с учетом полезной теплоотдачи труб необходимо производить по методикам [3].

Требуемая теплоотдача прибора в помещение определяется по формуле:

$$Q_{np} = Q_n - \beta_{mp} \cdot Q_{mp}, \quad (1)$$

где Q_n – теплопотери помещения;

Q_{mp} – суммарная теплоотдача проложенных в пределах помещения труб равна

$$Q_{mp} = q_v \cdot l_v + q_z \cdot l_z, \quad (2)$$

q_v и q_z – теплоотдача 1м вертикальных и горизонтальных труб определяется, исходя из диаметра и разности температур ($t_z - t_v$);

l_v и l_z – длина вертикальных и горизонтальных труб в пределах помещения;

β_{mp} – поправочный коэффициент, зависящей от вида прокладки трубопровода: при открытой – 0,9; при скрытой в глухой борозде стены – 0,5; замоноличенной в тяжелый бетон – 1,8.

Минимально допустимое число секций может быть определено по формулам:

$$N_{\min} = \frac{Q_{nm} \cdot \beta_4}{Q_{ny} \cdot \beta_3} = \frac{A_p}{a_c \cdot \beta_3'}, \quad (3)$$

где β_3, β_3' – коэффициенты учета числа секций в приборе;

a_c – площадь одной секции, [3];

β_4 – коэффициент учета способа установки прибора;

Q_{ny} – номинальный тепловой поток отопительного прибора [3, приложение X];

$Q_{нт}$ – требуемый номинальный тепловой поток отопительного прибора:

$$Q_{нт} = Q_{np} / \varphi_k ; \quad (4)$$

φ_k – комплексный коэффициент приведения теплоотдачи при нормальных условиях к расчетным:

$$\varphi_k = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p \cdot b \cdot \psi \cdot c ; \quad (5)$$

A_p – расчетная площадь прибора:

$$A_p = A_{np} \cdot \beta_4 / b ; \quad (6)$$

A_{np} – требуемая площадь наружной поверхности отопительного прибора:

$$A_{np} = Q_{np} / (70 \cdot k_{ny} \cdot \varphi_k) ; \quad (7)$$

b – коэффициент учета расчетного атмосферного давления [3, табл. 9.1];

n, p, c – экспериментальные коэффициенты [3, табл. 9.2];

ψ – коэффициент учета направления движения воды в приборе снизу вверх:

$$\psi = 1 - a(t_{ex} - t_{bx}) ; \quad (8)$$

G_{np} – расход воды в приборе, кг/ч;

k_{ny} – номинальный условный коэффициент теплопередачи отопительного прибора;

Δt_{cp} – разность средней температуры воды t_{cp} в приборе и температуры воздуха в помещении $t_в$;

a – поправочный коэффициент, учитывающий тип прибора.

При выборе числа секций допускается уменьшение расчетной площади A_p не более чем на 5%, с целью ограничения отклонения от расчетной температуры в помещении.

Задачи для самостоятельного решения

Задача . Выполнить подбор секций отопительных приборов для стояка, через который проходит основное циркуляционное кольцо.

Вопросы к практическому занятию

1. Дать классификацию отопительных приборов.
2. Дать сравнительную характеристику отопительных приборов.
3. Назначение и устройство элементов теплового пункта.

Практическое занятие РАСЧЕТ ПЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ Теоретическая часть

Выбор печи, ее размещение и расчет производятся в следующей последовательности:

1. Принимается к установке отопительная печь с таким расчетом, чтобы теплотери помещения (где проектируется установка печи соответствовали средней теплоотдаче печи, т. е. $Q_{cp} = Q_{nom}, Вт$.

2. Для принятой печи проводится проверочный расчет теплоустойчивости помещения. Для этого определяется амплитуда колебаний температуры воздуха в помещении по формуле

$$A = \frac{0,7MQ_{cp}}{\sum BF_0} \leq 3^\circ C, \quad (.1)$$

где M – коэффициент неравномерности теплоотдачи принятой печи;

$\sum BF_0$ – общая теплопоглощательная способность всех ограждений, $Вт/^\circ C$, равная:

$$\sum BF_0 = B_{нс} \cdot F_{нс} + B_{вс} \cdot F_{вс} + B_{пт} \cdot F_{пт} + B_{пл} \cdot F_{пл} + B_o \cdot F_o + B_\delta \cdot F_\delta, \quad (2)$$

B – коэффициент теплопоглощения поверхности каждого ограждения ($нс$ – наружной стены; $вс$ – внутренних стен; $пт$ – потолка; $пл$ – пола; $о$ – окон; δ – дверей);

F – площади этих ограждений помещения (по внутренним размерам).

Задачи для самостоятельного решения

Задача Спроектировать отопительную теплостойкую печь для одного или двух помещений, считая (условно), что эти помещения находятся в одноэтажном здании. Рассчитанные ранее теплотери этих помещений дополнить теплотериями через пол или потолок (в зависимости от расположения выбранных помещений в основном здании).

3 Вопросы к практическому занятию

1. Дать классификацию отопительных печей.
2. Дать сравнительную характеристику различным системам отопления.
3. Обосновать условия применения воздушных систем отопления.

4. Обосновать условия применения радиационных систем отопления.

Практическое занятие
РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ОТОПИТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ
Теоретическая часть

При расчете печи определяются следующие характеристики:

– Активный объем (V_a) – объем нагревающегося массива печи (включая пустоты), определяемый произведением площади печи на уровне низа топки на расчетную высоту. Расчетная высота принимается от низа топки или дна нижележащего подтопочного канала до верхней (при толщине до 140 мм) или нижней плоскости перекрытия.

– Расход топлива за время одной топки определяется по формуле:

$$G = \frac{3,6 Q_n T}{(Q_n^p \eta_n)}, \text{ кг/ч.} \quad (1)$$

– Площадь пода:

$$A_{\text{под}} = \frac{G}{(\rho g h_{\text{сл}})}, \text{ м}^2. \quad (2)$$

– Высоту топливника определяют из формулы:

$$\frac{Q_m}{V_m} = \frac{G Q_n^p \eta_m}{3,6 z_n h_m A_{\text{пода}}},$$

$$h_m = \frac{G Q_n^p \eta_m}{3,6 z_n A_{\text{под}} (Q_m / V_m)}, \quad (3)$$

где η_m – КПД топливника, учитывающий неполное сгорание и провал в зольник;

Q_m / V_m – допустимое удельное теплонапряжение объема топливника.

– Площадь поддувального отверстия:

$$A_{\text{н.о}} = \frac{G L_o \left(1 + \frac{t_{\text{с}}}{273} \right)}{3600 z_n \nu}, \quad (4)$$

где L_o – объем воздуха, необходимый для практического сжигания топлива (определяется по справочнику), м³/кг;

$t_{\text{с}}$ – температура воздуха в помещении;

V – скорость движения воздуха, равная 1 – 2 м/с.

– Скорость движения газов в газоходах и каналах:

$$v_g = \frac{GL_o \left(1 + \frac{t_g}{273}\right)}{3600 z_n A_{кан}}, \quad (5)$$

где t_g - средняя температура газов в газоходах (определяется по справочнику);

$A_{кан}$ - площадь поперечного сечения канала.

