

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению контрольных работ**  
**по дисциплине**  
**«Инженерные системы зданий и сооружений**  
**(теплогазоснабжение с основами теплотехники)»**

**Направление подготовки:** 08.03.01 Строительство

**Направленность (профиль):** Строительство зданий и сооружений

Пятигорск, 2020

Методические указания для студентов по выполнению контрольной работы по дисциплине «**Инженерные системы зданий и сооружений (теплогазоснабжение с основами теплотехники)**» рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Строительства, протокол № \_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Заведующий кафедрой Строительства \_\_\_\_\_ Д.В.Щитов

## Содержание

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	1
Введение.....	4
1. Цель, задачи и реализуемые компетенции .....	5
2. Формулировка задания и его объем .....	5
4. Общие требования к написанию и оформлению работы .....	26
5. Рекомендации по выполнению задания.....	26
7. Критерии оценивания работы .....	27
8. Порядок защиты работы.....	28
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	29

## Введение

Методические указания и задания для выполнения контрольных работ студентами по дисциплине **«Инженерные системы зданий и сооружений (теплогазоснабжение с основами теплотехники)»** по направлению подготовки бакалавров: 08.03.01 Строительство

Методическое пособие содержит весь необходимый материал для выполнения контрольной работы по дисциплине **«Инженерные системы зданий и сооружений (теплогазоснабжение с основами теплотехники)»**.

В данном методическом пособии приведены темы и вопросы для самостоятельного изучения и выполнения контрольных работ.

## 1. Цель, задачи и реализуемые компетенции

Учебным планом специальности, 08.03.01 Строительство, предусматривается написание контрольной работы по дисциплине. Этот вид письменной работы выполняется каждый год, по темам выбранным самостоятельно. Перечень тем разрабатывается преподавателем.

Контрольная работа – самостоятельный труд студента, который способствует углублённому изучению пройденного материала.

### Цель выполняемой работы:

- получить специальные знания по выбранной теме;

### Основные задачи выполняемой работы:

- 1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
- 2) выработка навыков самостоятельной работы;
- 3) выяснение подготовленности студента к будущей практической работе;

Весь процесс написания контрольной работы можно условно разделить на следующие этапы:

- а) выбор темы и составление предварительного плана работы;
- б) сбор научной информации, изучение литературы;
- в) анализ составных частей проблемы, изложение темы;
- г) обработка материала в целом.

Тема контрольной работы выбирается студентом самостоятельно из предложенного списка тем.

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций прочитанных ранее. Приступать к выполнению работы без изучения основных положений и понятий науки, не следует, так как в этом случае студент, как правило, плохо ориентируется в материале, не может отграничить смежные вопросы и сосредоточить внимание на основных, первостепенных проблемах рассматриваемой темы.

После выбора темы необходимо внимательно изучить методические рекомендации по подготовке контрольной работы, составить план работы, который должен включать основные вопросы, охватывающие в целом всю прорабатываемую тему.

## 2. Формулировка задания и его объем

Выполнить теплотехнические расчеты в соответствии с заданием преподавателя. Объем контрольной работы 25-30 листов.

### Тема 1-8.

Тепловлажностный режим и воздушный режим здания, методы и средства их обеспечения

### Вариант 1.

#### Базовый уровень

- |           |   |
|-----------|---|
| Задание 1 | Расчет толщины утепляющего слоя однородной однослойной и многослойной ограждающей конструкции.  |
| Задание 2 | Расчет толщины утепляющего слоя неоднородной однослойной и многослойной ограждающей конструкции.  |
| Задание 3 | Расчет толщины утепляющего слоя неоднородной однослойной и многослойной ограждающей конструкции. Теплотехнический расчет наружного ограждения (покрытия). |
| Задание 4 | Расчет толщины утепляющего слоя конструкции полов над подвалом и подпольем.   |

		Теплотехнический расчет утепленных полов, расположенных непосредственно на лагах.
	Задание 5	Теплотехнический расчет утепленных полов, расположенных непосредственно на грунте.
	Задание 6	Теплотехнический расчет световых проемов.
	Задание 7	Теплотехнический расчет наружных ограждений. Теплотехнический расчет наружных дверей.
<i>Повышенный уровень</i>	Задание 9	Теплотехнический расчет конструкции полов над подвалом и подпольями

### 3. Методические рекомендации к контрольной работе

Исходные данные для выполнения контрольной работы

1. Географический район строительства здания (пункт постоянного проживания студента) \_\_\_\_\_

2. Климатические данные района (см. табл.13):

а) расчетная зимняя температура наружного воздуха для проектирования системы отопления

$$t_{н}^p = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C};$$

б) средняя температура наружного воздуха за отопительный сезон

$$t_{от}^{cp} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C};$$

в) продолжительность отопительного сезона

$$n = \text{_____} \text{ сут};$$

г) расчетная зимняя температура наружного воздуха для проектирования систем вентиляции

$$t_{вент}^p = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3. Влажностный режим помещений — нормальный ( $\phi_{в} = 50\text{--}60\%$ ).

4. Основные характеристики здания (см. рис. 1).

Наружные стены — из кирпича без наружной облицовки, с внутренней известково-песочной штукатуркой толщиной

$$\delta_{шт} = 0,02 \text{ м.}$$

Тип кирпичной кладки наружных стен принять по табл. 1.

Таблица 1

	Последняя цифра учебного шифра
--	--------------------------------

Характеристика	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Тип кирпичной	Из глиняного кирпича						Из силикатного				
Коэффициент теплопроводности	0,82		0,814		0,812		0,871		0,842		

Коэффициент теплопроводности штукатурки

$$\lambda_{шт} = 0,815 \text{ Вт (м} \cdot \text{К)}.$$

Подвал под полами первого этажа — неотапливаемый, без окон.

Окна — с двойным остеклением на деревянных переплетах. Входная дверь — двойная, с тамбуром, без тепловой завесы.

Размеры здания, помимо указанных на чертежах (см. рис. 1) и ориентацию главного фасада здания относительно стран света принять по табл. 2.

$$\text{Площадь одного оконного проема } F_{до} = 3,0 \text{ м}^2.$$

$$\text{Площадь одного дверного проема } F_{дд} = 4,0 \text{ м}^2.$$

Таблица 2

Размеры здания	Последняя цифра учебного шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Полная ширина здания А, м	16	14	12	13	14	15	16	13	15	12
Высота этажей, Н, м	3,5	3,4	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,3	3,2	3,4
Ориентация главного фасада	С	С-В	В	С-В	Ю	Ю-З	З	С-З	С	Ю-В

5. Расчетные температуры воздуха внутри помещений  $t$  : в вестибюле (помещение 105) 12 °С;

на лестничной клетке, в санузлах 16 °С;

во всех остальных помещениях 18 °С.

