

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

Строительный факультет

Кафедра теплотехники и гидравлики

УТВЕРЖДЕН
на заседании кафедры
«29» августа 2017 г.,
протокол № 1
Заведующий кафедрой
_____ В.С. Васильев

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.В.12 ОТОПЛЕНИЕ»

Направление подготовки (специальность) 08.03.01 Строительство

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Профиль (направленность) Теплогазоснабжение и вентиляция
Прикладной бакалавриат

Методические материалы разработаны на основе рабочей программы дисциплины, предусмотренной образовательной программой высшего образования (ОП ВО) по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» направленность (профиль) «Теплогазоснабжение и вентиляция».

СОСТАВИТЕЛЬ:

Старший преподаватель
кафедры теплотехники и гидравлики _____ Т.В. Щенникова

Старший преподаватель
кафедры теплотехники и гидравлики _____ Т.Г. Побережная

СОГЛАСОВАНО:

Методическая комиссия строительного факультета «30» августа 2017 г., протокол №1.

Декан факультета _____ А.Н. Плотников

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО

В процессе изучения дисциплины обучающиеся формируют следующие компетенции и демонстрируют соответствующие им результаты обучения:

Компетенция по ФГОС	Ожидаемые результаты обучения
ПК-1 знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест	<p>Знать нормативные документы по проектированию систем отопления.</p> <p>Уметь применять нормативные документы для расчета и проектирования.</p> <p>Владеть методикой расчета с использованием нормативных документов.</p>
ПК-3 способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	<p>Знать состав проектной и рабочей документации по проектированию централизованных систем отопления, принципы подбора оборудования и проведения испытаний инженерных систем; методы создания и анализа теоретических моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов деятельности, нормативные документы по проектированию систем отопления.</p> <p>Уметь разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию с учетом нормативных документов, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, связанные с проектированием систем отопления, включая предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, самостоятельно углублять свои знания и применять на практике достижения науки и техники в области систем отопления; разрабатывать и реализовывать программы по достижению энергоэффективности зданий и сооружений.</p> <p>Владеть методиками расчета централизованных систем отопления с использованием нормативных документов, расчетом для подбора основного технологического оборудования, методами испытаний; навыками проектирования объектов жилищно-коммунального хозяйства, обеспечивающими надежность, безопасность и эффективность их работы; методиками компьютерного моделирования с использованием специализированных программно-вычислительных комплексов.</p>
ПК-6 способностью осуществлять и организовывать техническую эксплуатацию зданий, сооружений объектов жилищно-коммунального хозяйства, обеспечивать надежность, безопасность и эффективность их работы	<p>Знать техническую эксплуатацию систем отопления с учетом обеспечения надежности, безопасности и эффективности их работы.</p> <p>Уметь организовывать техническую эксплуатацию систем отопления зданий различного назначения с целью обеспечения надежности, экономичности и безопасности их функционирования.</p> <p>Владеть методами технической эксплуатации систем отопления зданий различного назначения с целью обеспечения надежности, экономичности и</p>

	безопасности их функционирования.
ПК-8 владеть технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования	Знать методы доводки и освоения технологических процессов отопления, обслуживания систем отопления. Уметь осуществлять наладку и доводку систем отопления зданий различного назначения, а также обслуживание оборудования систем отопления. Владеть методами наладки и доводки систем отопления зданий различного назначения, а также обслуживания оборудования систем отопления.

2. Методические указания обучающимся по выполнению самостоятельной работы

Самостоятельная работа определяется спецификой дисциплины и методикой ее преподавания, временем, предусмотренным учебным планом, а также степенью обучения, на которой изучается дисциплина.

Для самостоятельной подготовки можно рекомендовать следующие источники: конспекты лекций и/или практических и лабораторных занятий, учебную литературу соответствующего профиля.

Преподаватель в начале чтения курса информирует обучающихся о формах, видах и содержании самостоятельной работы, разъясняет требования, предъявляемые к результатам самостоятельной работы, а также формы и методы контроля и критерии оценки.

Методические рекомендации по подготовке к зачету

Подготовка к зачету начинается с первого занятия по дисциплине, на котором обучающиеся получают предварительный перечень вопросов к зачёту и список рекомендуемой литературы, их ставят в известность относительно критериев выставления зачёта и специфике текущей и итоговой аттестации. С самого начала желательно планомерно осваивать материал, руководствуясь перечнем вопросов к зачету и списком рекомендуемой литературы, а также путём самостоятельного конспектирования материалов занятий и результатов самостоятельного изучения учебных вопросов.

Методические рекомендации по подготовке к экзамену

Экзамен преследует цель оценить работу студента за определенный курс: полученные теоретические знания, их прочность, развитие логического и творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умения анализировать и синтезировать полученные знания и применять на практике решение практических задач.

Экзамен проводится в письменной форме по билетам, утвержденным заведующим кафедрой. Экзаменационный билет включает в себя два вопроса. Формулировка вопросов совпадает с формулировкой перечня вопросов, доведенного до сведения студентов за один месяц до экзаменационной сессии. В процессе подготовки к экзамену организована предэкзаменационная консультация для всех учебных групп. Результат экзамена выражается оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

С целью уточнения оценки экзаменатор может задать не более одного-двух дополнительных вопросов, не выходящих за рамки требований рабочей программы. Под дополнительным вопросом подразумевается вопрос, не связанный с тематикой вопросов билета. Дополнительный вопрос, также как и основные вопросы билета, требует развернутого ответа. Кроме того, преподаватель может задать ряд уточняющих и наводящих вопросов, связанных с тематикой основных вопросов билета. Число уточняющих и наводящих вопросов не ограничено.

Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работе

Цель расчетно-графической работы – систематизация и закрепление теоретических знаний и развитие практических навыков по решению задач, выработка навыков анализа статистических 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, методической и нормативной литературой;
- проведение расчетов по исходным данным и анализ полученных значений;
- формулирование выводов по полученным результатам.

Структура расчетно-графической работы:

1. Титульный лист.
2. Оглавление.
3. Задание. На данном этапе надо полностью изложить данное обучающемуся задание.
4. Исходные данные. Студент предоставляет все существующие исходные данные, которые могут понадобиться для проведения расчетов.
5. Разделы, которые будут содержать практические решения и анализ полученных результатов.
6. Выводы.
7. Список использованных источников.
8. Приложение.

Графическая часть проекта выполняется на одном листе бумаги формата А1. Графическое изображение проекций, обозначения, шрифты должны быть выполнены по правилам оформления строительных чертежей в соответствии с ГОСТ 21.602-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». На чертежах должны быть представлены: планы этажей с разводкой магистралей, ветвей и стояков, размещением оборудования, аксонометрическая схема системы отопления, узел управления.

Требования по оформлению работы:

Набор текста производится в текстовом редакторе Microsoft Word шрифтом TimesNewRoman размером 12 pt через 1,5 интервала или 14 pt через 1 интервал. Рекомендуемое значение поля страницы: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее 20 мм.

Нумерация страниц расчетно-графической работы должна быть сквозная.

Все иллюстрации, помещаемые в расчетно-графическую работу, должны быть тщательно подобраны, четко выполнены. Рисунки и диаграммы должны иметь прямое отношение к тексту, без лишних изображений и данных, которые не поясняются.

Методические указания для выполнения расчетно-графической работы и дипломного проектирования по дисциплине «Отопление»

Расчетно-графическая работа «Отопление гражданского здания» выполняется студентами, обучающимися по специальности «Теплогасоснабжение и вентиляция» после изучения дисциплины «Отопление» на 4 курсе. Проект выполняется на основании задания на курсовое проектирование, типовых планов этажей, приведённых в приложении. Вариант плана здания принимается по последней цифре номера студенческого билета.

СОСТАВ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из расчётно – пояснительной записки и графической части.

РАСЧЁТНО- ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Расчётно - пояснительная записка выполняется на листах формата А4. Расчётные схемы могут быть выполнены на миллиметровой бумаге формата А3.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

1. Исходные данные и характеристика объекта.
Раздел содержит следующие обязательные пункты:
 - район строительства;
 - характеристика здания: назначение, этажность, высота этажа, высота подвала;
 - зона влажности;
 - температура наиболее холодной пятидневки;
 - средняя температура отопительного периода;
 - продолжительность отопительного периода;
 - направление северного ветра;
 - размеры строительных конструкций: оконные проёмы, входная дверь;
 - температура внутреннего воздуха в зависимости от назначения помещения;
 - температура в тепловых сетях;
 - температура в системе отопления.
2. Расчет строительных конструкций
 1. Расчёт тепловой мощности системы отопления, теплопотерь и тепловыделений.
 2. Выбор и обоснование системы отопления здания.
 3. Выбор и расчёт нагревательных приборов системы отопления.
 4. Гидравлический расчёт принятой системы отопления.
3. Расчёт основного оборудования теплового пункта.
 1. Спецификация оборудования и материалов.
 2. Список использованной литературы

ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Графическая часть выполняется в строгом соответствии с требованиями ГОСТ 21.101-93:

на формате А1 и содержит:

- планы первого и типового этажей с нанесением стояков и нагревательных приборов (М 1:100);
- планы подвального и (или) чердачного помещений здания с нанесением на них магистралей и стояков системы отопления с указанием диаметров и уклонов труб, номеров стояков, элеваторного узла, ввода тепловых сетей с его привязкой к координационным сетям здания;
- аксонометрическая схема системы отопления (М 1:100);
- план и разрез теплового пункта (М 1:20), аксонометрическая схема;
- детальные чертежи установки нагревательных приборов или других узлов системы отопления по согласованию с руководителем (М 1:20).

2 Расчет строительных конструкций

Задача расчета строительных конструкций – определение коэффициентов теплопередачи – $K \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C} \right]$

$$K = \frac{1}{R_o} \quad (2.1)$$

где K – это количество тепла, проходящее за единицу времени через 1 м^2 ограждения при разнице температур на улице и в помещении в $1 \text{ }^\circ\text{C}$.

$R_o \left[\frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right]$ – термическое сопротивление ограждения.

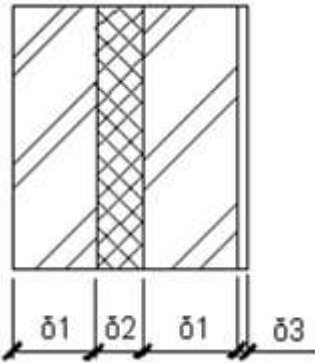
$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\theta}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n} \quad (2.2)$$

где $\alpha_{\text{в}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ – коэффициент тепловосприимчивости у внутренней поверхности стены, [12], таблица 4, $\alpha_{\text{н}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ – коэффициент тепловосприимчивости у наружной поверхности стены, [12], таблица 6, δ [м] – толщина отдельного слоя; $\lambda \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ – коэффициент теплопроводности отдельного слоя, принимается по приложению 3 [12] по графе А или Б. Показателем графы служит карта зон влажности приложение 1 [12] и приложение 2 [12]. Контрольной величиной в расчет вводится требуемое термическое сопротивление:

$$R_o^{\text{тр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \eta}{\Delta t \alpha_{\text{в}}} \quad (2.3)$$

где $t_{\text{н}}$ [°C] – наружная температура воздуха, [8], таблица 1.

η – коэффициент на разность температур, [12], таблица 3
Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП):



$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{отп}}) Z_{\text{отп}} \quad [^\circ\text{C} \cdot \text{сут}] \quad (2.4)$$

где $t_{\text{отп}}$ – средняя температура отопительного периода, [8], по таблице 1.

$Z_{\text{отп}}$ – количество суток отопительного периода, [8], таблица 1.

2.1 Расчет коэффициента теплопередачи

наружной стены.