При проектировании печного отопления необходимо руководствоваться противопожарными правилами:

- расстояние от топочной дверцы до противоположной стены – не менее 1250 мм;
- от поверхности пола до дна зольника не менее 210 мм;
- от верха перекрытия до незащищенного от возгорания потолка – не менее 350 мм для печей с периодической топкой и 1000 мм для печей длительного горения (при защищенном потолке соответственно 250 и 700 мм);
- при расположении вдоль стен печей и дымовых труб устраивают «отступки» на всю высоту (не менее 130 мм при толстостенных печах и 250 мм – при тонкостенных);
- пол перед фронтом печей защищают металлическими листами;
- конструкции здания из горючих материалов отделяют от элементов печей «разделками» из негорючих материалов.

Задачи для самостоятельного решения

Задача Выполнить расчет элементов отопительной печи спроектированной по условию задачи и предназначенной для топки дровами.

Вопросы к практическому занятию

1. Вторичные энергоресурсы и возобновляемые источники энергии используемые в системах отопления.
2. Совершенствование водяных систем отопления.
3. Регулирование систем отопления.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по выполнению расчетно-графической работы
по дисциплине «Отопление»**

**для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
направленность (профиль) «Теплогазоснабжение и вентиляция»**

Разработанные методические указания выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Отопление» для бакалавров по направлению «Строительство» содержат задание и исходные данные на проектирование системы отопления жилого здания.

В них даны рекомендации по объему, содержанию и последовательности выполнения расчетов, входящих в расчетно-пояснительную записку, составу и объему графической части. Приведены методики теплотехнического расчета наружных ограждений здания, расчета теплопотерь через ограждающие конструкции здания, гидравлического расчета трубопроводов системы отопления и узлов отопительных приборов, расчета отопительных приборов. Даны рекомендации по размещению и прокладке трубопроводов, установке запорной и регулирующей арматуры.

Приводятся практические рекомендации по использованию при расчете системы отопления методической, учебной и справочной литературы.

Дисциплина «Отопление» основана на знаниях, полученных при изучении курсов: строительная теплофизика; гидравлика; техническая термодинамика; тепломассообмен; насосы, вентиляторы, компрессоры и является специальной для бакалавров по направлению «Строительство».

Методические указания выполнены согласно рабочей программе по дисциплине «Отопление» для бакалавров по направлению «Строительство».

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РГР

Целью РГР является освоение методики проектирования и выполнения практических расчетов систем отопления зданий с подробным расчетом отдельных узлов и оборудования этих систем.

Глубокое изучение рассматриваемых технологических вопросов, анализ и оценка работы оборудования и систем позволят бакалавру подготовиться к более качественному выполнению дипломного проекта.

2. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЕМ

2.1 ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЕМ

Тема РГР «Отопление жилого здания».

РГР состоит из расчетно-пояснительной записки (15 – 25 с. формата А4) и графической части (1 лист формата А2).

2.1.1 Содержание расчетно-пояснительной записки

Расчетные метеорологические данные.

Теплотехнический расчет конструкций наружных ограждений.

Расчет теплопотерь через ограждающие конструкции здания.

Разработка схемы системы центрального отопления здания, определение тепловых и гидравлических нагрузок.

Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления.

Выбор типа, места расположения отопительных приборов и их расчет.

2.1.2 Содержание графической части

Планы первого, типового этажей и чердака (кроме варианта с П-образной системой) с нанесением элементов системы отопления, трубопроводов, отопительных приборов в масштабе 1:100.

Аксонметрическая схема системы отопления в масштабе 1:100.

2.2 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

2.2.1 Индивидуальное задание на проектирование

Выполнить расчет системы отопления жилого здания согласно индивидуальным исходным данным.

2.2.2 Исходные данные

Все исходные данные принимают по двум последним цифрам шифра, выданного преподавателем.

План здания принимают согласно таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Выбор плана здания (Приложение В)

Последняя цифра шифра	0 или 1	2 или 3	4 или 5	6 или 7	8 или 9
Номер варианта	1	2	3	4	5

Город, климатические данные которого являются исходными, принимается по таблице 1.2: в случае, если ПОСЛЕДНЯЯ цифра шифра НЕЧЕТНАЯ — из ряда А; при последней ЧЕТНОЙ цифре — из ряда Б. Порядковый номер города в любом ряду должен соответствовать ПРЕДПОСЛЕДНЕЙ цифре шифра.

Таблица 1.2 – Выбор района строительства

Ряд А		Ряд Б		Ряд А		Ряд Б	
1	Москва	1	Якутск	6	Ростов н/Д	6	Новосибирск
2	Харьков	2	Томск	7	Воронеж	7	Ставрополь
3	Курск	3	Минск	8	Свердловск	8	Ярославль
4	Норильск	4	Уфа	9	Махачкала	9	Караганда
5	Орел	5	Омск	0	С.-Петербург	0	Хабаровск

Ориентацию фасада по странам света принимают по таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Ориентация фасада здания по странам света

Предпоследняя цифра шифра	0; 1	2; 3	4	5	6	7	8	9
Ориентация фасада	С	Ю	СВ	В	ЮВ	ЮЗ	З	СЗ

Число этажей здания принимают по таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Число этажей здания

Последняя цифра шифра	0; 1; 2	3; 4; 5; 6	7; 8; 9
Число этажей	6	5	4

Вид отопительной системы принимают согласно таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Вид системы отопления

Последняя цифра шифра	Вид системы отопления
0; 1; 2; 3	Однотрубная с верхней разводкой, проточно-регулируемая, с насосной циркуляцией
4; 5; 6; 7	Однотрубная с верхней разводкой, с насосной циркуляцией, с кранами на подводках к нагревательным приборам
8; 9	Однотрубная с нижней разводкой, проточно-регулируемая, с насосной циркуляцией, П-образными стояками

Во всех случаях принимаются расчетный температурный перепад воды в системе отопления 95 – 70 °С, тупиковая разводка магистралей, одностороннее присоединение нагревательных приборов к стоякам, смещенные замыкающие участки.

Схема и параметры системы отопления, как указано выше, принимаются в соответствии с двумя ПОСЛЕДНИМИ цифрами шифра. Однако вместо такого выбора, по согласованию с преподавателем разрешается принять систему с индивидуальными тепловыми вводами: горизонтально-однотрубной или горизонтально-двухтрубной разводкой в помещении.

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

3.1 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ЗДАНИЯ

По карте зон влажности [6, Приложение В] принимается зона влажности района постройки, где проектируется отопление и далее по таблице 2 [6] определяется условие эксплуатации ограждающих конструкций А или Б при нормальном влажностном режиме помещений.

Выявив тип и конструкции ограждений (наружной стены и чердачного перекрытия), следует последовательно рассчитать для каждого ограждения:

3.1.1 Требуемое термическое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, в м² К/Вт, рассчитывают согласно [6, п. 5.1].

Для расчета требуемого термического сопротивления теплопередаче наружных ограждений предварительно вычисляется значение градусо-суток отопительного периода по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})Z_{ht}, \quad (3.1)$$

где t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая по [7];

t_{ht} , Z_{ht} – средняя температура, °С и продолжительность (сутки) периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С, определяемые по [4].

Затем по таблице 4 [6] определяют требуемое термическое сопротивление теплопередаче R_{req} наружных ограждений.

Расчет требуемого термического сопротивления теплопередаче внутренних ограждений при разности расчетных температур воздуха между помещениями 6 °С и выше, определяется по следующей формуле:

$$R_{req} = \frac{(t_{int} - t_{ном})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}}, \quad (3.2)$$

где Δt_n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждения, принимаемый по табл. 5 [6];

$t_{ном}$ – температура воздуха более холодного помещения;

α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимаемый по табл. 7 [6].