6. Система отопления здания — двухтрубная тупиковая. Другие характеристики системы отопления принять по варианту, согласно табл. 3.





Таблица 3

Последняя цифра учебного шифра студента	Вид циркуляции	Распределение воды	Источник теплоснабжения	Присоединение к внешним тепловым сетям
1	2	3	4	5
1	Насосная	Верхнее	Сеть пароснабжения с давлением пара $P_n=14,7 \times 10^4 \text{Н/м}^2$ (1,5 атм.)	Через скоростной пароводяной водонагреватель типа МВП
2	Гравитационная	Нижнее		Через емкостной пароводяной водонагреватель
3	Насосная	Нижнее	Водяная теплосеть с температурами воды 150/70°C	Через элеватор
4		Верхнее		
5	Насосная	Нижнее	Сеть пароснабжения с давлением пара $P_n=19,6 \times 10^4 \text{Н/м}^2$ (2 атм.)	Через скоростной пароводяной водонагреватель типа МВН
6	Гравитационная	Верхнее		
7	Насосная	Нижнее	Водяная теплосеть с температурами воды 130/70°C	Через элеватор
8		Верхнее		
9	Насосная	Нижнее	Сеть пароснабжения с давлением пара $P_n=24,5 \times 10^4 \text{Н/м}^2$ (2,5 атм.)	Через скоростной пароводяной водонагреватель типа МВН
0	Гравитационная	Верхнее		

7. Расчетная температура воды в системе отопления:

горячей  $t_r = 95^\circ\text{C}$ ;

обратной  $t_o = 70^\circ\text{C}$ ;

8. Отопительные приборы:

чугунные двухколонковые радиаторы МС-140 или МС-90 (принимаются по выбору студентом).

Основные теплотехнические характеристики указанных отопительных приборов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Тип, марка отопительного прибора	Площадь теплообменной поверхности секции $f_c$ , м <sup>2</sup>	Номинальная плотность теплового потока $q_{ном}$ , Вт/м <sup>2</sup>	Полная высота $H$ , мм	Строительная линия секции $l$ , мм
МС - 140 — 180	0,244	758	588	108
МС - 140 — 98	0,240	725	588	98

Схема присоединения отопительных приборов к стоякам — сверху вниз.

9. Основные исходные данные для расчета воздухообмена двухсветного зала (помещение 101) приведены в табл. 5.

Система вентиляции — приточно-вытяжная с механическим притоком и естественной вытяжкой, не связанная с отоплением. Подача приточного воздуха производится в верхнюю зону.

Продолжительность работы калорифера системы вентиляции  $t_{кф} = 1200$  ч/год, средний коэффициент тепловой нагрузки  $\phi_{кф} = 0,3$ .

Таблица 5

Последняя цифра учебного шифра											
Исходные данные		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Расчетное число людей в зале $n$	Чел.	140	130	110	120	100	90	120	100	140	120
Допустимая концентрация CO <sub>2</sub> в воздухе помещения	л/м <sup>3</sup>	1,2	0,8	0,7	1,2	0,8	0,7	1,5	2	1,5	2
Допустимая относительная влажность воздуха $\phi_{доп}$	%	60	50	55	50	60	55	60	50	55	60
Концентрация CO <sub>2</sub> в наружном	л/м <sup>3</sup>	0,3					0,4				

Недостающие значения величин студент выбирает самостоятельно в соответствии с имеющимися в литературе рекомендациями.

### Тепловой расчет системы отопления

Назначение системы отопления состоит в обеспечении требуемого теплового режима во всех помещениях здания в холодный период года. Эта цель достигается

установкой отопительных приборов, суммарная теплоотдача которых в каждом помещении компенсирует тепловые потери через наружные ограждения. Систему отопления проектируют на расчетную температуру наружного воздуха наиболее холодного периода года (средняя температура  $t_{pH}$  наиболее холодной пятидневки в данном населенном пункте из восьми зим за 50-летний период).

Для города \_\_\_\_\_  $t_{pH} =$  \_\_\_\_\_ °С (табл. 13).

### Расчет тепловых потерь через наружные ограждения помещений здания

1. Максимально допустимая плотность теплового потока через наружное ограждение, Вт/м<sup>2</sup>,

$$q_{max} = \alpha_v D t^H,$$

где  $\alpha_v \approx 8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>·К)— средний коэффициент теплоотдачи от воздуха к внутренней поверхности ограждающей конструкции;  
 $\Delta t^H = t_B - t'_{CT}$ — нормируемая (по санитарно-гигиеническим требованиям) разность температур воздуха внутри помещения  $t_B$  и внутренней поверхности ограждения  $t'$  (табл. 6). [3].

Таблица 6

Назначение здания	Наружные стены	Покрытия и чердачные	Покрытия над подвалами и
Общественные здания, помещения промышленных предприятий и	$\Delta t^H_{CT} = 7^\circ\text{C}$	$\Delta t^H_{ПТ} = 5,5^\circ\text{C}$	$\Delta t^H_{ПЛ} = 2,5^\circ\text{C}$

2. Максимально допустимый коэффициент теплопередачи для ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$$k_{max} = \frac{q_{max}}{t_B - t_H^P} \times \Psi$$

где  $\Psi$ — поправочный коэффициент на расчетную разность температур ( $t_B - t_H^P$ ), учитывает положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху.

Значения коэффициента  $\Psi$  принимаются:

- а) для наружных стен  $\Psi_{нс} = 1$ ;
  - б) для чердачных перекрытий  $\Psi_{пт} = 0,9$ ;
  - в) для перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов, расположенных выше уровня земли,  $\Psi_{пл} = 0,6$ .
3. Требуемое минимальное по санитарно-гигиеническим условиям термическое сопротивление в процессе теплопередачи для каждой ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·К/Вт,

$$R_{min} = \frac{1}{k_{max}}$$

4. Необходимая минимальная толщина наружных стен  $\delta_{\text{кл}}^{\text{min}}$ , м. Извыражения для термического сопротивления в процессе передачи теплоты через плоскую стенку

$$R_{\text{min}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_{\text{кл}}^{\text{min}}}{\lambda_{\text{кл}}} + \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}^{\text{НС}}}$$

Имеем

Значения коэффициентов теплопроводности  $\alpha_{\text{кл}}$  и  $\lambda_{\text{шт}}$ , Вт/(м·К), см. в табл. 1;  $\alpha_{\text{н}}^{\text{НС}} \approx 23,2$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) — коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стен к наружному воздуху.