2.1.1 Требуемое термическое сопротивление

$$R_o^{\text{тр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \eta}{\Delta t_{\text{н}} \alpha_{\text{в}}} = \frac{(18 + 28) \cdot 1}{4.5 \cdot 8.7} = 1.17 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

2.1.2. Градусо-сутки отопительного периода:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{отп}}) Z = (18 + 3.1) \cdot 214 = 4514 \quad (^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$$

$R^{\text{тр}}$ определяется интерполяцией по значениям таблицы 1 [9] в зависимости от ГСОП

$$R_o^{\text{тр}} = 2.55 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

2.1.3 Толщина

утеплителя – пенопласта:

$$\delta_3 = \left(R_o^{\text{тр}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} - 2 \cdot \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) \cdot \lambda_3 =$$

гр. Б

$$\delta_3 = 20 \text{ мм} = 0.02 \text{ м}$$

$$\delta_1 = 250 \text{ мм} = 0.25 \text{ м}$$

$$t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C} \quad [3] \text{ таблица}$$

$$t_{\text{н}} = -28^\circ\text{C} \quad [8] \text{ таблица 1}$$

$$t_{\text{отп}} = -3.1^\circ\text{C} \quad [8] \text{ таблица 1}$$

$$Z = 214 \text{ сут} \quad [8] \text{ приложен 1}$$

$$\alpha_{\text{в}} = 8.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \quad [12] \text{ таблица 4}$$

$$\alpha_{\text{н}} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \quad [12] \text{ таблица 6}$$

$$\lambda_1 = 0.81 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \quad [12] \text{ приложен 3}$$

$$\lambda_2 = 0.064 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \quad [12] \text{ приложен 3}$$

$$\lambda_3 = 0.93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \quad [12] \text{ приложен 3}$$

$$\Delta t_{\text{н}} = 4.5^\circ\text{C} \quad [1] \text{ таблица 2}$$

$$\eta = 1$$

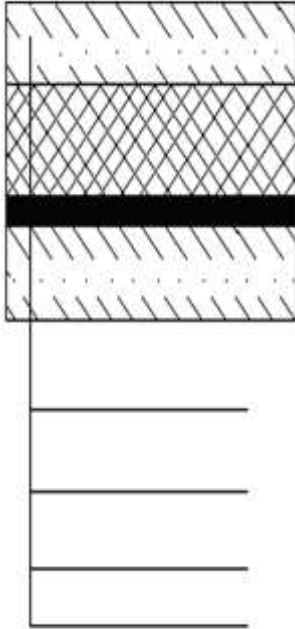
$$= (2.55 - 0.04 - 0.62 - 0.02 - 0.04) \cdot 0.064 = 0.125 \text{ м.}$$

Общая толщина стены: 645 мм

2.1.4 Коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{R_o^{mp}} = \frac{1}{2.55} = 0.39 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

2.2 Расчет коэффициента теплопередачи чердачного перекрытия.



Гр. Б

$$\delta_1 = 0.22 \text{ м.}$$

$$\delta_2 = 0.01 \text{ м.}$$

$$\delta_3 = ?$$

$$\delta_4 = 0.03 \text{ м.}$$

$$t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C} \text{ [3]}$$

$$t_{\text{н}} = -28^\circ\text{C} \text{ [8] таблица 1}$$

$$t_{\text{отп}} = -3.1^\circ\text{C} \text{ [8] таблица 1}$$

$$Z = 214 \text{ сут [8] таблица 1}$$

$$\alpha_{\theta} = 8.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \text{ [12] таблица 4}$$

$$\alpha_{\text{н}} = 12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \text{ [12] таблица 6}$$

$$\lambda_1 = 2.04 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

[12]

приложение 3

$$\lambda_2 = 0.17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \text{ [12] приложение 3}$$

$$\lambda_3 = 0.064 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \text{ [12] приложение 3}$$

$$\lambda_4 = 0.93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \text{ [12] приложение 3}$$

$$\Delta t_{\text{н}} = 4^\circ\text{C} \text{ [12] таблица 2}$$

2.2.1 Требуемое термическое сопротивление

$$R_o^{mp} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) n}{\Delta t_{\text{н}} \alpha_{\theta}} = \frac{(20 + 28) 0.9}{4 \cdot 8.7} = 1.65 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

2.2.2 Градусо-сутки отопительного периода

$$\text{ГСОП} = 4943^\circ\text{Cсут}$$

$$R_o^{np} = 4.12 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

2.2.3 Толщина пенопласта

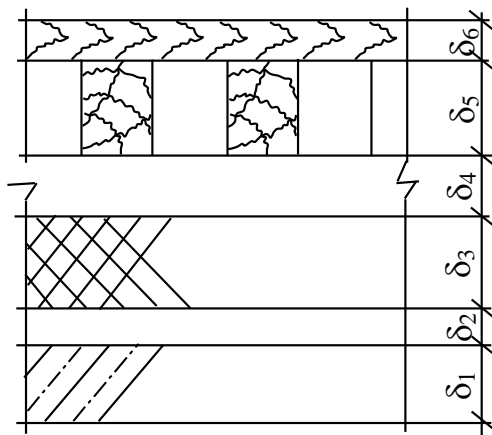
$$\delta_3 = \left(R_o^{np} - \frac{1}{\alpha_{\theta}} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) \cdot \lambda_3 =$$

$$= (4.12 - 0.12 - 0.11 - 0.06 - 0.01 - 0.03 - 0.08) \cdot 0.064 = 0.225 \text{ м}$$

2.2.4 Коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{R_o^{np}} = \frac{1}{4.12} = 0.24 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

2.3 Расчет коэффициента теплопередачи дощатого пола



1. – ж/б плита
2. – гидроизоляция рубероид
3. – утеплитель пенобетон
4. – стяжка бетон
5. – воздушная прослойка
6. – доски

2.3.1 Требуемое термическое сопротивление

$$R_o^{np} = \frac{(t_e - t_n)n}{\Delta t_n \alpha_e} = \frac{(20 + 28)0.75}{2.5 * 8.7} = 2.07 \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$$

2.3.2 Градусо-сутки отопительного сезона

ГСОП = 4943 °Cсут

0,015 м.

0,02 м.

0,01 м

0,022 м

0°C [3]

28°C [8] таблица 1

3,1°C [8] таблица 1

14 сут [8] таблица 1

$$\alpha_e = 8.7 \frac{Bm}{M^2 \cdot ^\circ C} \quad [12] \text{ таблица 4}$$

$$\alpha_n = 12 \frac{Bm}{M^2 \cdot ^\circ C} \quad \Delta t_n = 2.5^\circ C \quad [12] \text{ таблица 2}$$

$$91 \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \quad [12] \text{ приложение 3}$$

$$\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$$

$$R_o^{np} = 4.12 \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$$

2.3.3 Толщина пенопласта

$$\delta_4 = \left(R_o^{np} - \frac{1}{\alpha_e} - \frac{1}{\alpha_n} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{\delta_5}{\lambda_5} \right) * \lambda_4 =$$

$$= (4.12 - 0.12 - 0.11 - 0.06 - 0.02 - 0.05 - 0.8) * 0.064 = 0.225 \text{ м}$$

Толщина пола над подвалом: 550 мм

2.3.4 Коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{R_o^{np}} = \frac{1}{4.12} = 0.24 \frac{Bm}{M^2 \cdot ^\circ C}$$

2.4 Расчет коэффициентов дверей, окон, проемов.

Коэффициент теплопередачи окон:

$$K = \frac{1}{R_o^{mp}} \left[\frac{Bm}{M^2 \cdot ^\circ C} \right] \quad (2.5)$$

где R_o^{mp} [9] таблица 16

Коэффициент теплопередачи дверей:

$$K = \frac{1}{R_{\partial\partial}} + \Delta K \left[\frac{Bm}{M^2 \cdot ^\circ C} \right] \quad (2.6)$$

где ΔK – коэффициент добавок

$\Delta K = 0,2 H$ – для тройных с двумя тамбурами

$\Delta K = 0,27 H$ – для двойных дверей с тамбуром

$\Delta K = 0,34 H$ – для двойных дверей без тамбура

$\Delta K = 0,22 H$ – для одинарных дверей

H – высота здания

Пример: Рассчитать коэффициент теплопередачи наружной входной двойной двери с тамбуром в четырехэтажном жилом доме в городе Перми, если высота этажа 3 м.

Расчет коэффициента теплопередачи тройных окон в деревянных переплетах со спаренным остеклением.

$$t_b = 20 \text{ } ^\circ C \text{ [3]}$$

$$t_{оп} = -3,1 \text{ } ^\circ C \text{ [8] таблица 1}$$

$$Z = 214 \text{ сут [8] таблица 1}$$

$$H_{зд} = 23,2 \text{ м.}$$

2.4.1 Градусо-сутки отопительного периода:

$$ГСОП = (t_b - t_{оп})Z = (18 + 3,1) \cdot 214 = 4943 \text{ } ^\circ C \text{ сут}$$

$$R_o^{mp} = 0,4 \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$$

2.4.2 Коэффициент теплопередачи окон

$$K = \frac{1}{R_o^{mp}} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \frac{Bm}{M^2 \cdot ^\circ C}$$

Расчет коэффициента теплопередачи дверей двойных с тамбуром 1,4x2,0 м.

2.4.3 Коэффициент теплопередачи двери

$$K = \frac{1}{R_{\partial\partial}} + \Delta K$$

$$\Delta K = 0,27H = 0,27 \cdot 23,2 = 6,26$$

$$K = \frac{1}{0.4} + 6.26 = 8.76 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$$

3. Расчёт тепловой мощности системы отопления, теплопотерь и тепловыделений.

Общие теплопотери здания:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{осн}} (1 + \beta) + Q_{\text{инф}} \text{ [Вт]} \quad (3.1)$$

где $Q_{\text{осн}}$ – основные теплопотери, учитывающие только размеры помещения

$$Q_{\text{осн}} = kA (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) n \text{ [Вт]} \quad (3.2)$$

$k \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}$ – коэффициент теплопередачи ограждения

$A \text{ м}^2$ – площадь ограждений;

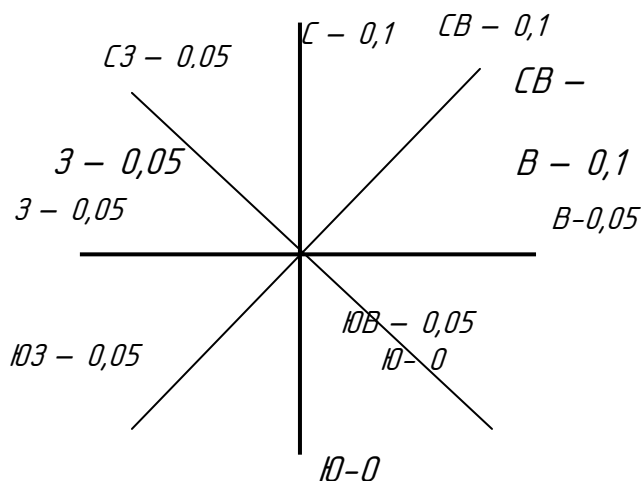
$t_{\text{в}} \text{ °C}$ – внутренняя расчетная температура;

$t_{\text{н}} \text{ °C}$ – наружная расчетная температура, принимается температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0.92 по таблице 1[8];

n – коэффициент учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, принимается по таблице 6 [9];

β – коэффициент добавок в долях.