3.1.2 Величину общего термического сопротивления теплопередаче с последовательно расположенными однородными слоями вычисляют по формуле:

$$R_0 = R_e + R_1 + \dots + R_n + R_{\text{и}}. \quad (3.3)$$

Для неоднородной ограждающей конструкции вычисляют приведенное термическое сопротивление.

Толщина утепляющего слоя определяется по формуле:

$$\delta_{\text{ут}} \geq \lambda_{\text{ут}} (R_{\text{req}} - R_0), \text{ м} \quad (3.4)$$

где $\lambda_{\text{ут}}$ – коэффициент теплопроводности утепляющего материала, Вт/(м К).

3.1.3 Коэффициент теплопередачи, рассчитывают по формуле:

$$K = \frac{1}{R_0}, \text{ Вт/(м}^2\text{К)}. \quad (3.5)$$

3.1.4 Коэффициент теплопередачи заполнений световых проемов (окон и балконных дверей) рассчитывается в следующей последовательности:

- а) определяется требуемое сопротивление теплопередаче в соответствии с методикой, изложенной в п. 3.1.1;
- б) выбирается конкретная конструкция заполнения световых проемов так, чтобы фактическое термосопротивление было равно или больше принятого требуемого термического сопротивления;
- в) рассчитывают коэффициент теплопередачи по формуле (3.5).

3.1.5 Коэффициент теплопередачи наружных дверей рассчитывается в следующей последовательности:

- а) приведенное термическое сопротивление наружных дверей принимается не менее $0,6 R_0$ для стен здания;
- б) коэффициент теплопередачи рассчитывается по формуле (3.5).

3.1.6 Теплотери через полы, расположенные на грунте или на лагах, подсчитываются по зонам.

Коэффициент теплопередачи каждой зоны определяется в следующей последовательности:

- а) термическое сопротивление теплопередаче для неутепленных полов по зонам $R_{\text{н.п.}}$ определяют по [1];
- б) термическое сопротивление теплопередаче для утепленных полов находят по формуле:

$$R_{\text{yn}} = R_{\text{н.п.}} + \sum \frac{\delta_{\text{yc}}}{\lambda_{\text{yc}}} + R_{\text{в.п.}}, \quad (3.6)$$

где $R_{\text{в.п.}}$ – термическое сопротивление воздушной прослойки.

Для полов на лагах термическое сопротивление рассчитывают по формуле:

$$R_{\text{л}} = 1,18 R_{\text{н.п.}} \quad (3.7)$$

- в) коэффициент теплопередачи вычисляют по формуле (3.5).

3.2 РАСЧЕТ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ

При расчете теплотерь следует учитывать основные и добавочные потери тепла. Основные теплотери Q (Вт) определяют по формуле:

$$Q = FK(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})n, \quad (3.8)$$

где F – поверхность ограждения, м^2 ;

t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая по [7], причем в угловых помещениях принимается, по сравнению с другими помещениями, на 2°C выше.

Добавочные теплотери учитывают ориентацию наружных ограждений по странам света, проникновение наружного холодного воздуха через наружные двери при их открывании. Эти добавочные теплотери следует принимать к основным в процентах.

Расчет теплотерь ведется в табличной форме, показанной в приложении А. Для каждого помещения по всем этажам подсчитываются суммарные тепловые потери через наружные ограждения. К получившейся итоговой цифре, последней по каждому помещению, строкой прибавляются добавочные потери тепла на инфильтрацию наружного воздуха, а в жилых комнатах одновременно вычитаются бытовые тепловыделения. Так, если A – суммарные общие потери тепла помещением, то последняя по каждому жилому помещению строка записывается так:

всего с учетом инфильтрации и бытового тепла $A + Q_{\text{inf}} - Q_{\text{int}} =$ (итоговая цифра берет амку).

Предварительно (вне таблицы) подсчитываются потери тепла на инфильтрацию и бытовые тепловыделения.

Бытовые тепловыделения (для жилых комнат) определяют по выражению:

$$Q_{\text{int}} = q_{\text{int}} F, \quad (3.9)$$

где F – площадь жилой комнаты, м^2 ;

q_{int} – величина бытовых тепловыделений на 1 м^2 площади жилых помещений, $\text{Вт}/\text{м}^2$, принимаемая по [6, с. 21–22]. Может быть принято $q_{\text{int}} = 17 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

В проекте допустимо принимать количество инфильтрующегося воздуха L_v по нормам вытяжки, т. е. для кухонь с 4-хконфорочной газовой плитой – $90 \text{ м}^3/\text{ч}$, а для жилых комнат – в размере $3A_l \text{ м}^3/\text{ч}$ (где A_l – площадь жилых помещений в м^2).

Дополнительные потери тепла на инфильтрацию определяются выражением:

$$Q_{\text{inf}} = 0,28L_{\text{inf}}(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})k, \quad (3.10)$$

где k – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока; для окон и балконных дверей с раздельными переплетами $k = 0,8$, со спаренными переплетами $k = 0,9$.

Данные расчета заносятся в таблицу (форма ее в приложении А). Итоговые значения теплотерь определяются по отдельным этажам и целиком для всего здания. Расчет теплотерь типового этажа выполняется на ЭВМ. После чего вычисляется удельный расход тепловой энергии на отопление здания.

3.3 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Для всех вариантов отопительной системы принимается открытая прокладка стояков и подводок. Подающие магистрали системы с верхней разводкой прокладываются на чердаке на расстоянии $1,5 \text{ м}$ от наружных стен, обратные – в подпольных каналах и частично в подвале, который устраивается для размещения теплового узла только под частью здания. Главный стояк размещается в лестничной клетке.

Отопительную систему для лучшей увязки потерь давления в коротких и длинных циркуляционных кольцах ее различных ветвей рекомендуется разбивать на четыре ветви приблизительно одинаковой длины.

В верхней и нижней частях всех стояков следует предусматривать запорно-регулирующую арматуру. В насосных системах с верхней разводкой, воздухоудаление осуществляется с помощью проточных воздухоборников, устанавливаемых на каждой ветви горячих магистралей у последних по ходу воды стояков; в системах с естественной циркуляцией – через расширительный сосуд.

Подводки к нагревательным приборам следует принимать стандартной длины $0,3 - 0,35 \text{ м}$. Нагревательные приборы – радиаторы следует размещать под окнами и в отдельных случаях у наружных стен. На лестничных клетках всю необходимую поверхность нагрева (радиаторы или рециркуляционные воздухонагреватели) надо размещать на первом этаже. На планах они обозначаются прямоугольниками с примерным соблюдением масштаба по длине и глубине.

Обратные магистрали, прокладываемые в подпольных каналах обозначаются пунктиром, канал – более тонкими пунктирными линиями, площадь между которыми заштриховывается. Обозначать на планах трубопроводы и приборы системы следует более толстыми линиями, чем конструкцию здания.

3.4 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

До начала расчета на основании размещенных на планах нагревательных приборов, стояков, подводок и магистралей, выбранных высот этажей и подвала ($2,9 - 3,2 \text{ м}$) вычерчивается аксонометрическая схема системы отопления в масштабе $1:100$.

Определение диаметров трубопроводов производится для двух циркуляционных колец в одной (наиболее длинной) ветви системы, причем первое (основное) расчетное кольцо должно проходить через стояк системы, наиболее удаленный от главного стояка, второе – через ближний стояк этой же ветви.