Найденное значение  $\delta_{\text{кл}}^{\text{min}}$  округляют до стандартной толщины кладки  $\alpha_{\text{кл}}$ , (полтора, два, два с половиной, три кирпича).

5. Расчетный коэффициент теплопередачи для наружных стен, Вт/(м<sup>2</sup>·К),

$$k_{\text{расч}}^{\text{НС}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_{\text{кл}}}{\lambda_{\text{кл}}} + \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}^{\text{НС}}}}$$

6. Расчетное термическое сопротивление теплопередаче, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$$R_{\text{расч}}^{\text{НС}} = \frac{1}{k_{\text{расч}}^{\text{НС}}}$$

Предпочтительнее, когда  $k_{\text{расч}}^{\text{НС}} < k_{\text{max}}^{\text{НС}}$ , т. е.  $R_{\text{расч}}^{\text{НС}} > R_{\text{min}}^{\text{НС}}$ .

Однако запас не должен превышать 15 %.

Допускается и  $k_{\text{расч}}^{\text{НС}} > k_{\text{max}}^{\text{НС}}$ , но не более, чем на 5 %.

Аналогичные расчеты следует проводить и для прочих ограждающих конструкций (ПТ, ПЛ и др.). Поскольку в задании на курсовую работу указанные ограждения не конкретизированы, то принимают:

а) для пола первого этажа  $k_{\text{расч}}^{\text{nl}} = k_{\text{max}}^{\text{nl}}$ ;

б) для потолка второго этажа  $k_{\text{расч}}^{\text{nm}} = k_{\text{max}}^{\text{nm}}$ ;

т. е. найденные ранее максимально допустимые значения этих величин (см. п. 2).

Для окон и наружной двери принять:

$$k^{\text{до}} = 2,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}; \quad k^{\text{дд}} = 2,33 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

7. Основные теплопотери через наружные ограждения. Основные теплопотери через каждое наружное ограждение

находят по уравнению теплопередачи:

$$Q_{\text{осн}} = k_{\text{расч}} F (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{п}}) \Psi,$$

где  $F$  — площадь поверхности соответствующего наружного ограждения, м<sup>2</sup>.

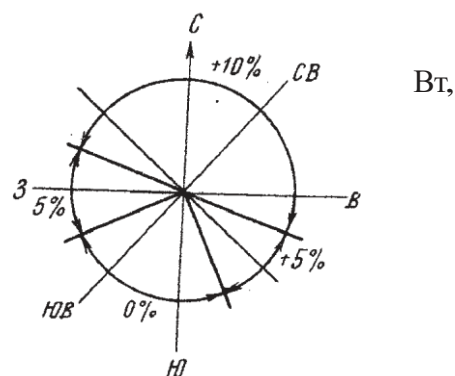
Измерение площади поверхности наружного ограждения  $F$ , м<sup>2</sup>, производят по чертежам плана и разреза здания (см. рис. 1).

Величину  $F$  для потолков и полов определяют по размерам между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружных стен; для окон и двери — по наименьшим размерам строительных проемов в свету (площади приведены в задании).

Высоту стен первого этажа определяют по размеру от уровня чистого пола первого этажа до уровня чистого пола второго. Высоту стен второго этажа — по размеру от уровня чистого пола второго этажа до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия.

Длину наружных стен неугловых помещений определяют по размерам между осями внутренних стен, а угловых помещений — по размеру от внешних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен.

Основные теплопотери через наружные ограждения  $Q_{осн}$ , Вт, определяют для каждого помещения здания. Для этого подсчитывают  $Q_{осн}$ , через каждую наружную ограждающую конструкцию, имеющуюся в этом помещении, а именно: через наружные



стены (НС) \*, пол (ПЛ) \*\*, потолок (ПТ) \*\*\*, двойные окна (ДВ), двойную дверь (ДД). Для помещения 101 и лестничной клетки подсчитывают  $Q_{осн}$  через стены, пол, окна и потолок.

Теплопотери через внутренние стены не определяют, так как разность температур воздуха в смежных помещениях не превышает  $5^\circ \text{C}$ .

8. Полные теплопотери через наружные ограждения:

где  $Q_{доб}$  — добавочные теплопотери, Вт.

$Q_{доб}$  определяют в процентах к основным теплопотерям в зависимости от ориентации ограждения по странам света (рис. 2), от скорости обдувания их ветром (на ветер), на угловые помещения, на поступление холодного воздуха (для наружных дверей с кратковременным открыванием), на высоту.

Добавку на высоту вводят для помещений общественных зданий высотой более 4 м; она составляет 2 % на каждый метр высоты свыше 4 м, но не более 15 %. Добавку на высоту следует учесть для двусветного зала (помещения 101). Добавка на высоту не распространяется на лестничные клетки.

При определении основных и добавочных теплопотерь через наружные ограждения помещений пользуются бланком, имеющим форму табл. 7.

Теплопотери подсчитывают отдельно для каждого помещения и для здания в целом.

Основные и добавочные теплопотери суммируют для здания в целом.

Полные теплопотери суммируют для здания в целом и для каждого отдельного помещения.

При определении теплопотерь через наружные стены площадь последних вписывают в графу 6 полностью, без вычета площади оконных и дверных проемов. Поэтому в графу 9 вместо  $k_{до}^{до}$  и  $k_{дд}^{дд}$  вписывают разности  $k_{до}^{до} - k_{дд}^{дд}$  и  $k_{дд}^{дд} - k_{нс}^{нс}$

В самом деле, при включении оконных проемов в площадь наружных стен теплопотери от последних завышают на величину

$$k_{расч} F_{до} (t_B - t_{пн}^P) \Psi.$$

Поэтому ее надо вычесть при расчете теплопотерь через окна т.е. вычислять  $Q_{до}$  по формуле

$$K_{расч}^{НС} F_{до} (t_B - t_{пн}) \Psi - k_{расч}^{НС} F_{до} (t_B - t_{пн}^P) \Psi = (k_{до}^{до} - k_{расч}^{НС}) F_{до} (t_B - t_{пн}) \Psi.$$

9. Удельная тепловая характеристика здания, Вт/м<sup>3</sup>·К,



--	--	--	--	--	--	--	--

на его высоту от уровня земли до карниза (размер  $\Phi$  на рис. 1). Полученное значение  $q_{от}$  рекомендуется сопоставить с нормативной величиной для здания аналогичного характера и для соответствующего климатического пояса.