Различают следующие добавки:



1. На ориентацию см рис. 3.1

2. На угловое помещение = 0,05

3. На ветер 0,05 если v ветра в пункте до 6 м/с и 0,1 если $v > 6$ м/с

Рис.3.1 Добавки в долях на ориентацию ограждающих конструкций относительно сторон света

$Q_{\text{инф}}$ – количество тепла на прогрев воздуха через окна и двери

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 C_{\text{в}} G_{\text{инф}} l_{\text{проем}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) K_{\text{инф}} \text{ [Вт]} \quad (3.3)$$

где $C_{\text{в}} \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг}^2\text{°C}} \right]$ – удельная массовая теплоемкость воздуха $C_{\text{в}} = 1,07$

$G_{\text{инф}}$ – количество воздуха инфильтрованного в единицу времени через 1 м^2 ширины проема

$G_{\text{инф}} = 8,75 \text{ кг/час}$ – для окон

$G_{\text{инф}} = 35 \text{ кг/час}$ – для дверей.

$K_{\text{инф}}$ – коэффициент инфильтрации = 0,7-0.9

Результаты расчетов сведены в таблицу 3.1.

3.1 Таблица расчёта теплопотерь

№ пом	Назн тв С	Ограждение							Q _{ос} Вт
		назв	ориен	разм	Площ М	К Вт/м	t _в -t _н	n	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Q _{инф} Вт	Добавки в долях				Q _{об} Вт	ΣQ _{об} Вт
	ветер	ориен	угл	1+β		
11	12	13	14	15	16	17

4.1 Проверка правильности расчета теплопотерь.

Общие потери здания:

$$Q_{об} = q_0 V_H (t_B - t_H) \quad (4.1.1)$$

Для проверки расчета теплопотерь пользуются понятием удельной тепловой характеристики:

$$q_0 = \frac{Q_{общ}}{V_H (t_B - t_H)}, \left[\frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C} \right] \quad (4.1.2)$$

где V_н - объем по наружному обмеру здания, м

Расчетную удельную характеристику сравнивают с табличными значениями $q_k^{теп}$ [9], таблица 8 и 9. При сравнении $\pm(q_0^{расч} - q_0^{табл}) \leq 0,02$

Таблица 4.1 Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление

$q_k^{теп}$ жилых домов многоквартирных отдельно стоящих и блокированных, кДж/(м²·°C·сут)

Отапливаемая площадь домов, м ²	С числом этажей			
	1	2	3	4
60 и менее	140	—	—	—
100	125	135	—	—
150	110	120	130	—
250	100	105	110	115
400	—	90	95	100
600	—	80	85	90
1000 и более	—	70	75	80

Примечание — При промежуточных значениях отапливаемой площади дома в интервале 60—1000 м² значения $q_k^{теп}$ должны определяться по линейной интерполяции.

Таблица 4.2 Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление

зданий $q_k^{теп}$, кДж/(м²·°C·сут) или [кДж/(м³·°C·сут)]

Типы зданий	Этажность зданий					
	1-3	4, 5	6,7	8,9	10,11	12 и выше
1 Жилые, гостиницы, общежития	По таблице 8	85[31] для 4-этажных многоквартирных и	80[29]	76[27,5]	72[26]	70[25]

		блокированных домов — по таблице 8				
2 Общие, кроме перечисленных в поз. 3, 4 и 5 таблицы	[42]; [38]; [36] соответственно нарастанию этажности	[32]	[31]	[29,5]	[28]	—
3 Поликлиники и лечебные учреждения, дома- интернаты	[34]; [33]; [32] соответственно нарастанию этажности	[31]	[30]	[29]	[28]	—
4 Дошкольные учреждения	[45]	—	—	—	—	—
5 Сервисного обслуживания	[23]; [22]; [21] соответственно нарастанию этажности	[20]	[20]	—	—	—
6 Административног о назначения (офисы)	[36]; [34]; [33] соответственно нарастанию этажности	[27]	[24]	[22]	[20]	[20]
Примечание — Для регионов, имеющих значение $D_d = 8000 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$ и более, нормируемые $q_{\text{н}}^{\text{н}} \text{ Вт/м}^2$ следует снизить на 5 %.						

5. Выбор и обоснование системы отопления

При проектировании систем отопления зданий необходимо принимать решения, обеспечивающие равномерное нагревание воздуха помещений, гидравлическую и тепловую устойчивость системы, её взрывопожарную безопасность и доступность для очистки и ремонта.

В разделе необходимо обосновать выбор системы отопления по вопросам:

- достоинства и недостатки систем однотрубных и двухтрубных;
- кольцевых и тупиковых;
- с верхней и нижней разводкой;
- по каким соображениям выбраны стояки П-образные и *m*-образные;
- со смещённым замыкающим участком;
- с осевым замыкающим участком;
- регулируемые и нерегулируемые.

В этом же разделе дать расчётную схему системы отопления, указать уклоны подающей и обратной магистрали, способы воздухоудаления и опорожнения системы отопления.

Обосновать применение принятых нагревательных приборов.

При расчётном расходе теплоты зданием 50 кВт и более систему отопления следует проектировать с автоматическим регулированием теплового потока.

6. Выбор и расчёт нагревательных приборов системы отопления.

Расчет сводится к определению числа чугунных радиаторов и определению марки и числа других приборов.

Min число секций чугунных радиаторов:

$$N_{\min} = \frac{Q_{\text{нт}} \beta_1}{Q_{\text{н}} \beta_2} [\text{сек}] \quad (6.1)$$

где $Q_{\text{нт}}$ — номинальный тепловой поток для подбора прибора [Вт]

$$Q_{нт} = \frac{Q_{пр}}{\Psi_k} \quad (6.2)$$

$Q_{пр}$ – теплоотдача прибора без учета теплоотдачи стояков и подводов [Вт]

$$Q_{пр} = Q_{расч} - 0,8Q_{тр} \quad (6.3)$$

$Q_{расч}$ – расчетная тепловая нагрузка на прибор – берется из расчета теплопотерь

$Q_{тр}$ – теплоотдача открыто-проложенных стояков и подводов отдающих тепло воздуху помещения

$Q_{тр}$ – 100Вт если \varnothing стояка 15 мм.

$Q_{тр}$ – 150Вт если \varnothing стояка 20 мм.

$Q_{тр}$ – 200Вт если \varnothing стояка 25 мм.

При нагрузках на стояк 300 Вт и менее $Q_{тр}$ не учитывается. Для верхних узлов с нижней разводкой $Q_{тр}$ принимается на половину меньше.

$Q_{ну}$ – номинальный условный тепловой поток – тепловой поток через 1 секцию нагревательного прибора, принимается по приложению 3 таблица 3.9

$\Delta t_{пр}$ – перепад между средней температурой в приборе и воздухом

$$\Delta t_{пр} = \frac{t_{зоп} + t_{отр}}{2} - t_{воз} \quad (6.4)$$

$G_{ст}$ – расход воды через стояк

$$G_{ст} = \frac{0,86 \cdot Q_{см}}{t_{зоп} - t_o} [кг/час] \quad (6.5)$$

Ψ_k – комплексный коэффициент приводящий систему в реальные условия

$$\Psi_k = \left(\frac{\Delta t_{ср}}{70} \right)^{1-n} \cdot \left(\frac{G_{пр}}{360} \right)^p \cdot B \Psi \zeta \quad (6.6)$$

где n, p, c – из приложения 3, таблица 3.8

B – коэффициент учёта расчётного атмосферного давления, для отопительных приборов приложение 3 таблица 3.9

Ψ – коэффициент зависящий от направления движения воды, при направлении воды снизу вверх [2], таблица 9.11, если сверху вниз:

$$\Psi = 1 - a(t_{вх} - t_{вых}) \quad (6.7)$$

где a – коэффициент затекания воды в приборных узлах с радиаторами чугунными секционными, принимается по приложению 3 таблица 3.6

$t_{вх}$ – температура входа воды в каждый прибор

$$t_{вх} = t_{зоп} - \frac{\sum Q_{i_{пред}} \cdot 0,86}{G_{ст}} \quad (6.8)$$

$\sum Q_{i_{пред}}$ – сумма нагрузок приборов предыдущих расчетному

β_1 – коэффициент учитывающий число секций, приложение 3 таблица 3.4

β_2 – коэффициент на установку прибора приложение 3 таблица 3.5

Результаты расчетов сведены в таблицу 6.1

Таблица 6.1 Расчёт нагревательных приборов.

№ ст	№ пр	Qра с	Gс т	Gпр	tvx	tvых	tv	Δtср	n	p	c	B	Ψ	a
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Ψк	0,7•Qтр	Qпр	Qнт	Qну	β ₁	β ₂	N _m
16	17	18	19	20	21	22	23

7. Гидравлический расчет.

Задача гидравлического расчета - определение диаметров магистрали, стояков, подводов при расходе теплоносителя в них, обеспечивающем требуемую теплоотдачу нагревательных приборов.

Существует 3 метода расчета:

1. Метод динамических давлений.
2. Метод удельных потерь давления.
3. Метод характеристик сопротивления.

Метод динамических давлений.

Расчет ведется по формуле:

$$H_{\text{расп}} > H_{\text{сист}} ; \text{Па.} \quad (7.1)$$

где $H_{\text{расп}}$ - располагаемое давление, условно заданное на вводе
потеря напора из расчета экономических диаметров и скоростей

$H_{\text{расп}} = 6000 - 7000$ Па для систем небольшой этажности и протяженности.

$H_{\text{расп}} = 8000 - 13000$ Па для систем средней этажности и протяженности.

$H_{\text{расп}}$ более 13000 Па для систем высотных зданий и большой протяженности.

$H_{\text{сист}}$ - сопротивление системы отопления.

$$H_{\text{сист}} = \sum \zeta_{\text{пр}} \cdot R_{\text{дин}} \cdot \text{Па.} \quad (7.2)$$

где $\sum \zeta_{\text{пр}}$ - приведенный коэффициент сопротивлений.

$$\sum \zeta_{\text{пр}} = \lambda \cdot L/d + \sum \zeta_{\text{ту}} + \sum \zeta_{\text{м}} \quad (7.3)$$

где $\lambda \cdot L/d$ - приведенный коэффициент трения. Приложение 3 таблица 3.1.

$L_{\text{м}}$ - длина участка в метрах.

$\sum \zeta_{\text{ту}}$ - сумма приведенных сопротивлений местных типовых узлов. Приложение 3 таблица 3.2. для чугунных радиаторов

$\sum \zeta_{\text{м}}$ - сумма местных сопротивлений, приложение 3 таблица 3.3

$R_{\text{дин}}$ - динамический или скоростной напор, определяется по приложению 2 с учётом оптимальных диаметров и расхода потока.

Порядок расчета:

1. Вычерчивается схема.
2. Расставляются нагрузки.
3. Выбирается главная расчетная ветка (по самому нагруженному и удаленному стояку в однострунных системах; по самому удаленному и нагруженному прибору первого этажа в двухтрубной системе.)
4. Нумеруются участки (номер участка меняется с изменением расхода), определяется длина участка.
5. Результаты расчета сводятся в таблицу 7.1.
6. Ведется увязка. Увязка заключается в равенстве сопротивлений в точках схода или в равенстве сопротивлений любого расчетного кольца..

Для ориентации расчета

$\varnothing_{\text{ст}} = 15$ мм, если $Q_{\text{ст}} \sim 6000$ Вт

$\varnothing_{\text{ст}} = 20$ мм, если $Q_{\text{ст}} \sim 6000 - 13000$ Вт

$\varnothing_{\text{ст}} = 25$ мм, если $Q_{\text{ст}} \sim 13000$ Вт

Для лучшей увязки в тупиковых системах расчёт ведётся при следующих значениях динамического давления.

$R_{\text{дин}} = 30 - 120$ Па на стояках главной расчетной ветки.

$R_{\text{дин.}} = 10 - 40$ Па на магистрали главной расчетной ветки.

В одноконтурных системах весь стояк считается одним расчетным участком. Неувязка должна быть до 15%.