Для варианта с непроточной системой, где стояки имеют постоянно действующие замыкающие участки (вариант 2), для стояка первого расчетного кольца следует провести расчет узлов всех нагревательных приборов; для вариантов 1 и 3 – расчет узлов нагревательных приборов первого и второго этажей (так же для стояка первого расчетного кольца), заменив трехходовые краны в этих узлах (только для данного расчета) на радиаторные краны, установленные на подающих подводках (в варианте 3 для приборов первого и второго этажей нисходящей части П-образного стояка).

Рассчитываемые кольца разбиваются на расчетные участки, начиная с головного участка после элеватора (или водоподогревателя) в тепловом узле и кончая последним участком перед трубой, идущей к подмешивающему патрубку элеватора (или входящим в водоподогреватель). В непроточной системе (вариант 2) в число расчетных участков циркуляционного кольца в пределах стояка входят междуэтажные и вертикальные замыкающие участки. У каждого участка в кружке проставляется его номер и рядом дробью – тепловая нагрузка (числитель) в (Вт) и длина (знаменатель) в (м).

3.4.1 Расчет начинается с определения основного кольца и расчетного циркуляционного давления H_p (Па) для системы вариантов 1 и 2:

$$H_p = H_n + 0,7(H_e + \Delta H_e); \quad (3.11)$$

для системы варианта 3:

$$H_p = H_n + 0,7H_e, \quad (3.12)$$

где H_n – давление, передаваемое в систему насосом (элеватором);

H_e – естественное (гравитационное) давление от охлаждения воды в нагревательных приборах;

ΔH_e – дополнительное естественное давление от охлаждения воды в трубопроводах.

Давление, передаваемое элеватором, принимается в размере 10000 Па; в небольших системах для определения H_n можно воспользоваться выражением:

$$H_n = 100 \sum l, \text{ Па} \quad (3.13)$$

где $\sum l$ – суммарная длина всех участков основного расчетного кольца в метрах.

Естественное давление H_e для систем вариантов 1 и 2 определяется как разность давления столба охлажденной воды в рассчитываемом стояке и столба горячей воды в главном стояке:

$$H_e = gh_1(\rho_0 - \rho_z) + gh_2(\rho_2 - \rho_z) + \dots + gh_n(\rho_n - \rho_z), \quad (3.14)$$

где ρ_2, ρ_n – плотность воды на участке стояка с высотой h_2, h_n ;

ρ_z – плотность горячей воды, поступающей в стояк;

ρ_0 – плотность обратной воды.

h_1, h_2, h_n – разность высот расположения центров охлаждения на участках стояка.

Естественное давление для системы с нижней разводкой (вариант 3) определяется по нижеприведенной формуле с учетом различной плотности воды на подъемном (ρ') и опускном участках стояка (ρ).

$$H_e = gh_1(\rho_0 - \rho_z) + gh_2(\rho'_2 - \rho_2) + gh_3(\rho'_3 - \rho_3) + \dots + gh_n(\rho'_n - \rho_n). \quad (3.15)$$

Температура воды в различных участках стояков, определяемая с учетом охлаждения воды только в приборах, определяется из выражения:

$$t_i = t_z - \frac{\sum Q_{np}}{CG_{cm}} \cdot 3,6\beta_1\beta_2, \quad (3.16)$$

где t_z – температура горячей воды, поступающей в стояк, °С;

$\sum Q_{np}$ – сумма предшествующих данному участку тепловых нагрузок приборов, Вт;

C – удельная массовая теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг К);

β_1, β_2 – коэффициенты, учитывающие сверхрасчетную поверхность приборов, и увеличение теплоотдачи при установке прибора у наружной стены;

G_{cm} – расход воды в стояке (кг/с), определяемый из выражения:

$$G_{cm} = \frac{Q_{cm}}{C(t_z - t_0)}, \quad (3.17)$$

где Q_{cm} – суммарная тепловая нагрузка всех приборов стояка;

t_0 – температура обратной воды, выходящей из стояка, °С.

3.4.2 Для расчета диаметров трубопроводов на всех участках первого расчетного циркуляционного кольца определяется величина средней ориентировочной удельной потери давления на трение:

$$R_{cp} = \frac{0,65H_p}{\sum l}, \text{ Па/м} \quad (3.18)$$

где $\sum l$ – сумма длин всех участков первого расчетного кольца.

Для проведения гидравлического расчета составляется таблица, форма которой приведена в приложении Б.

Расход воды на участках (в кг/ч) рассчитывается по формуле, аналогичной формуле для расхода воды в стояке, но в числителе ставится значение тепловой нагрузки соответствующего участка, умноженное на 3,6. Для систем с постоянно действующими замыкающими участками расход воды в замыкающих участках определяется из выражения:

$$G_{з.у.} = G_{см} - G_{np} = G_{см} - \alpha G_{см}, \quad (3.19)$$

где G_{np} – расход воды в нагревательном приборе, кг/ч;

α – коэффициент затекания воды в прибор ($\alpha = \frac{G_{np}}{G_{см}}$), определяемый в зависимости от конструкции узла

прибора и скорости воды в стояке [3].

Графы 5, 6, 7 приложения Б заполняются, используя пособие [3]. Для этого по расходу воды G , стараясь по возможности приближаться к величине $R_{ср}$, выбирают наиболее подходящий диаметр трубопровода, для которого (если необходимо, то по интерполяции) находят действительные значения скорости воды w и удельной потери давления на трение R . Величина Rl (графа 8) получается перемножением граф 4 и 7. Аналогичным образом определяются диаметры, скорости, потери давления на трение для всех участков циркуляционного кольца.

Для всех участков кольца подсчитывается сумма коэффициентов местных сопротивлений ($кмс$). Для этого на страницах, следующих за расчетной таблицей, в специальной ведомости определяются $кмс$ для каждого участка, где после указания его номера дается перечень местных сопротивлений с полной характеристикой каждого. Так, для поворотного тройника должны указываться соотношения расходов и диаметров в ответвлении и стволе, нарисована схема движения воды по тройнику; для отводов – соотношение между диаметром и радиусом закругления и т. д. Значения $кмс$ определяются по [3].

Значения $кмс$ трехходовых кранов на проход следует принимать равными 4 для $d_p=15$ мм и 3,5 для $d_p=20$ мм.

После определения по каждому участку общей потери давления $Rl+Z$ эти потери суммируются для всех участков первого расчетного кольца. Получившаяся сумма $\sum(Rl+Z)$ проставляется под чертой в графе II.

3.4.3 Суммарные потери давления в первом (основном) расчетном кольце сравниваются с расчетным давлением для этого кольца. Необходимый резерв давления, определяемый выражением:

$$\Delta H_p = \frac{H_p - \sum(Rl + Z)}{H_p} \cdot 100\% \quad (3.20)$$

должен составлять согласно [3] не более 10 и не менее 5 %.

Если ΔH_p выходит из этих пределов, то необходимо изменить диаметры одного-двух участков циркуляционного кольца так, чтобы запас давления оказался нормальным; при слишком большом ΔH надо уменьшить на один калибр диаметры одного-двух участков кольца; при недостаточном или отрицательном ΔH_p надо увеличить диаметры нескольких участков также на один калибр. В приложении Б рекомендуется следующее отражение пересчета:

а) зачеркнуть карандашом строки, соответствующие пересчитываемым участкам, и суммарные итоговые потери давления в кольце (внизу последнего столбца);

б) ниже в таблице заполнить горизонтальные строки, соответствующие одному-двум участкам, с вновь принятыми диаметрами;

в) подсчитать заново полученную сумму потерь давления в кольце $\sum(Rl+Z)$ и снова сравнить ее с расчетным давлением с тем, чтобы получить запас давления (5 – 10%).