Этой характеристикой пользуются для ориентировочных подсчетов потерь тепла и требуемой тепловой мощности источников теплоснабжения в проектных заданиях.

10. Расчетная тепловая мощность системы отопления здания, Вт,

где  $Q_H$  — расход тепла на нагревание воздуха, поступающего в помещения при инфильтрации, Вт.

В целях упрощения расчета в курсовой работе можно условно принять  $Q_{HB} = 0$ , т. е.  $Q_{от} = Q_{полн}$ .

11. Годовой расход тепла на отопление, кВт·ч/год,

$$Q_{от}^{год} = \phi_{от} Q_{от} \tau_{от},$$

где  $\phi = (t_B - t_{от}^{CP}) / (t_B - t_H^P)$  — относительная отопительная нагрузка, средняя за отопительный период;

$t_{от}^{CP}$  — средняя за отопительный период температура наружного воздуха, °С (см. табл. 11);

$Q_{от}$  — расчетная тепловая мощность системы отопления здания, кВт;

$t_{от} = 24n$  — продолжительность отопительного периода, ч/год (значение  $n$  см. в табл. 13).

Рекомендуется выразить расход тепла на отопление в МДж/год.

Поскольку 1кВт = 1кДж/с, то 1кВт·ч = 3600 кДж = 3,6 МДж. 12. Годовой расход топлива на отопление, т/год (для твердо-

го топлива), тыс. м<sup>3</sup>/год (для газообразного топлива)

$$B_{от}^{год} = \frac{Q_{от}^{год}}{Q_H^P \eta_{ку} \eta_{тс}}$$

где  $Q_{от}^{год}$  — расход тепла на отопление, МДж / год;

$Q_H^P$  — низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг (МДж/т) — для твердого и жидкого топлива; кДж/м<sup>3</sup> (МДж/тыс. м<sup>3</sup>) — для газообразного топлива;

$\eta_{ку}$  — КПД теплогенерирующей установки;

$\eta_{тс}$  — коэффициент, учитывающий потери тепла в тепловых сетях.

В настоящей курсовой работе можно принять:

$\eta_{ку} \eta_{тс} \approx 0,75$  — для центральных котельных, работающих на жидком и газообразном топливах;

$\eta_{ку} \eta_{тс} \approx 0,65$  — для центральных котельных, работающих на твердом топливе.

Более точные данные могут быть получены из местных источников (энергоснабжающих предприятий).

Студенту предлагается установить по месту проживания:

а) вид и низшую теплоту сгорания  $Q$  используемого для отопления топлива, кДж / кг (кДж / м<sup>3</sup>);

б) стоимость используемого для отопления топлива,  $S_T$  руб./т (руб. /тыс. м<sup>3</sup>).

в) стоимость отпускаемой теплогенерирующей установкой теплоты (с учетом транспортировки), плату за тепловую энергию, используемую на нужды отопления жилых и общественных зданий,

$S_q$ , руб. /МДж;

г) стоимость потребляемой электрической энергии,  $S_{\text{э}}$ , руб. /кВт·ч;

д) дать оценку годовых затрат на теплотребление, и топливной составляющей  $S_T^{\text{ГОД}}$ , руб. /год.

Для удобства учета расхода и нормирования топлива введена условная теплоэнергетическая единица — 1 кг условного топлива. Расход 1 кг условного топлива эквивалентен 7000 ккал, что составляет 29330 кДж, т. е. «теплота сгорания» условного топлива  $Q_{\text{усл}} = 29330$  кДж / кг (у. т.) или (МДж/т (у. т.)

Расход условного топлива определяют по той же формуле, что и натурального:

$$B_{\text{усл}}^{\text{ГОД}} = \frac{Q_{\text{от}}^{\text{ГОД}}}{Q_{\text{усл}} \eta_{\text{ку}} \eta_{\text{тс}}}$$

Для пересчета расхода условного топлива в натуральное используют тепловой эквивалент

$$\text{Э}_T = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{Q_{\text{усл}}}$$

Следовательно:

$$B_{\text{н}} = \frac{B_{\text{усл}}}{\text{Э}_T}$$

## ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

С теплофизической точки зрения отопительные приборы рассматриваемой системы водяного отопления представляют собой рекуперативные теплообменные аппараты, в которых теплота от греющего теплоносителя (горячей воды) передается нагреваемому теплоносителю (воздуху внутри помещения) через разделяющую их металлическую стенку, именуемую тепло-обменной поверхностью  $F$ , м<sup>2</sup>.

Расчетную тепловую мощность отопительных приборов  $Q$ , Вт определяют, исходя из полных потерь теплоты  $Q$ , Вт, для каждого  $i$ -го помещения. Из уравнения теплового баланса следует:

$$\sum Q_{\text{пр}(i)} = Q_i - 0.9Q_{i(\text{тр})}$$

где  $Q$  — теплоотдача открыто расположенных в пределах помещения труб системы отопления, Вт (в данной курсовой работе величину  $Q$  можно не учитывать).

Если в помещении устанавливают отопительные приборы одинаковой мощности, то



$$Q_{\text{пр}(i)} = \frac{\sum Q_{\text{пр}(i)}}{m_i}$$

где  $m$  — число отопительных приборов, устанавливаемых в  $i$ -м помещении.

Выбор типа отопительных приборов (из предлагаемых в табл. 4), их размещение в помещениях, способ присоединения их к стоякам студенту следует выполнить самостоятельно в соответствии с имеющимися в литературе рекомендациями.

Расчетную площадь теплообменной поверхности отопительного прибора  $F_{\text{пр}(i)}$ ,  $\text{м}^2$ , определяют из уравнения теплопередачи:

$$Q_{\text{пр}(i)} = k_{\text{пр}(i)} F_{\text{пр}(i)} \Delta t_{\text{ср}},$$

где  $k$  — коэффициент теплопередачи отопительного прибора,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\Delta t_{\text{ср}}$  — средняя разность температур греющей воды и нагреваемого воздуха (средний температурный напор),  $\text{К}$ .