В кольцевых системах динамическое давление желательно придеривать от 50 до 120 Па во всех точках системы с целью уменьшения диаметра трубопровода.

7.1 Таблица гидравлического расчёта системы отопления.

Nуч	Q уч	Δt	Gуч	d мм	L м	λ/d	$\lambda \cdot l/d$	$\zeta_{\text{ту}}$	$\Sigma \zeta_{\text{м}}$	$\zeta_{\text{пр}}$	Rдин	Nсис т	$\Sigma N_{\text{сис}}$ т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

8. Расчёт основного и вспомогательного оборудования теплового пункта.

Схемы присоединения отопительных систем делятся на зависимые и независимые. Наибольшее применение в настоящее время имеют зависимые схемы как более простые. При этих схемах система отопления гидравлически связана с тепловой сетью и работает под давлением, близким к давлению, в обратном трубопроводе внешней тепловой сети. Циркуляция воды в системе обеспечивается за счёт разности давлений в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети. Разность давлений должна быть достаточной для преодоления потерь давления в системе отопления и в узле присоединения (тепловом пункте)

подавляющее большинство коммунальных зданий в настоящее время присоединено и продолжает присоединяться по зависимой схеме со смешением с помощью водоструйного элеватора.

8.1 Расчёт элеватора.

Для элеватора основной расчётной характеристикой является коэффициент смешения u

$$u = 1,15(T_1 - t_{\text{см}})/(t_{\text{см}} - t_{\text{обр}}) \quad (8.1)$$

где T_1 – температура горячей воды в теплосети

$t_{\text{см}}$ – температура горячей воды в местной системе

$t_{\text{обр}}$ – температура обратной воды в местной системе

8.2 Расход воды в местной системе

$$G_{\text{сист}} = 0,86 \times 10^{-3} Q_{\text{эд}}/(t_{\text{см}} - t_{\text{обр}}) \quad (\text{кг/час}) \quad (8.2)$$

8.3 Приведенный расход воды в системе

$$G_{\text{прив}} = G_{\text{сист}} / \sqrt{H_{\text{сист}} / 10^4} \quad (\text{кг/час}) \quad (8.3)$$

где $H_{\text{сист}}$ Па – сопротивление системы отопления (принимается из гидравлического расчёта)

$$H_{\text{сист}} = 1,2 H_{\text{расч}}$$

Далее по номограмме для подбора элеваторов определяется номер элеватора ($N_{\text{эл}}$), диаметр горловины ($D_{\text{горл}}$), диаметр сопла ($D_{\text{с}}$)

Так же элеватор можно подобрать, если определить диаметр горловины по формуле 8.4

$$D_{\text{г}} = 0,874 \times (G_{\text{пр}})^{1/2} \quad (8.4)$$

где $G_{\text{пр}}$ – приведённый расход воды с учётом расчётной потери напора в отопительной системе.

По вычисленному диаметру горловины подбирают соответствующий серийный элеватор по таблице 8.1

Таблица 8.1 Подбор элеватора.

Номер элеватора	1	2	3	4	5	6	7
$D_{\text{горл}}$, мм	18	<23	<28	<33	<43	<55	<65
$D_{\text{фак горл}}$, мм	15	20	25	30	35	47	59
№ элеватора	1	2	3	4	5	6	7

Минимальный диаметр сопла D_c во избежание засорения принимают равным 4 мм.

Необходимое давление сетевой воды перед элеватором, кПа, определяют по формуле

$$P_c = 14(1+u)^2 \Delta H \quad (8.5)$$

Где ΔH - расчётная потеря напора в отопительной системе

Грязевики или фильтры в водяных тепловых сетях предусматриваются на трубопроводах перед элеватором (насосом), на подающем трубопроводе при вводе в тепловой пункт, на обратном трубопроводе в тепловых пунктах перед регулирующими устройствами, водомерами и т.п.

Скорость воды в поперечном сечении грязевика не должна превышать 0.05 м/с . Учитывая это, диаметр грязевика должен быть не менее

$$D_H = \sqrt{4V_{\text{гд}}/(3600\pi 0,05)} \text{ , м} \quad (8.6)$$

Где $V_{\text{гд}}$ – объём теплоносителя, проходящий через грязевик в час:

$$V_{\text{гд}} = \frac{0,86Q_{\text{гд}}}{(\tau_1 - \tau_2)1000}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (8.7)$$

Грязевик подбирается по табл. 8.2 в зависимости от расчётного D_H .

Таблица 8.2 Грязевик абонентский для тепловых пунктов ТС-569.00.000

$P_y=1,6 \text{ и } 1,0 \text{ МПа}$			D_{H1}	D_y	D_{H2}	D_H	L
Исполнение	H, мм	Масса, кг	мм	мм	мм	мм	мм
-08	360	16,3	45	40	57	159	345
-09	360	19,4	57	50	76	159	365
-10	410	29,4	76	70	89	219	425
-11	490	33,5	89	80	108	219	425
-12	525	62,2	108	100	133	325	525
-13	690	70,4	133	125	159	325	525
-14	875	118,0	159	150	219	426	650
-15	1105	266,7	219	200	273	530	850

На подающем теплопроводе, кроме запорной арматуры имеется регулятор расхода (РР) для стабилизации расхода воды при неравномерном отборе её через ответвления, а также обратный клапан. Если применяется автоматизированный водоструйный элеватор, то вместо РР предусматривается регулятор температуры для получения заданной температуры воды, поступающий в систему отопления. Таким образом, обеспечивается местное качественное регулирование системы отопления.

На обратном теплопроводе дополнительно устанавливают регулятор давления (РД) с целью поддержания необходимого давления «до себя», то есть в местной системе , для заполнения её водой.

Обратный клапан и регулятор давления предотвращают вытекание воды из системы отопления при аварии в наружных теплопроводах.

Манометры, расположенные попарно на одном и том же уровне, позволяют судить не только о давлении в каждом теплопроводе, но и о разности давления, определяющей интенсивность движения теплоносителя.

С помощью трёх (четырёх) установленных термометров может быть проверен тепловой режим пункта и системы отопления.

Водомер является прибором, позволяющим проводить точное распределение теплоносителя по тепловым пунктам, ежедневные (или еженедельные) записи водомера позволяют проверить точность проведения наладки.

Задвижки служат для отключения теплового пункта и системы отопления; закрытые вместе четыре задвижки позволяют проводить ремонтные работы на узле (например смену водомера, прочистку грязевиков- фильтров или замену сопла в элеваторе).

Для удобства эксплуатации каждому оборудованию присваивается сокращённое обозначение и порядковый номер, например, задвижка 3-1 и т.д. Эти обозначения наносятся на бирку яркой несмываемой краской. Бирка закрепляется на соответствующем оборудовании.

9. Спецификация оборудования и материалов.

9.1 Спецификацию оборудования, изделий и материалов (далее - Спецификация) выполняют по ГОСТ 21.110 с учетом требований настоящего стандарта.

9.2 При наличии пристроенной к производственному зданию (сооружению) части или пристройки, в которых размещаются вспомогательные помещения, спецификацию выполняют по частям:

- производственная часть;
- вспомогательная часть.

Если жилое здание имеет пристройку или встройку, в которой размещаются предприятия общественного обслуживания, то Спецификацию также составляют по частям:

- жилая часть;
- вспомогательная часть.

Наименование каждой части записывают в виде заголовка в графе 2 и подчеркивают.

9.3 Элементы систем (оборудование, изделия) и материалы в разделах Спецификации записывают по группам в следующей последовательности:

в разделах "Отопление" и "Теплоснабжение установок систем":

- отопительное оборудование;
- трубопроводная арматура;
- другие элементы систем;
- закладные конструкции (отборные устройства для установки контрольно-измерительных приборов);
- трубопроводы;
- конструкции теплоизоляционные;
- материалы.

Трубопроводы в разделах Спецификации записывают по каждому диаметру. Элементы трубопровода (отводы, переходы, тройники, крестовины, фланцы, болты, гайки, шайбы, прокладки) в Спецификацию не включают;

Элементы систем (оборудование, изделия) и материалы в пределах указанных групп размещают в порядке возрастания их основных параметров (например, типа, марки, диаметра, сечения).

В графе 2 "Наименование и техническая характеристика" Спецификации перед наименованием оборудования, изделий и материалов указывают их порядковый номер записи в Спецификацию в пределах раздела. При этом графу 1 "Позиция" не заполняют.

Пример составления спецификации оборудования, изделий и материалов приведен в приложении Ж.

9.4 В Спецификации принимают следующие единицы измерений:

- оборудование (установки), арматура, воздухораспределители, заслонки, местные отсосы (укрытия), опоры (крепления) трубопроводов и воздухопроводов, закладные конструкции (отборные устройства для установки контрольно-измерительных приборов) и другие элементы систем - шт.;
- радиаторы - секций/кВт (шт/кВт);
- конвекторы, трубы ребристые, регистры из гладких труб - шт/кВт;
- трубопроводы и воздухопроводы - м;
- материалы изоляционные - м³;
- материалы покрытий и защиты - м²;
- другие материалы - кг.

3. Список использованной литературы

1. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети. Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2008 -480 с.
2. Внутренние санитарно-технические устройства. – В 3-х ч. Ч.1. Отопление / Под ред. И.Г.Старовойтова.- 4-е изд., перераб. И доп. –М.: Стройиздат, 1990.
3. ГОСТ 21.602-2003 Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования. –М.: Госстрой России, 2003.
4. ГОСТ 8690-97 Радиаторы отопительные чугунные. Технические условия»
5. Свистунов В.М., Пушняков Н.К. Отопление, вентиляция и кондиционирование объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства: Учебник для вузов. – СПб.: Политехника, 2001.- 423 с.: ил.
6. Сканапи А.Н. Конструирование и расчёт систем водяного и воздушного отопления зданий. – М.: Стройиздат, 1983.
7. Сибикин Ю.Д. Отопление, вентиляция и Кондиционирование воздуха: учебное пособие для студентов. – 4-е изд., стер.- М.: Издательский центр «Академия», 2007. -304 с.
8. СНиП 23-01-99 Строительная климатология.–М.: Госстрой России.2003.
9. СНиП23-02-2003 Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России. 2003.
10. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: ЦИТП, 2003
11. СНиП 3.05.01-85. Внутренние санитарно – технические системы. – М.: Госстрой России, 2000.
12. СНиП II-3-79 Строительная теплотехника.
13. Тихомиров Н.В., Сергеенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. Учеб. для вузов. – 5-е изд., репринтное.-М.:ООО «БАСТЕТ», 2009. - 480 с.
14. Тиатор И. Отопительные системы.- М.: Техносфера., 2006.- 272 с.
15. Юркевич А.А. Отопление гражданского здания.- 2-е изд., переработ. и доп.- Ижевск: Издательство ИжГТУ, 2005 – 68 с.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

4.1. РАСЧЁТНО- ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Листы пояснительной записки должны быть оформлены согласно требованиям ГОСТ 21.101-93: (Расположение рамок и штампов основных надписей). На листе «Содержание» пояснительной записки располагается штамп по форме 5 (размер 40х185), а на остальных листах штамп по форме 6 (размер 15х185) (Рис. 1).

Нумерация страниц документа начинается с титульного листа. Номер страницы проставляется в угловом штампе.

Текст пояснительной записки пишется на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210×297 мм) чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью. Печатный текст набирается через полтора интервала. Цвет шрифта – черный, гарнитура – «Times New Roman», кегль – 14 или «ГОСТ type B», кегль – 16. Размеры полей: правое — 10 мм, верхнее — 20 мм, левое - 25 и нижнее — 30 мм.

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире. При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.

Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки в отчете. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица» и номер ее указывают один раз справа над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы, например: «Продолжение таблицы 1». При переносе таблицы на другой лист (страницу) заголовок помещают только над ее первой частью.

Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы. Если строки и графы таблицы выходят за формат страницы, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется головка, во втором случае — боковик.

Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее — кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В. 1», если она приведена в приложении В.

Оформление таблиц в пояснительной записке должно соответствовать ГОСТ 1.5 и ГОСТ 2.105.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример - Плотность каждого образца ρ , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг; V – объем образца, м³.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

11.2 ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

На листах чертежей вычерчивается угловой штамп по форме 3 ГОСТ 21.101-93:

Technical drawing of a rectangular plate with dimensions and a table of material properties.

Dimensions:

- Overall width: 185
- Overall height: 85
- Plate width: 120
- Plate height: 70
- Top flange width: 10, 10, 10, 10, 15, 10
- Bottom flange width: 10, 11, 12, 13
- Top flange thickness: 5
- Bottom flange thickness: 5

Table of Material Properties:

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(20)	(21)	(22)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
(10)	(11)	(12)
(13)	(14)	(15)
(16)	(17)	(18)
(19)	(20)	(21)

Table of Material Properties (continued):

Мат. № подл.	Плотн. и дата	Мат. №
--------------	---------------	--------

в

Рисунок 1 – Формы основной надписи и дополнительных граф к ней строительной документации: а – форма 3 (листы основного комплекта рабочих чертежей); б - форма 5 (текстовые документы, первый лист); в – форма 6 (чертежи строительных изделий и текстовых документов, последующие листы)

В графах основной надписи и дополнительных графах к ней (номера граф на формах, рисунок 1 показаны в скобках) указывают:

- в графе 1 – обозначение документа, заполняемое в виде шифра КП–XXX–XX–XXX–ОВ (первая буквенно-цифровая группа – сокращенное обозначение учебной группы, например, УЗТ-65 , вторая группа – номер личного дела студента, для студентов НОУ ВПО «КИГИТ» совпадающий с номером студенческого билета, для пояснительной записки в конце шифра пишется ПЗ);
- в графе 2 – наименование предприятия (в т.ч. учреждения и предприятия обслуживания), в состав которого входит здание (сооружение), или наименование микрорайона (назначение здания и район строительства);
- в графе 3 – наименование проектируемой системы (Отопление);
- в графе 4 – наименование изображений, помещенных на данном листе, в точном соответствии с наименованиями изображений на чертеже (наименования спецификаций и других таблиц, а также текстовых указаний, технические требования и т.п. относящихся к изображениям, в графе не указывают);
- в графе 5 – наименование изделия и/или наименование документа;
- в графе 6 – условное обозначение стадии («Рабочая документация» – «Р», «Учебный проект» - «У»);
- в графе 7 – порядковый номер листа (страницы текстового документа при двусторонней печати), на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют;
- в графе 8 – общее число листов документа (графу заполняют только на первом листе, на первом листе текстового документа при двусторонней печати указывают общее число страниц);
- в графе 9 – наименование или различительный индекс организации, разработавшей документ (допускается указывать в виде аббревиатуры: НОУ ВПО «КИГИТ»);
- в графе 10 – характер работы (разработал, проверил, нормоконтроль, утвердил),

- в графах 11-13 – фамилии и подписи лиц, указанных в графе 10, и дату подписания (если необходимо согласование документа, то подписи должностных лиц, согласовывающих документ, размещают на поле для подшивки листа);
- графах 14-19 – графы таблицы изменений, которые заполняют в соответствии с п. 5.5.19 ГОСТ 21.101-93;
- графы 20-22 заполняется при передаче дипломного проекта в архив (графа 20 – инвентарный номер подлинника, графа 21 – подпись лица, принявшего подлинник на хранение и дата приемки, графа 22 – инвентарный номер подлинника документа, взамен которого выпущена копия);
- графы 23-24 заполняются только на чертежах детализовки (графа 23 – обозначение материала детали, графа 24 – масса изделия, изображенного на чертеже, в килограммах без указания единицы измерения; допускается указывать массу в других единицах измерения с указанием их, например, «2,4 т»;
- в графе 25 – масштаб (проставляют в соответствии с ГОСТ 2.302);

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример оформления титульного листа пояснительной записки.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Чувашский государственный университет имени И.Н.Ульянова»

Факультет строительный

Кафедра теплотехники и гидравлики

**ОТОПЛЕНИЕ ЖИЛОГО ДОМА НА 8 КВАРТИР
В ГОРОДЕ КАЗАНИ**

Расчётно-пояснительная записка
к курсовому проекту

ВЫПОЛНИЛ
студент гр. ЗС-21- 15

А.В.Катаев

РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА
ст. преподаватель
Т.Г.Побережная

Чебоксары, 2018

Приложение 2 Таблица динамических давлений

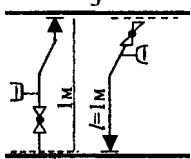
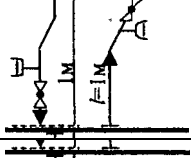
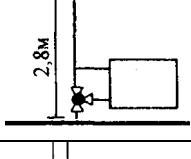
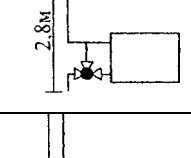
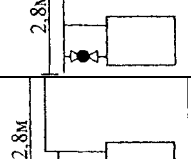
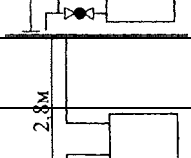
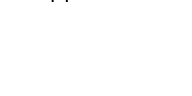
<i>Расход воды, кг/ч, в трубах</i>										<i>v, м/с</i>	<i>P_д, Па</i>
<i>15</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>32</i>	<i>40</i>	<i>50</i>	<i>65</i>	<i>70</i>	<i>80</i>	<i>100</i>		
75	135	220	382	510	855	1405	1485	2070	3100	0,11	6
80	141	230	398	538	893	1470	1503	2160	3220	0,115	6,6
85	148	240	424	555	930	1535	1620	2255	3320	0,12	7,2
87	155	252	444	580	966	1597	1690	2340	3480	0,125	7,8
90	163	263	464	605	1005	1060	1760	2444	3655	0,13	8,5
93	169	272	477	627	1046	1730	1822	2539	3755	0,135	9,1
95	175	287	490	650	1086	1800	1892	2633	3850	0,14	9,8
100	181	292	512	673	1123	1855	1957	2718	4020	0,145	10,5
105	187	303	534	690	1160	1920	2030	2780	4185	0,15	11,2
108	194	312	550	721	1202	2980	2100	2895	4350	0,155	11,9
110	201	320	566	745	1244	2060	2167	3010	4499	0,16	12,8
115	206	330	583	760	1282	2115	2289	3074	4645	0,165	13,6
120	212	344	600	775	1320	2170	2305	3137	4770	0,17	14,4
123	218	352	615	805	1358	2235	2372	3260	4920	0,175	15,3
125	225	360	630	835	1395	2300	2440	3385	5050	0,18	16,2
128	231	370	652	859	1435	2365	2507	3482	5200	0,185	17,1
130	239	379	657	892	1475	2430	2575	3570	5350	0,19	18
135	242	390	692	908	1512	2470	2642	3655	5500	0,195	19
140	247	402	710	935	1550	2550	2707	3760	5600	0,2	20
145	254	414	726	955	1587	2625	2774	3852	5700	0,205	21
150	262	425	742	975	1625	2695	2842	3945	5800	0,21	22
153	268	433	756	997	1665	2797	2910	4040	5900	0,215	23,1
155	275	442	770	1020	1708	2800	2975	4140	6080	0,22	24,2
157	283	454	791	1045	1748	2867	3040	4235	6250	0,225	25,3
160	286	465	812	1070	1787	2935	3115	4385	6360	0,23	26,4
163	293	474	834	1087	1827	3000	3180	4415	6480	0,235	27,6
165	300	493	856	1104	1862	3065	3245	4510	6600	0,24	28,7
168	305	497	871	1136	1906	3127	3315	4597	6800	0,245	30
170	311	505	886	1163	1960	3180	3385	4685	7000	0,25	31,2
173	321	517	910	1217	2003	3267	3470	4795	7150	0,255	32,5
175	326	530	925	1230	2035	3350	3520	4870	7340	0,26	33,7
180	330	532	940	1252	2065	3395	3565	4940	7450	0,265	35
185	334	540	955	1275	2090	3465	3660	5115	7560	0,27	36,3
187	341	562	968	1300	2120	3525	3730	5215	7670	0,275	37,7
190	349	580	980	1325	2150	3599	3800	5350	7785	0,28	39,1
195	355	585	990	1345	2198	3648	3850	5410	7180	0,285	40,5
200	361	590	1000	1365	2245	3704	3900	5504	8303	0,29	41,9
205	367	605	1053	1387	2295	3763	4065	5600	8430	0,295	43,4
210	374	620	1065	1410	2345	3820	4130	5700	8550	0,3	44,9
212	380	625	1086	1438	2395	3910	4210	5810	8595	0,305	46,4
215	386	630	1108	1465	2446	4006	4290	5920	8800	0,31	47,9
218	393	638	1130	1493	2496	4100	4370	5977	9000	0,315	49,5
220	400	645	1152	1520	2547	4192	4448	6149	9150	0,32	51,1
224	408	658	1167	1547	2587	4272	4578	6294	9220	0,325	52,8
228	415	670	1188	1570	2626	4328	4657	6334	9290	0,33	54,3
232	420	680	1206	1597	2666	4398	4726	6436	9350	0,335	56
235	425	690	1224	1615	2706	4464	4796	6528	9510	0,34	57,6

15	20	25	32	40	50	65	70	80	100	v, м/с	$P\partial$, Па
238	30	695	1242	1640	2746	4530	4865	6628	9685	0,345	59,3
42	435	700	1260	1662	2782	4590	4920	6720	9830	0,35	61,1
246	440	710	1278	1687	2825	4653	4960	6820	10050	0,355	62,8
250	445	720	1296	1710	2865	4713	5000	6910	10300	0,36	64,6
254	450	730	1316	1735	2905	4780	5074	7012	10420	0,365	66,4
258	460	740	1332	1758	2950	4850	5145	7104	10590	0,37	68,2
262	468	750	1350	1788	2985	4965	5215	7204	10710	0,375	70,1
265	475	760	1368	1805	3024	4978	5262	7298	10868	0,38	72
270	480	770	1386	1827	3064	5036	5352	7388	11088	0,385	74
275	485	760	1404	1852	3104	5100	5421	7480	11270	0,39	75,9
280	500	785	1440	1900	3184	5240	5560	7880	11440	0,395	79,8
290	525	840	1512	1995	3349	5502	5838	8064	12000	0,4	87,9
300	550	895	1584	2090	3502	5784	6116	8498	12580	0,42	97,5
310	580	930	1656	2185	3660	6026	6394	8832	13150	0,44	105,8
330	600	975	1788	2280	820	6288	6672	9216	13730	0,46	114,8
340	630	1030	1820	2375	3980	6550	6950	9600	14300	0,48	124,8
374	682	1124	1936	2600	4240	7058	7460	10430	15340	0,5	150
420	748	1240	2130	2820	4690	7640	8260	11400	17100	0,55	180
448	816	1316	2334	3094	5174	8544	9156	12600	18440	0,6	210
484	870	1400	2520	3324	5570	9180	9960	13440	19660	0,65	245
524	940	1500	2700	3600	6000	10000	10430	14400	21420	0,7	280

Таблица 3.1 Динамические характеристики труб насосных систем водяного отопления

ГОСТ	Диаметр трубы, мм		Удельное динамическое давление $A \cdot 10^4$ $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$	Приведенный коэффициент гидравлического трения (среднее значение) $\lambda/d_B, 1/\text{м}$	Расход воды при скорости 1 м/с, G/w (кг/ч)/(м/с)	Удельная характеристика сопротивления $S_{уд} \cdot 10^4$ $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$
3262-75* (обыкновенные)	10	2,6	26,50	3,60	425	95,40
	15	5,7	10,60	2,70	690	28,62
	20	1,2	3,19	1,80	1250	5,74
	5	7,1	1,23	1,40	2000	1,72
	32	5,9	0,39	1,00	3500	0,39
	40	1	0,23	0,80	4650	0,18
	50	3	0,082	0,55	7800	0,045
10704-76*	50	9	0,113	0,60	6600	0,068
	65	0	0,0269	0,40	13400	0,0108
	80	2	0,0142	0,30	18400	0,0043
	100	00	0,00642	0,23	27600	0,00148
	125	25	0,00265	0,18	43000	0,00048
	150	49	0,00135	0,15	61000	0,00020

Таблица 3.2 Характеристика сопротивления трубных узлов стояков однотрубной системы отопления.