Подбор диаметров стояка, входящего во второе наиболее короткое циркуляционное кольцо той же ветви, следует производить таким образом, чтобы разница в потерях давления в не общих участках обоих колец составляла не более 15%. Сравниваемыми не общими участками в случае принятой тупиковой разводки являются участки горячей и обратной магистралей между первым и дальним стояком в сумме с участками этого стояка, с одной стороны, и участками ближнего стояка из второго кольца – с другой. При расчете системы отопления для увязки потерь давления в коротких и длинных кольцах рекомендуется принимать относительно меньшие значения удельных потерь давления в участках горячей и обратной магистралей между стояками дальними и ближними к главному стояку в каждой ветви системы, а саму систему разбивать на ветви приблизительно равной длины.

3.4.4 Гидравлический расчет однотрубной системы водяного отопления может быть выполнен на ЭВМ с применением метода расчета по характеристикам сопротивления.

3.5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УЗЛОВ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Этот расчет выполняется в целях определения действительного значения величины коэффициента затекания

воды в прибор α и сравнения ее с величиной коэффициента затекания, принятой по справочным материалам при расчете циркуляционных колец системы.

Расчетным является равенство:

$$\sum (Rl + z)_{подв.пр.} = \sum (Rl + z)_{зв} + gh_{пр} (\rho_{ср.пр.} - \rho_{зв}), \quad (3.21)$$

в котором левая часть – суммарные потери давления в подводках и нагревательном приборе; первое слагаемое правой части – потери давления в замыкающем участке; второе слагаемое – дополнительное гравитационное давление, образующееся при прохождении воды через нагревательный прибор; $\rho_{ср.пр.}$, $\rho_{зв.}$ – плотность воды при средней температуре воды в приборе и температуре воды в замыкающем участке (кг/м^3).

Расчет ведется методом последовательного приближения. Задавая значение α , определяют величины расходов воды в приборе $G_{пр.}$, замыкающем участке $G_{зв.}$, а затем все три составляющих приведенного выше равенства.

Если левая и правая части этого равенства будут разниться более чем на 5%, то расчет повторяется при новом значении α , принятом с учетом того, по какому пути потери давления получились большими. Если левая часть равенства оказывается больше правой, то значение α следует уменьшить, в противном случае значение α увеличивается.

Расчет считается законченным и принятое значение α действительным его значением при совпадении правой и левой частей равенства с точностью до 5%.

3.6 РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Определение требуемого числа секций отопительного прибора с учетом полезной теплоотдачи труб необходимо производить по методикам [3].

Требуемая теплоотдача прибора в помещение определяется по формуле:

$$Q_{пр} = Q_n - \beta_{тр} Q_{тр}, \quad (3.22)$$

где Q_n – теплопотери помещения;

$Q_{тр.}$ – суммарная теплоотдача проложенных в пределах помещения труб равна:

$$Q_{тр.} = q_v \cdot l_v + q_z \cdot l_z, \quad (3.23)$$

q_v и q_z – теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных труб, определяется исходя из диаметра и разности температур ($t_z - t_v$);

l_v и l_z – длина вертикальных и горизонтальных труб в пределах помещения;

$\beta_{тр}$ – поправочный коэффициент, зависящий от вида прокладки трубопровода: при открытой – 0,9; при скрытой в глухой борозде стены – 0,5; замоноличенной в тяжелый бетон – 1,8.

Минимально допустимое число секций может быть определено по формулам:

$$N_{min} = \frac{Q_{н.т.} \cdot \beta_4}{Q_{н.у.} \cdot \beta_3} = \frac{A_p}{a_c \cdot \beta_3'}, \quad (3.24)$$

где β_3 , β_3' – коэффициенты учета числа секций в приборе;

a_c – площадь одной секции [3];

β_4 – коэффициент учета способа установки прибора;

$Q_{н.у.}$ – номинальный тепловой поток отопительного прибора [3, приложение X];

$Q_{н.т.}$ – требуемый номинальный тепловой поток отопительного прибора.

$$Q_{н.т.} = \frac{Q_{пр.}}{\varphi_k}, \quad (3.25)$$

φ_k – комплексный коэффициент приведения теплоотдачи при нормальных условиях к расчетным,

$$\varphi_k = \left(\frac{\Delta t_{ср}}{70} \right)^{1+n} \left(\frac{G_{пр}}{360} \right)^P b \psi C; \quad (3.26)$$

A_p – расчетная площадь прибора:

$$A_p = A_{пр} \frac{\beta_4}{b}; \quad (3.27)$$

A_{np} – требуемая площадь наружной поверхности отопительного прибора:

$$A_{np} = \frac{Q_{np}}{(70k_{н.у.} \varphi_{\kappa})}; \quad (3.28)$$

b – коэффициент учета расчетного атмосферного давления [3, табл. 9.1];

n, p, c – экспериментальные коэффициенты [3, табл. 9.2];

ψ – коэффициент учета направления движения воды в приборе снизу вверх:

$$\psi = 1 - a(t_{вх.} - t_{вых.}); \quad (3.29)$$

G_{np} – расход воды в приборе, кг/ч;

$k_{н.у.}$ – номинальный условный коэффициент теплопередачи отопительного прибора;

$\Delta t_{ср.}$ – разность средней температуры воды $t_{ср}$ в приборе и температуры воздуха в помещении $t_{в}$;

a – поправочный коэффициент, учитывающий тип прибора.

При выборе числа секций допускается уменьшение расчетной площади A_p не более чем на 5%, с целью ограничения отклонения от расчетной температуры в помещении.

4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РГР

Расчетно-пояснительную записку оформляют в соответствии с ГОСТ 2.105–95.

Расчетно-пояснительная записка должна быть написана от руки чернилами или шариковой ручкой на одной стороне листа формата А4 или отпечатана через полтора интервала. Допускается применять для графиков и диаграмм, входящих в состав расчетно-пояснительной записки другие форматы, оставляя постоянной сторону листа 297 мм. Рабочее поле чертежа должно иметь рамку (на первых 5–7 листах), отстоящую от кромки листа справа, сверху и снизу на 5 мм и слева на 20 мм. Внизу должен размещаться штамп (основная надпись для первого листа текстовых документов и основная надпись для последующих листов). Листы пояснительной записки должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами, проставляемыми в правом верхнем углу страницы.

Название раздела пишется прописными буквами и располагается симметрично строке без переноса в словах. Точка в конце названия раздела не ставится, название не подчеркивается. Название раздела отделяется от последующего текста интервалом в одну строку. Каждый раздел начинается с новой страницы.

Подразделы должны иметь двойную нумерацию арабскими цифрами (напр., 1.1).

Название подраздела отделяется от последующего текста интервалом в 1 строку.

Части подраздела могут иметь тройную нумерацию (напр., 1.1.1). Дальнейшее деление не допускается.

Ссылки на использованные источники должны нумероваться арабскими цифрами по порядку появления в записке и помещаться в квадратные скобки.

Приложения, если их больше одного, обозначаются заглавными буквами русского алфавита. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы.