Расчет ведут в следующей последовательности:

1. Расчетный расход воды через отопительный прибор  $G_{\text{пр}}$ ,  $\text{кг}/\text{с}$  (из уравнения теплового баланса);

$$G_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{c_w(t_{\text{г}} - t_{\text{о}})}$$

где  $C_w = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$  — средняя теплоемкость воды в интервале температур  $t_{\text{о}} \div t_{\text{г}}$ ;

$t_{\text{г}} = 95^\circ\text{C}$  и  $t_{\text{о}} = 70^\circ\text{C}$  — расчетные температуры горячей и обратной воды (на входе в прибор и выходе из него);

2. Средний температурный напор:

$$\Delta t = \frac{t_{\text{г}} + t_{\text{о}}}{2} - t_{\text{в}}$$

3. Расчетная плотность теплового потока  $q_{\text{пр}} = Q_{\text{пр}}/F_{\text{пр}}$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  [3]

$$\Delta t = \frac{t_{\text{г}} + t_{\text{о}}}{2} - t_{\text{в}}$$

где  $q_{\text{ном}}$  — номинальная плотность теплового потока,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  (см. табл. 4).

Например, для отопительного прибора МС — 140 — 108, согласно табл. 4,  $q_{\text{ном}} = 758 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

Для требуемой тепловой мощности, например,  $Q_{\text{пр}} = 1000 \text{ Вт}$ :

$$G_{\text{пр}} = Q_{\text{пр}}/c_w(t_{\text{г}} - t_{\text{о}}) = 1000/4190(95 - 70) = 0,00955 \text{ кг}/\text{с},$$

при  $\Delta t = (t_{\text{г}} - t_{\text{о}}) / 2 - t_{\text{в}} = (95 + 70) / 2 - 18 = 64,5 \text{ К}$ ; расчетная плотность теплового потока

$$(q_{\text{пр}} = 1,04(64,5/70)^{1,3} \cdot (0,00955/0,01)^{0,02} \cdot 758 = 681 \text{ Вт}/\text{м}^2).$$

4. Коэффициент теплопередачи:




Значения  $Q_{гр}$  следует указать на планах этажей здания.

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО КОЛЬЦА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Приступая к гидравлическому расчету системы отопления, необходимо предварительно выполнить следующее.

1. Разместить на планах этажей нагревательные приборы, а также горячие и обратные стояки; на каждом нагревательном приборе проставить тепловые нагрузки в зависимости от теплопотерь помещений и числа устанавливаемых в них приборов. Пронумеровать стояки.
2. Вычертить аксонометрическую схему трубопроводов отопления, указав расположение запорно-регулирующей арматуры.
3. Определить наиболее невыгодное (основное) циркуляционное кольцо.
4. Обозначить на аксонометрической схеме трубопроводов отопления расчетные участки основного циркуляционного кольца, указав для каждого участка тепловую нагрузку  $Q_{уч}$ , Вт (над выносной чертой) и длину (под выносной чертой).
5. Изобразить принципиальную схему присоединения системы отопления к внешним тепловым сетям.

Самым невыгодным циркуляционным кольцом для тупиковых систем является кольцо через наиболее удаленный стояк. Это кольцо является основным (расчетным) и его рассчитывают в первую очередь.

Расчетным участком расчетного циркуляционного кольца считают часть трубопровода магистрали и ответвлений с постоянным расходом и скоростью теплоносителя. Порядковые номера расчетных участков проставляют по ходу теплоносителя от теплового пункта до конечного нагревательного прибора и обратно. Далее выполняют гидравлический расчет одного основного циркуляционного кольца, в следующей последовательности:

1. Находят расчетное циркуляционное давление в кольце:  $\Delta P_{рц}$ , Н/м<sup>2</sup> (Па):

*а) для систем отопления с естественной циркуляцией (гравитационных)*

$$\Delta P_{рц} = gh (\rho_o - \rho_r) + \Delta P_{етр} ,$$

где  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  — ускорение свободного падения;

$h$  — расстояние по вертикали от центра подогревателя, расположенного в подвале, до центра нагревательного прибора нижнего яруса, присоединенного к стояку, через который про-ходит расчетное циркуляционное кольцо, м;  $\rho_o$  — плотность обратной воды

(при  $t_o = 70^\circ\text{C}$ ;  $\rho_o = 977,8 \text{ кг/м}^3$ );  $\rho_r$  — плотность горячей воды (при  $\rho_r = 95^\circ\text{C}$ ;  $\rho_r = 961,9 \text{ кг/м}^3$ );

$\Delta P_{етр}$  — естественное дополнительное давление от охлаждения в трубах, Па;

$\Delta P_{етр}$  — учитывают только при верхней разводке трубопроводов.

Принять  $\Delta P_{етр} = 100 \text{ Па}$  (более подробно см. [3, прил. 4])

*б) для систем отопления с насосной циркуляцией*

$$\Delta P_{\text{рц}} = \Delta P_{\text{н}} + E \Delta P_{\text{епр}} + \Delta P_{\text{есм}},$$

здесь  $\Delta P_{\text{н}}$  — давление, создаваемое насосом (или элеватором), Па;

$E$  — коэффициент, принимаемый равным 0,4 — 0,5;

$\Delta P_{\text{с пр}}$  — естественное дополнительное давление от остывания воды в приборах, Па;

$\Delta P_{\text{с тр}}$  — естественное дополнительное давление от остывания воды в трубах, Па.

Давление, создаваемое насосом, для систем произвольной протяженности

$$\Delta P_{\text{е тр}} \approx 80 \Sigma l,$$

где  $\Sigma l$  — сумма длин участков расчетного кольца, м.

При обычной протяженности колец системы ( $\Sigma l \approx 120$  м) принимают

$$\Delta P_{\text{н}} = (10000 + 12000) \text{ Па.}$$

в) для систем отопления, присоединяемым к внешней тепловой сети через элеватор, определяют коэффициент смешения  $U$  — количество подмешиваемой в элеватор обратной воды  $G_0$  из системы отопления (при температуре  $t_0$ ) к количеству сетевой воды  $G_{\text{под}}$ , подаваемой из прямого трубопровода тепловой сети (с температурой  $t_{\text{под}}$ , для получения требуемой температуры смеси  $t_{\text{см}} = t_{\text{г}}$  (горячей воды, подаваемой в систему отопления), т. е.

$$U = G_0 / G_{\text{под}}$$

Расчетную формулу для определения коэффициента смешения рекомендуется вывести самостоятельно, исходя из уравнений материального и теплового баланса при смешении двух потоков воды:

$$G_{\text{под}} + G_0 = G_{\text{см}};$$

$$G_{\text{под}} c_{\text{под}} t_{\text{под}} + G_0 c_0 t_0 = G_{\text{см}} c_{\text{см}} t_{\text{см}}$$

(входящие в уравнение теплового баланса средние теплоемкости воды  $c_{\text{под}}$ ,  $c_0$  и  $c_{\text{см}}$  в соответствующих интервалах температур  $0 - t_{\text{г}}$  считать одинаковыми).