№ узла	Наименование узла	Эскиз узла	Диаметр трубы D_v , мм			Значения $\zeta_{пр}$	Значения $S_{уд} \cdot 10^4$ ($\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Присоединение к подающей магистрали		15	-	-	25,09/12,55	266/133
			20	-	-	17,87/9,40	57/30
			25	-	-	16,26/8,94	20/11
2	Присоединение к обратной магистрали		15	-	-	21,60/9,06	229/96
			20	-	-	14,42/5,96	46/19
			25	-	-	13,01/5,45	16/6,7
3	Этажестояк осевым замыкающим участком (з.у.) и КРТ		15	5	15	8,36/8,77	89/93
			20	0	0	5,88/6,26	19/20
			25	20	20	4,96/5,29	9/11
4	Этажестояк со смещением з.у. и КРТ		15	15	15	12,15/12,63	129/134
			20	20	0	10,81/12,02	34/38
			25	20	5/20	6,91/7,13	11/12
			5	25	25	6,68/6,96	10/11
5	Этажестояк осевым з.у. и КРП		15	15	15	7,68/7,87	81/83
			20	15	20	7,62/8,41	24/27
			25	20	20	4,94/5,20	9/10
6	Этажестояк со смещенным з.у. и КРП		15	15	15	11,66/11,94	124/127
			20	15	20	11,02/12,04	35/38
7	Этажестояк проточный		15	-	15	14,60/20,60	155/218
			20	-	20	11,90/17,90	38/57

			25	-	25	9,70/13,70	12/17
8	Узел верхнего этажа при нижней разводке и КРТ		15	15	15	6,21/6,69	66/71
			20	20	20	6,85/8,06	22/26
			25	20	25/20	3,83/4,05	7/8
			25	25	25	3,60/3,88	6/7
9	Узел верхнего этажа при нижней разводке и КРП		15	15	15	5,72/6,00	61/64
			20	15	20	7,06/8,08	23/26
			25	20	25	3,67/3,89	7/8
10	Прямая труба длиной 1 м (добавка к узлам 1-9)		15	-	-	2,70	28,6
			20	-	-	1,80	5,74
			25	-	-	1,40	1,72

Примечание:

1. Для вертикальных радиаторных узлов показатели в числителе даны при прямой подводке от прибора к стояку, а знаменателе – при подводке с утками.
2. Для вертикальных радиаторных узлов длина подводки 0,35 м.
3. В радиаторных узлах коэффициенты местного сопротивления трехходовых кранов приняты применительно к конструкции кранов треста Сантехдеталь. Для других кранов в расчетные величины вводят поправки.
4. Для узлов 1 и 2 в числителе дано $S_{уд}$ при прямом вентиле, в знаменателе – при проходном кране.

Таблица 3.3 Коэффициенты ξ местных сопротивлений (приближенные значения)

Местное сопротивление	Эскиз	Значения ξ при условном проходе труб, мм						
		10	15	20	25	32	40	50
Радиаторы двухколонные		2	2	2	2	2	2	2
Котлы чугунные		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Котлы стальные		2	2	2	2	2	2	2
Внезапное расширение		1	1	1	1	1	1	1
Внезапное сужение		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Отступы		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Тройник проходной		1	1	1	1	1	1	1
Тройник поворотный на ответвление		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Тройник на противотоке		3	3	3	3	3	3	3
Крестовина проходная		2	2	2	2	2	2	2
Крестовина поворотная		3	3	3	3	3	3	3
Компенсаторы П образные или лирообразные		2	2	2	2	2	2	2
Компенсатор сальниковый		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Вентили обыкновенные		20	26	10	9	9	8	7
Вентили прямооточные		3	3	3	3	2,5	2,5	2
Краны проходные		5	4	2	2	2	-	-
Краны двойной регулировки с цилиндрической пробкой		5	4	2	2	2	-	-
Задвижки параллельные		-	-	-	0,5	0,5	0,5	-
Отводы 90° или утка		2	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
Отводы двойные узкие		2	2	2	2	2	2	2
Отводы широкие		1	1	1	1	1	1	1

Скобы		4	3	2	2	2	2	2
Прточный воздушосборник и расширительный сосуд		1,5 – для всех диаметров						
Грязевик		10 – для всех диаметров						

Таблица 3.4 Значение коэффициента β_1

Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, Вт (ккал/ч)	β_1
120 (103)	1,02
150 (129)	1,03
180 (103)	1,04
210 (181)	1,06

Таблица 3.5 Значение коэффициента β_2

Отопительный прибор	Значение β_2 при установке прибора	
	У наружной стены, в том числе под световым проемом	У остекления светового приема
Радиатор чугунный секционный	1,02	1,07

Таблица 3.6 Значения коэффициента затекания воды α в приборных узлах с радиаторами чугунными секционными

Приборный узел	Присоединение приборов к стояку	Подводка с замыкающим участком	α
Проточного и проточно-регулируемого типа (с краном КРТ)	Одностороннее	-	1,00
	Двухстороннее	-	0,50
С регулирующим проходным краном КРП	Одностороннее	Смещенным*	0,50
		Осевым	0,33
С регулирующим проходным краном КРП	Двухстороннее	Смещенным	0,20
		Осевым	0,17

*При подводках с утками для этого узла α не изменяется.

Таблица 3.7 Значения $S_{E \text{ ПРЕР}} \cdot 10^4$, Па/(кг/ч)², в малом циркуляционном кольце отопительного прибора высотой $h_{\text{ПР}}=0,5$ м

Диаметр замыкающего участка (з.у) D _y , мм	Один прибор при движении воды				Два прибора с осевым з.у
	сверху-вниз с з.у.		снизу-вверх с з.у		
	смещенным	осевым	смещенным	осевым	
15	45	20	35	15	25
20	10	5	9	3	10

Таблица 3.8 Значения показателей n , p , c для определения теплового потока отопительных приборов

Тип отопительного прибора	Направление движения теплоносителя	Расход теплоносителя $G_{\text{ПР}}$, кг/ч	n	p	c
Радиатор чугунный секционный	Сверху-вниз	18-50	0,3	0,02	1,039
		54-536		0	1,000
		536-900		0,01	0,996
	Снизу-вниз	18-115	0,15	0,08	1,092
		119-900		0	1,000
	Снизу-вверх	18-61	0,25	0,12	1,113
		65-900		0,25	0,970

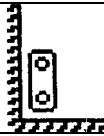
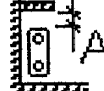

Таблица 3.9 Значения коэффициента В учета расчетного атмосферного давления для отопительных приборов

Тип отопительного прибора	Значение b при атмосферном давлении, гПа* (мм. рт. ст.)								
	1040 (780)	1013,3 (760)	1000 (750)	987 (740)	973 (730)	960 (720)	947 (710)	933 (700)	920 (690)
Радиатор чугунный секционный	1,011	1,000	0,994	0,989	0,983	0,977	0,972	0,966	0,960

Таблица 3.10 Техническая характеристика отопительных приборов

Обозначение прибора	А, м ²	Q _{нв} , Вт (ккал/ч)	Строительные размеры, мм						Масса, кг
					L	L ₁	L ₂	L ₃	
Раднаторы чугунные секционные (ГОСТ 8690-75)									
<div></div>									
МС-140-108	0,244	185(159)	-	-	500	588	140	108	7,62
МС-140-98	0,240	174(150)	-	-	500	588	140	98	7,4
М-140 АО	0,299	178(153)	-	-	500	582	140	96	8,45
М-140А	0,254	164(141)	-	-	500	582	140	96	7,8
М-90	0,200	140(120)	-	-	500	582	90	96	6,15
МС-90-108	0,187	150(129)	-	-	500	588	90	108	6,15

Таблица 3.11 Значение коэффициента β_4 учитывающего способ установки отопительных приборов

Эскиз установки прибора	Способ установки прибора	A, мм	β_4
	У стены		1,00
	У стены без ниши и перекрыт доской в виде полки	40	1,05
		80	1,03
		100	1,03
	В стенной нише	40	1,11
		80	1,07
		100	1,06

Методические рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям

Ведущей целью лабораторных работ является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей). Содержанием лабораторных работ могут быть экспериментальная проверка формул, методик расчета, установление и подтверждение закономерностей, ознакомление с методиками проведения экспериментов, установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик, наблюдение развития явлений, процессов и др. В ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Лабораторные работы могут носить репродуктивный, частично - поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично - поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературы и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

Формы организации студентов на лабораторных работах: фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Оформление письменного отчета по выполненной работе в соответствии с требованиями. Письменный отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать следующие сведения:

- название работы и сведения об авторе отчета (курс, имя, фамилия);
- цель работы и формулировка используемого метода анализа;
- описание выполнения лабораторных исследований или расчетов;
- список используемой литературы.

Оценки за выполнение лабораторных работ учитывается как показатель текущей успеваемости обучающегося.

различной формы.

Лабораторное занятие 1. Определение удельной тепловой характеристики зданий различной формы.

Цель работы. Опытное определение влияния конфигурации и размеров здания на его удельную тепловую характеристику.

Основы теории. Удельная тепловая характеристика здания является показателем его теплотехнических качеств. Она представляет собой величину потерь тепла единицей

объема здания в единицу времени при разности температур между внутренним и наружным воздухом в один градус:

$$q = \frac{Q}{V \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})} \quad (1.1)$$

где Q – расчетные потери через наружные ограждения всей помещениями здания, Вт;

V – объем отапливаемого здания по наружному обмеру, м³;

$t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$ – расчетная разность температур для основных помещений здания, °С.

Опытное определение q проводится обычно на уменьшенной модели здания. Теплотери для рассматриваемого здания Q и его модели $Q_{\text{м}}$ связаны между собой соотношением

$$Q = Q_{\text{м}} \cdot \frac{\sum k \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{м}})}{\sum k_{\text{м}} \cdot F_{\text{м}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{м}})} \quad (1.2)$$

где F и $F_{\text{м}}$ k и $k_{\text{м}}$ – соответственно площади и коэффициенты теплопередачи наружных ограждений здания и модели, м² и Вт/м² · °С;

$t_{\text{м}}$ – среднее значение температуры теплоносителя и модели, определяемое в опыте, °С.

Т.к. $\frac{\sum k_{\text{м}} \cdot F_{\text{м}}}{\sum k \cdot F} = M_{\text{к}} \cdot M^2$, то потери здания определяются как

$$Q = \frac{Q_{\text{м}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{M_{\text{к}} \cdot M^2 \cdot (t_{\text{м}} - t_{\text{в}})} \quad (1.3)$$

где M – линейный масштаб модели, $M_{\text{к}}$ – масштаб коэффициентов теплопередачи.

Описание экспериментальной установки:

Стенд, элементом которого является модельная установка, представлен на рис.1.