Все иллюстрации должны иметь названия и последовательную нумерацию в пределах каждого раздела арабскими цифрами. Номер иллюстрации состоит из номера раздела и своего порядкового номера, напр., Рисунок 3.2 (второй рисунок, третьего раздела). Название помещается над иллюстрацией, номер – под иллюстрацией. Ссылки на иллюстрации в тексте обязательны. Иллюстрации могут выполняться карандашом или тушью. Разрешается использовать фотографии, ксерокопии и т. п.

Таблицы должны иметь названия и номер в пределах каждого раздела. Название и номер пишутся над таблицей, напр., Таблица 1.1 – Номенклатура выпускаемой продукции. Точка в конце названия таблицы не ставится. Если таблица имеет продолжение, то на следующей странице пишется: Продолжение таблицы 1.1. Ссылки на таблицы в тексте обязательны.

Формулы должны писаться на отдельной строке. Формулы нумеруются арабскими цифрами, помещаемыми в круглых скобках справа от формулы по краю текста. Нумерация формул в пределах раздела – (4.2), (формула вторая, четвертого раздела). После формулы ставится запятая и с новой строки после слова «где» идет расшифровка каждого обозначения. Расшифровке подлежат только обозначения, встречающиеся впервые. Ссылки на формулы в тексте обязательны.

При выполнении расчетов на ПЭВМ, являющихся обязательными, студент должен изложить методику расчета, привести основные расчетные формулы, блок-схему алгоритма, обосновать выбор исходных данных и привести анализ полученных результатов.

Все размерности физических величин должны даваться в системе СИ.

Запрещаются любые сокращения, кроме общепринятых, в тексте пояснительной записки и на чертежах.

Чертежи всех видов должны выполняться в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов ГОСТ 21.602-79*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Рабочие чертежи; ГОСТ 2.784-70. Обозначения условные. Графические элементы трубопроводов; ГОСТ 2.785-70. Арматура трубопроводная; ГОСТ 2.786-70. Элементы санитарно-технических устройств; ГОСТ 21.106-78*. Условные обозначения трубопроводов санитарно-технических устройств.

Рабочее поле чертежа должно иметь рамку, отстоящую от кромки листа справа, сверху и снизу на 5 мм и слева на 20 мм. В правом нижнем углу рабочего поля должен размещаться штамп (основная надпись для чертежей). Спецификация размещается над штампом или на отдельном листе формата А4.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ НАД РГР, ПРИМЕРНЫЙ КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ЕЁ ВЫПОЛНЕНИЯ

Для написания РГР необходимо ознакомиться и подобрать специальную научную литературу по выбранной теме. Подбор литературы производится студентом самостоятельно по заданному темой направлению. 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.

Примерный календарный план выполнения РГР

Выдача задания	1 – 2 недели семестра.
Выполнение РГР	3 – 12 недели семестра.
Проверка РГР	13 – 14 недели семестра.
Доработка при возвращении на доработку	15 неделя семестра.
Защита РГР	16 неделя семестра.

6. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ СТУДЕНТА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ ПО РГР

Выполненная работа проверяется руководителем, который дает допуск к защите или возвращает ее на доработку. РГР, выполненная не по варианту, указанному в задании, не рассматривается. При положительном заключении работа допускается к защите, при наличии замечаний возвращается на доработку. При подготовке к защите студент обязан повторить теоретический материал дисциплины и подготовить доклад по материалу работы. В докладе следует изложить сущность РГР, методы решения задач, наиболее важные результаты и выводы по РГР. После доклада студенту могут быть заданы вопросы, как по содержанию РГР, так и по курсу в целом.

7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

7.1 Перечень основной литературы

1. Махов Л.М. Отопление: Учеб. Для вузов. 2-е изд., исправленное и дополненное. М.: Издательство АСВ, 2015. 400 с.
2. Протасевич А.М. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Из-во «Новое здание», 2012, 286 с. Доступно: <http://e.lanbook.ru>

7.2. Перечень дополнительной литературы

1. Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений [Текст] : учебник / Е. Н. Бухаркин, В. М. Овсянников, К. С. Орлов и др. под ред. Ю. П. Соснина. – М. : Высшая школа, 2008. – 415 с.
2. Сканава А. Н. Отопление [Текст] : учебник для вузов / А. Н. Сканава, Л. М. Махов. – М. : Издательство АСВ, 2006. – 576 с.
3. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства [Текст] : учебник для вузов / В. М. Свистунов, Н. К. Пушняков. – СПб.: Политехника, 2006. – 423 с.
4. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст] : уч. пос. / В. И. Полушкин, О. Н. Русак, С. И. Бурцев и др. – СПб. : Профессия, 2002. – 396 с.
5. Справочник проектировщика. Часть I. Отопление / Под ред. И. Г. Старовойтова. М.: Стройиздат, 1991.
6. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
7. СП 41-102-98. Проектирование и монтаж трубопроводов систем отопления с использованием металлополимерных труб. М.: Госстрой России, 1998. – 32 с.
8. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст] / Ю. А. Матросов, И. Н. Бутовский, П. Ю. Матросов и др. – Введ. 2004-06-01. – М. : ГОССТРОЙ РОССИИ, 2004. – 88 с.
9. Журналы. Жилищное и коммунальное хозяйство. АВОК.

Приложение А

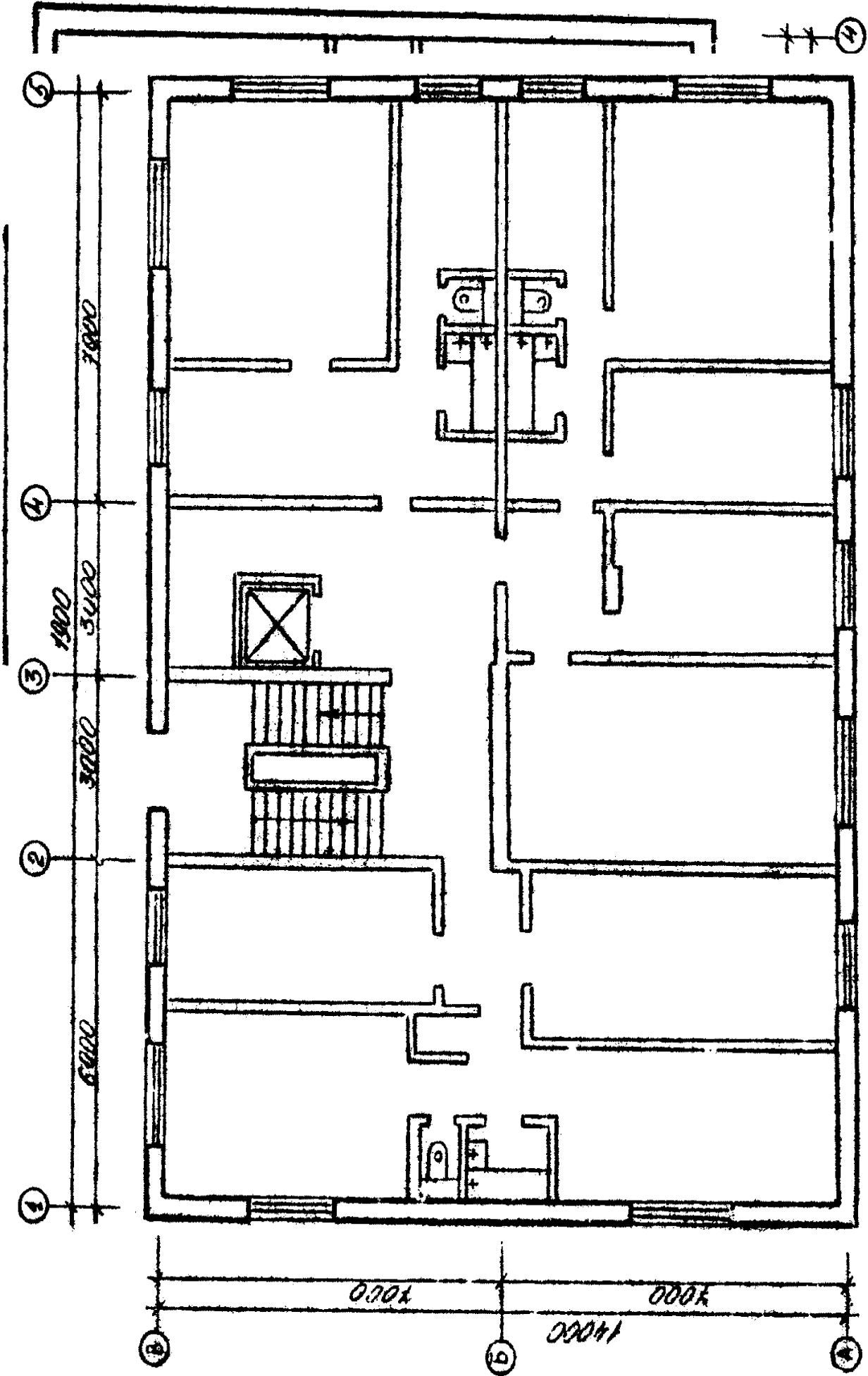
Расчет теплопотерь помещения														
Номер помещения	Назначение помещения и внутренняя температура, °С	Наименование ограждения	Ориентация по сторонам света	Размеры ограждения а*б, м	Площадь ограждения F, м²	Коэффициент теплопередачи К, Вт/(м²·К)	Расчетная температура, °С	Расчетный перепад температур, °С	Коэффициент уменьшения расчетной разности температур	Основные теплопотери Q, Вт	Добавочные теплопотери			Общие потери Q _с , Вт
											По сторонам света	Другие	Всего добавок	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 этаж														
Всего с учетом инфильтрации и бытового тепла														
Типовой этаж														
Всего с учетом инфильтрации и бытового тепла														
Последний этаж														
Всего с учетом инфильтрации и бытового тепла														
Всего для здания														