Давление, создаваемое элеватором, определяют в зависимости от коэффициента смешения  $U$  и располагаемого давления в трубопроводах тепловой сети на вводе в здание. (Поскольку последнее не задано, принять  $\Delta P_{\text{э}} \approx 1,6 \cdot 10^4$  Па).

При определении суммы ( $\Delta P_{\text{с пр}} + \Delta P_{\text{с тр}}$ ) для насосных систем отопления можно также воспользоваться формулой:

$$(\Delta P_{\text{е пр}} + \Delta P_{\text{е тр}}) = 1,3 n_{\text{эт}} h_{\text{эт}} (t_{\text{г}} - t_0),$$

где  $n_{\text{эт}}$  — число этажей в здании;  $h_{\text{эт}}$  — высота одного этажа, м. Если эта сумма меньше  $0,1 \Delta P_{\text{н}}$ , то ее не учитывают. Тепловую нагрузку каждого расчетного участка

$Q_{\text{уч}}$ ,

определяют как требуемый тепловой поток теплоносителя

$G_{\text{уч}} c_w (t_{\text{г}} - t_0)$ , обеспечивающий теплоотдачу всех присоединенных к нему

отопительных приборов. Если расчет вести от ввода горячей воды в систему (участок

1), то тепловая нагрузка каждого последующего участка меньше тепловой на-

грузки предшествующего на величину отведенного теплового потока, а в обратной

линии — больше на величину подведенного теплового потока.

Результаты гидравлического расчета участков циркуляционного кольца сводят в

таблицу (табл. 11). Графы 1, 2 и 4 заполняют по данным расчетной схемы отопления. В графе 3 указывают расход теплоносителя для каждого участка, кг/ч,

$$G_{\text{уч}} = Q_{\text{уч}} 3600 / c_w (t_{\Gamma} - t_0),$$

где  $c_w = 4190$  Дж/(кгК) — средняя теплоемкость воды в интервале температур  $t_0 - t_{\Gamma}$ .

Для заполнения граф 5, 6 и 7 необходимо предварительно определить среднюю для кольца удельную потерю давления на трение, Па/м,

$$R_{\text{ср}} = \beta \Delta P_{\text{рц}} / \Sigma l,$$

где  $\beta$  — коэффициент, учитывающий долю потери давления преодолению сопротивления трения от расчетного циркуляционного давления в кольце:

$\beta = 0,5$  — для двухтрубных систем отопления с естественной циркуляцией;

$\beta = 0,65$  — для насосных систем.

Фактическая удельная потеря давления на трение  $R_{\text{уч}}$ , (графа 7) должна быть близка к  $R_{\text{ср}}$ .

Гидравлический расчет одного расчетного кольца состоит в подборе диаметра трубопровода каждого участка, входящего в это кольцо (исходя из значения  $R_{\text{ср}}$ ), определении фактических потерь давления на каждом участке и суммарных потерь давления в кольце. Для насосных систем отопления расчет заканчивается подбором насоса, а для гравитационных — сравнением суммарных потерь давления в кольце с расчетным циркуляционным давлением. При этом следует учесть следующее.

Потери давления на участке трубопровода

$$\Delta P = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{м}} = R_l + \Delta P_{\text{м}},$$

где  $\Delta P_{\text{тр}}$  — потери давления на трение, Па;

$\Delta P_{\text{м}}$  — потери давления в местных сопротивлениях, Па;

$R = \Delta P / l$  — удельная линейная потеря давления на трение, Па/м. Согласно известной формуле:

$$R = \frac{\lambda_{\text{тр}}}{d} * \frac{\rho w^2}{2}$$

где  $\lambda_{\text{тр}}$  — коэффициент гидравлического трения;

$d$  — гидравлический диаметр канала (трубы), м;

$\rho$  — плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$w$  — средняя (по расходу) скорость воды, м/с. Учитывая, что:

$$w = \frac{G}{\rho f} = \frac{4G}{\pi d^2 \rho} \text{ (для труб } f = \pi d^2 / 4)$$

получим:

$$R = 0,812 \lambda_{\text{тр}} G^2 / \rho d^5 \quad (**)$$

Аналитический метод определения величины  $R$  является весьма трудоемким, требует сложных расчетов.

В курсовой работе можно выполнить гидродинамический расчет кольца системы отопления, используя приведенную на рис. 3 номограмму.

Расчет ведут в следующей последовательности.

1. По величинам  $R_{ст}$ , и  $G_{уч}$ , определяют диаметр трубы участка  $d_{уч}$ , округляя его до ближайшего значения изготавливаемых труб (по ГОСТу). Следует обратить внимание на то, что номограмма (рис. 3) выполнена в единицах технической системы измерений, в которой «килограмм» обозначаемый «КГС» является единицей силы. Так как  $1 \text{ кгс} = 9,81 \text{ Н}$ , то  $1 \text{ кгс/м}^2 = 9,81 \text{ Н/м}^2 (\text{Па})$ .

По выбранному диаметру  $d_{уч}$  и расходу  $G_{уч}$  пользуясь номограммой, находят фактическую скорость движения воды на участке  $w_{уч}$ , м/с и фактическую удельную потерю давления на участке  $R_{уч}$ , Па/м. Для определения  $w_{уч}$ , можно также воспользоваться формулой

$$w_{уч} = G_{уч} \sqrt{4 / \rho_w \pi d_{уч}^2 3600}.$$

При этом для насосных систем следует учитывать предельные скорости движения воды в трубах (табл. 10).

Таблица 10

Диаметр трубопровода $d$ , мм							
	15	20	25	32	40	50	Более 50
Предельная скорость движения воды в трубопроводах $w_{пр}$ , м/с	0,3	0,5	0,8	1,0	1,5	1,5	1,5

2. Потери давления на трение, Па

$$\Delta P_{тр} = R_{уч} l_{уч}.$$

3. Потери давления в местных сопротивлениях  $\Delta P_{м} = Z_{уч}$ , Па, для каждого участка определяют по формуле

$$Z_{уч} = \frac{\sum \zeta_{уч} \rho w^2}{2}$$

где  $\sum \zeta_{уч}$  — сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке.

Значения  $\zeta$  для различных видов местных сопротивлений в системах отопления (вентили, тройники, крестовины, скобы, внезапные расширения и сужения и др.) приведены в табл. 12.