В данной работе модельное исследование проводится для четырех конфигураций здания, представляющих в плане квадрат, круг, вытянутый прямоугольник, угловую конфигурацию. Модели имеют одинаковый объем $V_{\text{м}}$ 0,0125 м³ по наружному обмеру, но разную поверхность $F_{\text{м}}$. Отношение площади наружной поверхности к объему для изучаемых моделей приведены в таблице 1.

Линейный масштаб моделей M 1:200. Масштаб коэффициентов теплопередачи $M_{\text{к}}$ 10:1.

таблица 1.

№ модели	1	2	3	4
$F_{\text{м}}/V_{\text{м}}$, м-1	26	24	32	32

Нагретая в котле вода насосом подается в общий коллектор. Из коллектора горячая вода поступает в объемные модели. Слив воды из моделей осуществляется в канализацию.

Проведение опыта:

Групповую установку моделей зданий заполняют котловой водой. Температура фиксируется через каждые пять минут – всего необходимо произвести не менее шести замеров. Показания термодатчиков и термометра, служащего для измерения температуры окружающего воздуха, записываются в таблицу.

Обработка полученных данных:

Потери тепла для модели определяются по формуле:

$$Q_{\text{м}} = \frac{c \cdot G \cdot (t_{\text{м1}} - t_{\text{м6}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot 60}, \quad (1.4)$$

где c – теплоемкость воды, Дж/кг°C, G – масса воды в модели, кг; τ_1 и τ_6 – соответственно начальное и конечное время измерений.

таблица 2.

№ опыта	Время измерения τ , мин	Температура воды в моделях, °C				Температура окружающего воздуха $t_{в}$, °C
		1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7
Среднее значение t_m и $t_{в}$, °C						

Зная Q_m можно определить потери тепла моделируемых зданий. Определив Q , находятся удельные тепловые характеристики рассматриваемых зданий. Удельные тепловые характеристики определяются для $t_n = -10$ °C; -20 °C; -30 °C и представляются графической зависимостью $q=q(F/V)$.

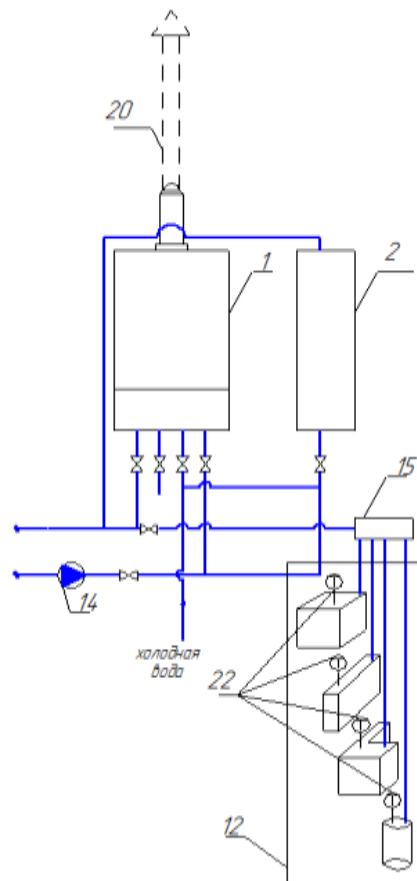


Рис.1. Модельная установка:

1- настенный газовый котел “Ariston 23-M1”; 2- электроприбор отопительный “Эван CI-5”; 12- групповая установка моделей зданий; 14- насос; 15- коллектор; 20- дымоход; 22- блок устройств для измерения и контроля температур

Лабораторное занятие 2. Регулирование теплоотдачи отопительных приборов.

Цель работы. Определение зависимости теплоотдачи отопительных приборов от температуры и расхода воды.

Основы теории. Коэффициент теплопередачи $\kappa_{\text{пр}}$ характеризует интенсивность переноса тепла от теплоносителя в отапливаемое помещение через стенки отопительного прибора.

$\kappa_{\text{пр}}$ определяют, обычно, совместным решением уравнения теплового баланса:

$$Q_{\text{пр}} = c \cdot G_{\text{пр}} (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}); \quad (1)$$

и уравнения теплопередачи:

$$Q_{\text{пр}} = \kappa_{\text{пр}} A_{\text{пр}} (t_{\text{ср}} - t_{\text{в}}), \quad (2)$$

где c - удельная массовая теплоемкость воды, равная $c = 4187 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$;

$G_{\text{пр}}$ - количество теплоносителя, проходящего через отопительный прибор, кг/с;

$t_{\text{вх}}, t_{\text{вых}}, t_{\text{в}}$ - соответственно температура воды на входе и выходе из отопительного прибора и воздуха в помещении, $^\circ\text{C}$; $A_{\text{пр}}$ - площадь теплоотдающей поверхности отопительного прибора, м^2 ; $t_{\text{ср}}$ - средняя температура воды в отопительном приборе, $^\circ\text{C}$.

$$t_{\text{ср}} = 0,5(t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}) \quad (3)$$

Из (1) и (2) коэффициент теплопередачи отопительного прибора определяется как

$$\kappa_{\text{пр}} = \frac{c \cdot G_{\text{пр}} (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}})}{A_{\text{пр}} \left(\frac{(t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}})}{2} - t_{\text{в}} \right)} \quad (4)$$

Важным показателем теплотехнической эффективности отопительного прибора является величина удельного теплового потока

$$q_{\text{пр}} = \kappa_{\text{пр}} \cdot \Delta t_{\text{ср}} \quad (5)$$

Здесь:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}}{2} - t_{\text{в}}. \quad (6)$$

Одной из экономических характеристик отопительного прибора является показатель теплового напряжения металла прибора

$$m = \frac{Q_{\text{пр}}}{\Delta t_{\text{ср}} \cdot M} \quad (7)$$

где $\Delta t_{\text{ср}} = t_{\text{ср}} - t_{\text{в}}$ - разность между средней температурой теплоносителя и температурой окружающей среды $^\circ\text{C}$; M - масса отопительного прибора, кг.

Чем больше m , тем более экономичен прибор по расходу металла.

Проведение опытов. Схема стенда для испытания отопительных приборов приведена на рис. 3. Первоначально система отопления заполняется холодной водой при следующем положении запорно-регулирующей арматуры: шаровые краны 14, 15, 16, 18, 19, 20 – открыты, а 21, 22 – закрыты. Воздух удаляется из системы с помощью автоматического воздухоотводчика 9. Заполнив систему теплоносителем, включают генератор тепла 1 и циркуляционный насос 8. Горячая вода по подающему магистральному теплопроводу 2 поступает в отопительные приборы: низкий конвектор «Уют» 3, секционный радиатор «Cahdor Super» 4, стальной панельный радиатор «Radson» 5. Проходя отопительные приборы, горячая вода отдает часть теплоты воздуху помещения. Охлажденная вода из приборов движется по обратному магистральному теплопроводу 6 в электроркотел 1. Значения температур воды на входе $t_{\text{вх}}$ и выходе $t_{\text{вых}}$ из приборов фиксируются с

помощью датчиков 23, 24, 25. Расход теплоносителя через отопительные приборы $G_{\text{пр}}$ определяются по показаниям счетчиков 11, 12, 13.

Постоянство расхода воды в системе отопления обеспечивается неизменным уровнем воды в закрытом расширительном баке 7.

Испытания приборов проводятся только при установившемся режиме.

Температуру воздуха в помещении измеряют термометром на расстоянии 2 м от фронта отопительного прибора и на уровне 1,5 м от пола.

Определив экспериментальные значения $t_{\text{вх}}$, $t_{\text{вых}}$, $G_{\text{пр}}$ по формулам (4), (5), (6) рассчитывают, соответственно, коэффициент теплопередачи $\kappa_{\text{пр}}$, плотность теплового потока $q_{\text{пр}}$ и тепловую напряженность металла m для каждого типа отопительного прибора.

Измерения проводятся при 3-4 значениях расхода воды через приборы, который устанавливается регулирующими клапанами 13, 14, 15 и 3-4 значениях температуры горячей воды в системе, величина которой устанавливается на пульте управления электродотла.

Результаты измерений и вычислений заносятся в табл. 3.1 и представляются в виде графиков $\kappa_{\text{пр}} = \kappa(G_{\text{пр}}, t_{\text{ср}})$, $q_{\text{пр}} = q(G_{\text{пр}}, t_{\text{ср}})$.

Таблица 1

№ Опы- та	Тип отопи- тельного прибора	$A_{\text{пр}}$, м^2	M , кг	$t_{\text{вх}}$, $^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{вых}}$, $^{\circ}\text{C}$	$G_{\text{пр}}$, кг/с	$\kappa_{\text{пр}}$, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$	$q_{\text{пр}}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$	m , $\text{Вт}/\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

По данным табл. 1 дается сравнительная оценка характеристик исследованных типов отопительных приборов.

Лабораторное занятие 3. Исследование работы теплообменников.

Цель работы. Определение коэффициента теплопередачи пластинчатого теплообменника.

Коэффициент теплопередачи k_t характеризует интенсивность переноса тепла от греющего теплоносителя нагреваемому теплоносителю стенки пластин.

Лабораторное занятие 4. Исследование работы центробежных насосов.

Цель работы. Построение характеристики центробежного насоса.

Гидравлической характеристикой насоса называется зависимость напора, создаваемого насосом, от объемной подачи насоса.

Проведение опыта:

На опытной установке меняют расход воды и замеряют давление на нагнетательном патрубке центробежного насоса.

Обработка полученных данных:

По полученным данным строят зависимость напора насоса от расхода воды.

Лабораторное занятие 5. Исследование работы элеватора.

Цель работы. Определение коэффициента смешения элеватора.

Для присоединения систем отопления с расчетной температурой воды ниже температуры в подающем теплопроводе тепловой сети по зависимой схеме устанавливают элеваторы. Они обеспечивают постоянство коэффициента смешения при изменениях теплового и гидравлического режимов магистральных сетей. Принцип работы водоструйного элеватора заключается в использовании энергии воды подающей магистрали.

Проведение опыта:

На опытной установке замеряют расход и температуру воды перед элеватором, после элеватора и в обратном трубопроводе.

Обработка полученных данных:

По данным определяют коэффициент смещения водоструйного элеватора.

Лабораторное занятие 6. Определение потерь напора в трубопроводах на модели тепловой сети.

Цель работы. Изучения влияния изменения местных сопротивлений на характеристику тепловой сети.

Сопротивление сети зависит от геометрических размеров, абсолютной шероховатости внутренней поверхности трубопроводов, эквивалентной длины местных сопротивлений и плотности теплоносителя.

Проведение опыта:

На опытной установке изменяя степень открытия регулирующих кранов изменяют сопротивление абонентских установок. Замеряют давления в подающем и обратном теплопроводах всех абонентских систем.

Обработка полученных данных:

Определив падения давления по участкам сети определяют сопротивления участков и строят характеристику сети.

Лабораторное занятие 7. Расчет пьезометрического графика модели тепловой сети.

Цель работы. Построение характеристики тепловой сети.

При проектировании и эксплуатации разветвленных тепловых сетей широко используется пьезометрический график, на котором в конкретном масштабе нанесены рельеф местности, высота присоединенных зданий, напор в сети, по нему легко определить напор (давление) и располагаемый напор (перепад давлений) в любой точке сети и абонентских системах.

Проведение опыта:

Включается опытная установка, в которой все присоединенные абоненты подключены к тепловой сети. Снимаются показания манометров, установленных в соответствующих точках.

Обработка полученных данных:

По соответствующим показаниям манометров строится пьезометрический график моделируемой тепловой сети.

Лабораторное занятие 8. Определение характеристик сопротивления для узлов систем поквартирного теплоснабжения.

Цель работы. Исследование влияния гидравлических сопротивлений замыкающего участка и подводок к отопительным приборам на величину коэффициента затекания.