Приложение Б

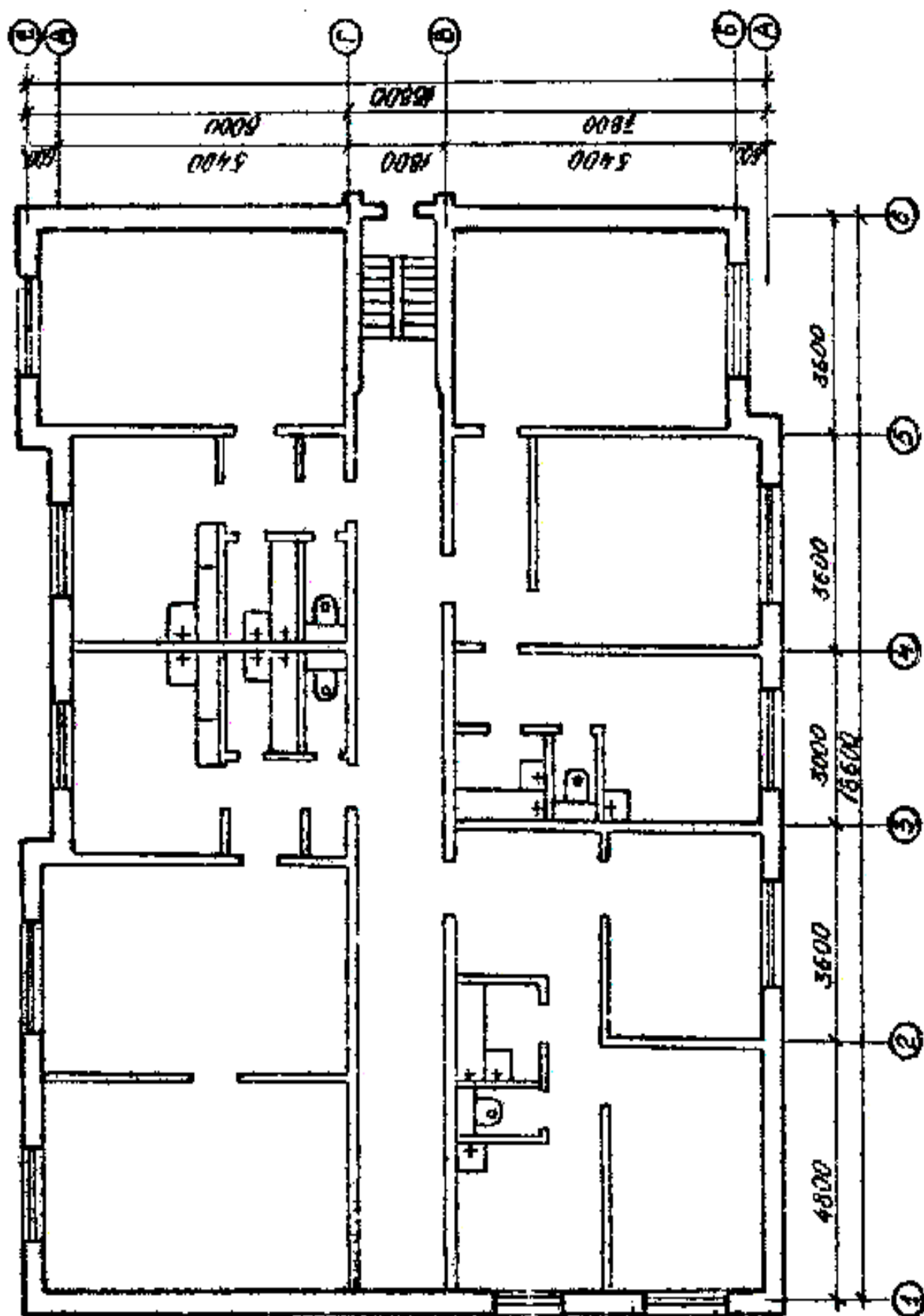
Подбор диаметров трубопроводов

Номер участка	Тепловая нагрузка Q , Вт	Расход воды G , кг/ч	Длина участка трубопровода l , м	Диаметр участка трубопровода d , мм	Скорость движения воды w , м/с	Удельная потеря давления на трение R , Па	Потеря давления на трение Rl , Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений, $\sum \zeta$	Потеря давления в местных сопротивлениях Z , Па	Общая потеря давления на участке $Rl+Z$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Основное циркуляционное кольцо										
Итого										
Пересчет сопротивлений участков										
Итого										
Второстепенные циркуляционные кольца										
Итого										
Пересчет сопротивлений участков										
Итого										
Невязка сопротивлений, %										