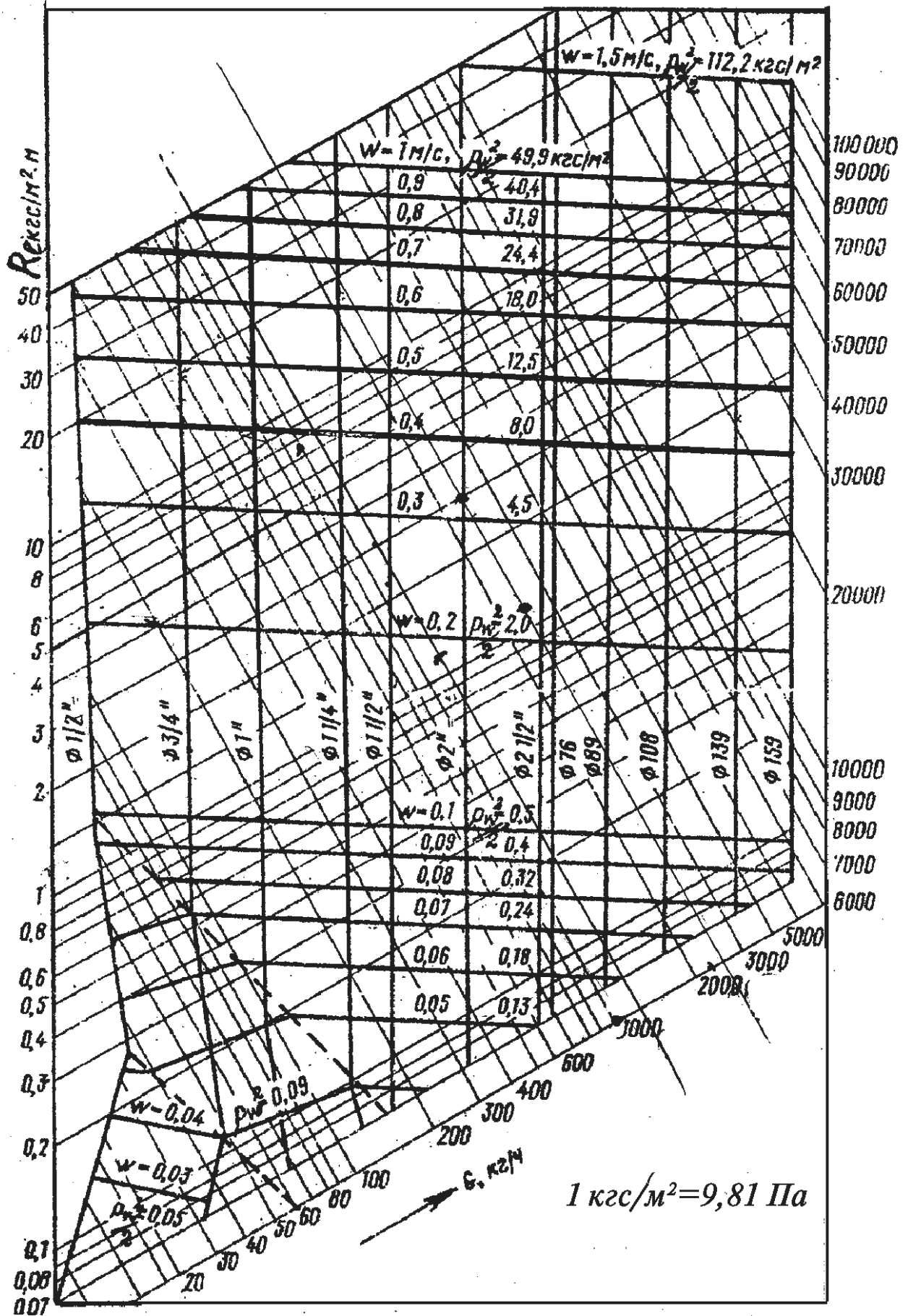
Если местное сопротивление расположено на стыке двух смежных участков, то его относят к участку с меньшим расходом теплоносителя.

4. Общие потери давления на участке, Па

$$(R_i + Z)_{уч}.$$

Результаты расчетов представляют в виде табл. 11.







## КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

□□ (ПРИБЛИЖЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ)

Таблица 12

Местное сопротивление	Значение $\xi$ (для всех диаметров)	Местное сопротивление	Значение $\chi$ (для всех диаметров)						
			Условный диаметр $D$ , мм						
			15	20	25	32	40	50 и более	
Радиаторы двухколонковые	2								
Котлы чугунные	2,5	Вентили обыкновенные	16	10	25	9	8	7	
Внезапное расширение (относится к большой скорости)	1								
Внезапное сужение (относится к большой скорости)	0,5	Вентили прямооточные	3	3	3	2,5	2,5	2	
Отступы	0,5	Краны проходные	4	2	2	2	-	-	
Тройники проходные	1	Краны двойной регулировки с цилиндрической пробкой	4	2	2	2	-	-	
Тройники поворотные на ответвление	1,5								
Тройники на противотоке	3	Задвижки параллельные	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	
Крестовины проходные	2								
Крестовины поворотные	3	Отводы 90° и утка	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5	
Компенсаторы П-образные и лирообразные	2								
Компенсаторы сальниковые	0,5	Скобы	3	2	2	2	2	2	

#### **4. Общие требования к написанию и оформлению работы**

В содержании контрольной работы необходимо показать знание рекомендованной литературы по данной теме, но при этом следует правильно пользоваться первоисточниками, избегать чрезмерного цитирования. При использовании цитат необходимо указывать точные ссылки на используемый источник: указание автора (авторов), название работы, место и год издания, страницы.

В процессе работы над первоисточниками целесообразно делать записи, выписки абзацев, цитат, относящихся к избранной теме. При изучении специальной юридической литературы (монографий, статей, рецензий и т.д.) важно обратить внимание на различные точки зрения авторов по исследуемому вопросу, на его приводимую аргументацию и выводы, которыми опровергаются иные концепции.

Кроме рекомендованной специальной литературы, можно использовать любую дополнительную литературу, которая необходима для раскрытия темы контрольной работы. Если в период написания контрольной работы были приняты новые нормативно-правовые акты, относящиеся к излагаемой теме, их необходимо изучить и использовать при её выполнении.

В конце контрольной работы приводится полный библиографический перечень использованных нормативно-правовых актов и специальной литературы. Данный список условно можно подразделить на следующие части:

1. Нормативно-правовые акты (даются по их юридической силе).
2. Учебники, учебные пособия.
3. Монографии, учебные, учебно-практические пособия.
4. Периодическая печать.