Основы теории. Расход воды через прибор однотрубной системы отопления равен:

$$G_{\text{пр}} = \alpha \cdot G_{\text{ст}}, \quad (4.1)$$

где α - коэффициент затекания теплоносителя в прибор; $G_{\text{ст}}$ - расход воды, протекающей по стояку, кг/с.

Коэффициент затекания α зависит от сопротивлений элементов приборного узла. На него оказывают влияние способ присоединения отопительных приборов к стояку; расположение замыкающего участка (осевой или смещенный); естественное давление в малом циркуляционном кольце, образованном отопительным прибором с ответвлениями к нему и замыкающим участком.

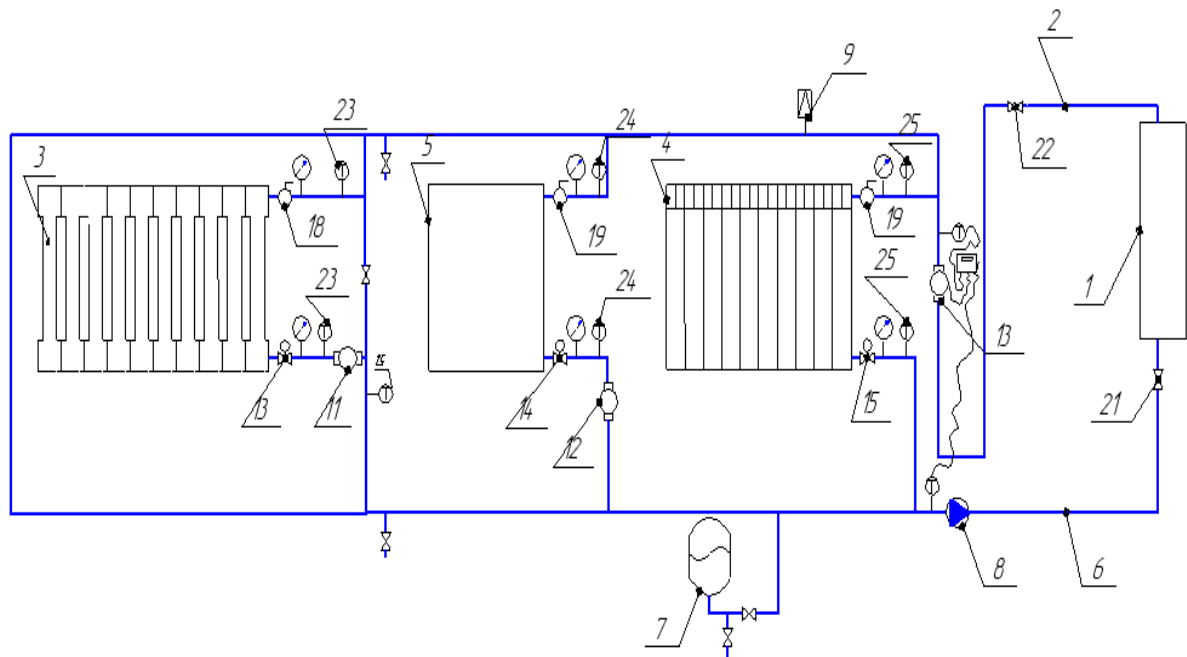
Коэффициент затекания α определяет экономичность и эффективность работы системы отопления. Чем выше этот коэффициент, тем экономичнее система.

Проведение опыта:

Опыт проводится на установке. Расход теплоносителя $G_{\text{пр}}$ через отопительный прибор определяется по показаниям счетчика при открытом замыкающем участке. Для определения расхода теплоносителя через стояк закрывают замыкающий участок. Эксперимент проводится при разных расходах воды через прибор, который устанавливается с помощью шарового крана.

Обработка полученных данных:

Опыт проводится на установке, схема и описание которой приведены на рис.3. Расход



теплоносителя $G_{пр}$ через отопительный прибор 4 определяется по показаниям счетчика 15. Для определения расхода теплоносителя через стояк №2 необходимо из показаний счетчика 10 вычесть показания счетчиков 11 и 13. Эксперимент проводится при разных расходах воды через прибор, который устанавливается с помощью шарового крана 15.

Результаты замеров и расчетов сводятся в табл. 4.1 и представляются в виде графической зависимости коэффициента затекания от скорости воды в стояке $\alpha = \alpha(v)$ или $\alpha = \alpha(Re)$.

Таблица 4.1

Номер опыта	$G_{пр}$ кг/с	G_{10} кг/с	G_{11} кг/с	G_{13} кг/с	$G_{ст}$ кг/с	α	v м/с
1	2	3	4	5	6	7	8

Лабораторное занятие 9. Исследование статического режима тепловой сети.

Цель работы. Изучение влияния статического режима на выбор присоединения абонентских установок.

Гидростатический режим тепловой сети – это режим когда система заполнена водой с температурой до 100 °С и циркуляция отсутствует. На основе гидростатического режима из условия неперевышения допустимого давления во всех элементах оборудования, включая абонентские установки, проверяют возможность установления общей статической зоны для всей системы теплоснабжения, а также выявляют причины, препятствующие такому решению.

Проведение опыта:

Включается опытная установка, в которой все присоединенные абоненты подключены к тепловой сети. Снимаются показания манометров, установленных в соответствующих точках. Меняя давление в системе определяют давления в местах присоединения абонентских систем.

Обработка полученных данных:

Определив давление анализируют возможные схемы присоединения этих абонентов и вычерчивают соответствующие схемы.

Лабораторное занятие 10. Исследование динамического режима тепловой сети.

Цель работы. Изучение влияния динамического режима на выбор присоединения абонентских установок.

Гидродинамический режим – это режим циркуляции теплоносителя. При гидродинамическом режиме пьезометрические напоры в любой точке системы при любом расходе воды должны удовлетворять следующим требованиям: 1) не превышение допустимого давления из условия механической прочности всех элементов системы; 2) избыточное давление должно обеспечить невоскипание теплоносителя; 3) избыточное давление должно исключить явление кавитации насосов и подсосов воздуха в систему.

Проведение опыта:

Включается опытная установка, в которой все присоединенные абоненты подключены к тепловой сети. Снимаются показания манометров, установленных в соответствующих точках. Меняя расход воды в системе, сопротивление отдельных участков системы путем отключения абонентов определяют давления в местах присоединения абонентских систем.

Обработка полученных данных:

Определив давления в соответствующих точках системы на подающем и обратном трубопроводе сравнивают с допустимыми давлениями в трубопроводах и абонентских установках.

Лабораторное занятие 11. Определение КПД тепловой изоляции.

Цель работы. Оценка влияния изоляции на теплопотери отопительных труб.

При перемещении теплоносителей по трубам, проложенным в неотапливаемых помещениях, может значительно понизиться температура горячей воды (водяное отопление) и бесполезно сконденсироваться часть пара (паровое отопление). Для уменьшения бесполезных теплопотерь отопительные трубы в неотапливаемых помещениях покрывают тепловой изоляцией.

Основы теории. При перемещении теплоносителей по трубам, проложенным в неотапливаемых помещениях, может значительно понизиться температура горячей воды (водяное отопление) и бесполезно сконденсироваться часть пара (паровое отопление). Для уменьшения бесполезных теплопотерь отопительные трубы в неотапливаемых помещениях покрывают тепловой изоляцией.

Всякое покрытие горячей поверхности, которое способствует снижению потерь тепловой энергии в окружающую среду, называется тепловой изоляцией. Для тепловой изоляции могут быть использованы любые материалы с низким коэффициентом теплопроводности (газы, пористые материалы, асбест, пробка, стекловата, опилки и другие).

Качество тепловой изоляции оценивается коэффициентом полезного действия:

$$\eta_{из} = \frac{Q_{тр} - Q_{из}}{Q_{из}}, \quad (2.1)$$

где $Q_{тр}$ и $Q_{из}$ – теплопотери неизолированной и изолированной трубами, соответственно, Вт.

Толщина слоя тепловой изоляции $\delta_{из}$ определяется исходя из его термического сопротивления:

$$R_{из} = \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}, \quad (2.2)$$

где $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности материала изоляции, Вт/м·°C.

Величина $R_{из}$ должна быть не менее $0,86 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ для труб $d_y \leq 25$ мм и $1,22 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ для труб $d_y > 25$ мм.

Теплопотери, вызванные теплоотдачей с поверхности трубопровода, определяются изменением энтальпии теплоносителя

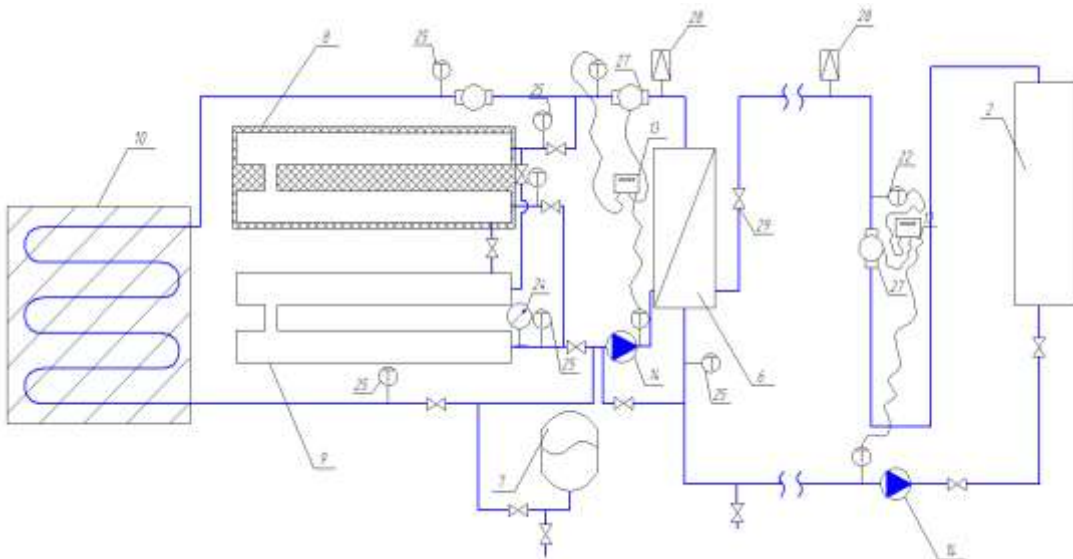
$$Q = cG(t_1 - t_2) \quad (2.3)$$

где c - удельная теплоемкость теплоносителя, $\text{Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$, G - расход теплоносителя, кг/с , t_1 и t_2 - температуры в начале и конце рассматриваемого участка трубы, $^\circ\text{C}$.

Описание экспериментальной установки:

Сравнительное исследование изолированного и неизолированного трубопроводов проводятся на лабораторном стенде, схема которого приведена на рис 1. Исследуемый контур состоит: регистр трубный изолированный (8), регистр трубный неизолированный (9), настенный теплообменный аппарат (6), расширительный бачок (7), фрагмент «теплый пол» (10), насос (14).

Рис. 1



Проведение опыта:

Измеряется расход теплоносителя в контуре. Для этого необходимо весь поток теплоносителя пропустить через расходомер. После в контур включается изолированный трубный регистр. Снимаются показания измерителей температуры. После того, как получено достаточно показаний, изолированный трубный регистр отключают от контура. Включают в контур неизолированный регистр и снимают показания измерителей температуры.

Показания расходомера и измерителей температуры записываются в таблицу 3.

таблица 3.

№ опыт	Расход $G, \text{кг}$	Неизолированная труба			Изолированная труба			η
		$Q, \text{Вт}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$Q, \text{Вт}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	

Обработка результатов:

По средним значениям расхода G и температур t_1 и t_2 рассчитывается Q для обоих регистров и определяется η .