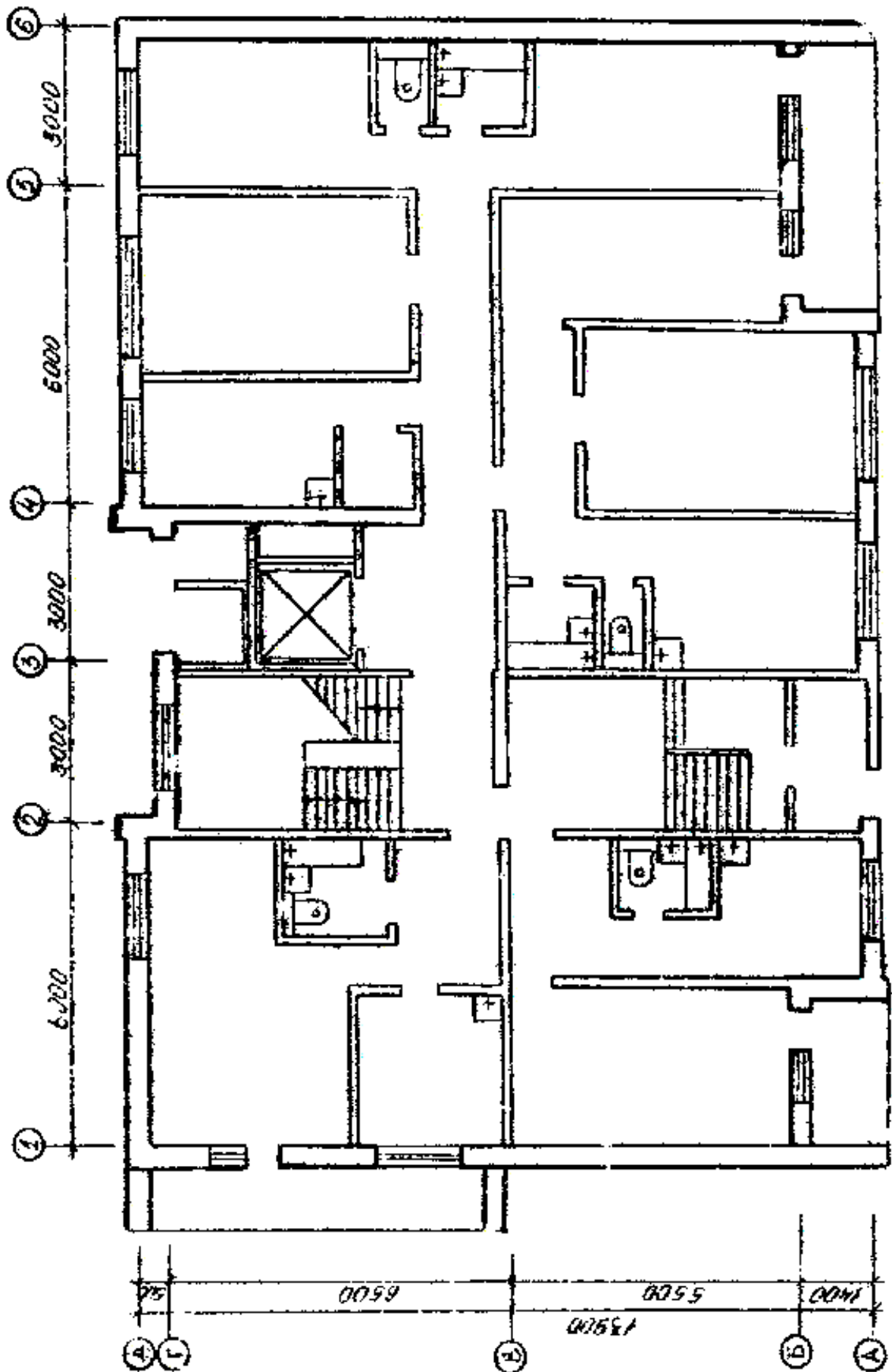
Вариант 1



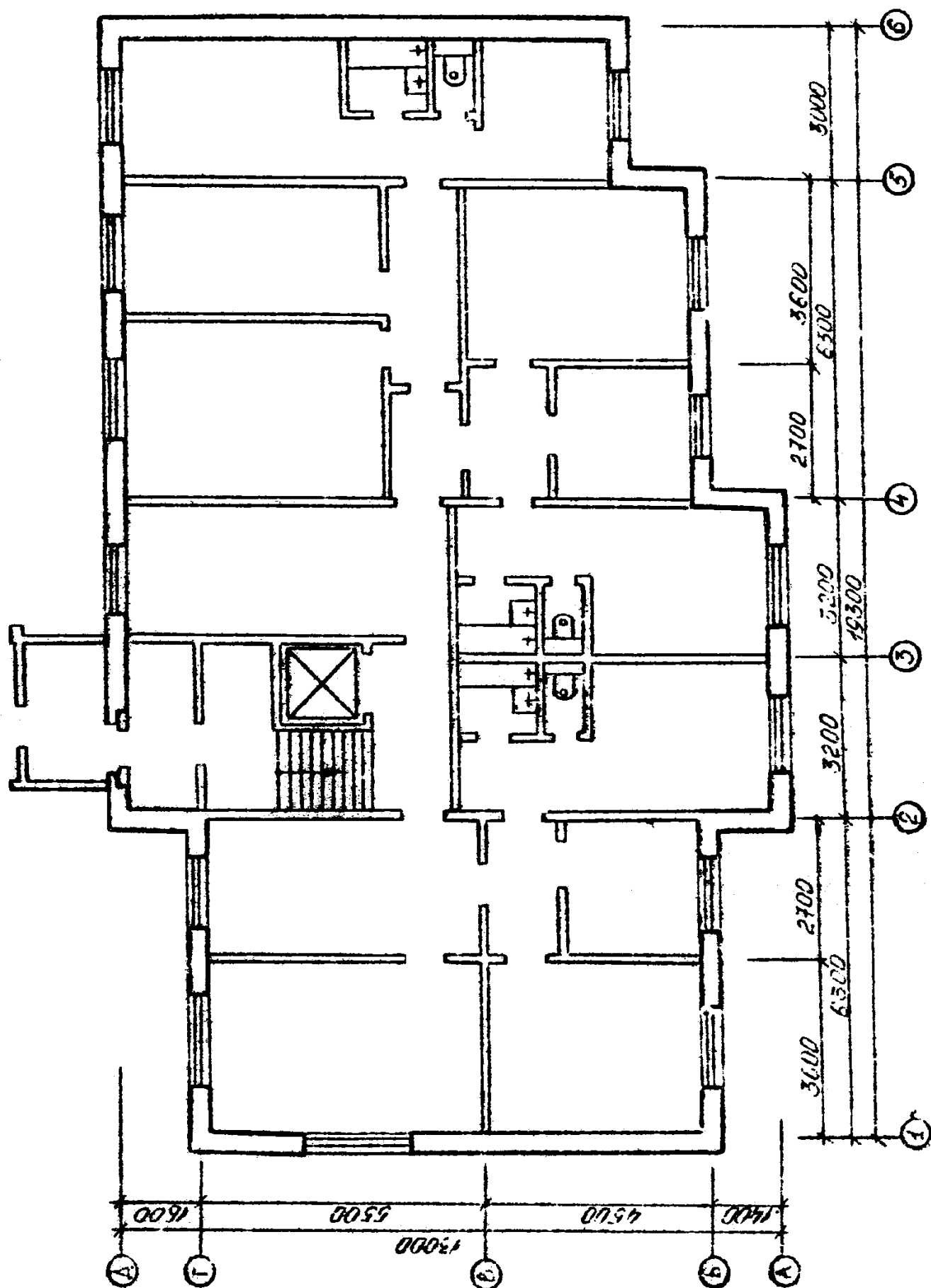
Вариант 2



Вариант 4



Вариант 5



**по организации и проведению самостоятельной
работы по дисциплине «Отопление»**

по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

направленность (профиль) «Теплогазоснабжение и вентиляция»

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 вкладные 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 отражение 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 описки, 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, чётко 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 завершённую 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.