Первоисточники 2,3,4 даются по алфавиту.

Оформление библиографических ссылок осуществляется в следующем порядке:

1. Фамилия и инициалы автора (коллектив авторов) в именительном падеже. При наличии трех и более авторов допускается указывать фамилии и инициалы первых двух и добавить «и др.». Если книга написана авторским коллективом, то ссылка делается на название книги и её редактора. Фамилию и инициалы редактора помещают после названия книги.

2. Полное название первоисточника в именительном падеже.
3. Место издания.
4. Год издания.
5. Общее количество страниц в работе.

Ссылки на журнальную или газетную статью должны содержать кроме указанных выше данных, сведения о названии журнала или газеты.

Ссылки на нормативный акт делаются с указанием Собрания законодательства РФ, исключение могут составлять ссылки на Российскую газету в том случае, если данный нормативный акт еще не опубликован в СЗ РФ.

При использовании цитат, идей, проблем, заимствованных у отдельных авторов, статистических данных необходимо правильно и точно делать внутри текстовые ссылки на первоисточник.

Ссылки на используемые первоисточники можно делать в конце каждой страницы, либо в конце всей работы, нумерация может начинаться на каждой странице.

Структурно контрольная работа состоит только из нескольких вопросов (3-6), без глав. Она обязательно должна содержать теорию и практику рассматриваемой темы.

#### **5. Рекомендации по выполнению задания**

Контрольная работа излагается логически последовательно, грамотно и разборчиво. Она обязательно должна иметь титульный лист. Он содержит название высшего учебного заведения, название темы, фамилию, инициалы, учёное звание и степень научного руководителя, фамилию, инициалы автора, номер группы.

На следующем листе приводится содержание контрольной работы. Оно включает в себя: введение, название вопросов, заключение, список литературы.

Введение должно быть кратким, не более 1 страницы. В нём необходимо отметить актуальность темы, степень ее научной разработанности, предмет исследования, цель и задачи, которые ставятся в работе. Изложение каждого вопроса необходимо начать с написания заголовка, соответствующему оглавлению, который должен отражать содержание текста. Заголовки от текста следует отделять интервалами. Каждый заголовок обязательно должен предшествовать непосредственно своему тексту. В том случае, когда на очередной странице остаётся место только для заголовка и нет места ни для одной строчки текста, заголовок нужно писать на следующей странице.

Излагая вопрос, каждый новый смысловый абзац необходимо начать с красной строки. Закончить изложение вопроса следует выводом, итогом по содержанию данного раздела.

Изложение содержания всей контрольной работы должно быть завершено заключением, в котором необходимо дать выводы по написанию работы в целом.

Страницы контрольной работы должны иметь нумерацию (сквозной). Номер страницы ставится вверху в правом углу. На титульном листе номер страницы не ставится. Оптимальный объём контрольной работы 10-15 страниц машинописного текста (размер шрифта 12-14) через полуторный интервал на стандартных листах формата А-4, поля: верхнее –15 мм, нижнее –15мм, левое –25мм, правое –10мм.

В тексте контрольной работы не допускается произвольное сокращение слов (кроме общепринятых).

По всем возникшим вопросам студенту следует обращаться за консультацией преподавателю. Срок выполнения контрольной работы определяется преподавателем и она должна быть сдана не позднее, чем за неделю до экзамена. По результатам проверки контрольная работа оценивается на 2-5 баллов. В случае отрицательной оценки, студент должен ознакомиться с замечаниями и, устранив недостатки, повторно сдать работу на проверку.

## 6. План – график выполнения задания

№	Этап выполнения задания	Объем часов для выполнения задания (астр.)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Выполнение контрольных заданий</b>												
1	Получение задания на установочном занятии, анализ его с преподавателем	+										
2	Изучение литературы для выполнения заданий контрольной работы		+	+	+	+	+	+	+			
3	Выполнение заданий контрольной работы, её оформление										+	+

## 7. Критерии оценивания работы

Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено

числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

*Оценка «хорошо»* выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

*Оценка «удовлетворительно»* выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

*Оценка «неудовлетворительно»* выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

## **8. Порядок защиты работы**

Получив проверенную работу, студент должен внимательно ознакомиться с рецензией, пометками на полях и выполнить все указания научного руководителя. Если работа не допущена до защиты, необходимо ознакомиться с рецензией, доработать контрольную работу, устранив все недостатки, указанные научным руководителем, и в новом варианте сдать на проверку.

В установленный кафедрой срок исполнитель обязан явиться на защиту контрольной работы, имея с собой последний вариант, рецензию на первый вариант с замечаниями руководителя и зачётную книжку.

При защите студент должен быть готов ответить на вопросы научного руководителя по всей теме контрольной работы.

Оценка работы производится по четырёхбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». После защиты положительная оценка выставляется в зачётную книжку. Защищённые контрольные работы не возвращаются и хранятся в фонде кафедры.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Перечень основной литературы

1. Штокман, Е. А. Основы отопления и вентиляции [Текст] : учебно-практич. пособие / Е. А. Штокман, Т. А. Скорик. - Ростов н/Д : Феникс, 2011. - 345 с. : ил.
2. Сибикин, Ю. Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст] : учеб.пособие для сред. проф. образования / Ю. Д. Сибикин. - 6-е изд., стер. - М. : ИЦ "Академия", 2009. - 304 с.

### Перечень дополнительной литературы:

1. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование : [учеб.пособие] / Б.М. Хрусталева, Ю.Я. Кувшинов, В.М. Копко и др. ; под ред. Б.М. Хрусталева. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во АСВ, 2010. - 784 с. : ил.
2. Рульнов, А. А. Автоматическое регулирование [Текст] : учебник для средн. строит.учеб. заведений / А. А. Рульнов, И. И. Горюнов, К. Ю. Евстафьев. - М. : ИНФРА-М, 2009. - 219 с.
3. Кокорин, О. Я. Системы и оборудование для создания микроклимата помещений [Текст] : учебник / О. Я. Кокорин, Ю. М. Варфоломеев. - М. : ИНФРА-М, 2010. - 273 с.

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

#### «Интернет», необходимых для освоения дисциплины :

1. [www.tehlit.ru](http://www.tehlit.ru)- Электронная библиотека технической литературы
2. [dic.academic.ru](http://dic.academic.ru) – Online словари и энциклопедии
3. [www.techdocument.info](http://www.techdocument.info) – Техдокумент - Документы для инженера, строителя, проектировщика, студента...