

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Хакасский технический институт – филиал федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА**

по дисциплине

Б1.О.21 Теплогазоснабжение и вентиляция

Направление подготовки

08.03.01 Строительство

Направленность (профиль)

08.03.01.01 Промышленное и гражданское строительство

## 1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы, описание показателей и критериев оценивания компетенций

Семестр	Код и наименование индикатора компетенции	Результаты обучения	Оценочные мероприятия
5 (зачет)	- Способен участвовать в проектировании объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства, в подготовке расчетного и технико-экономического обоснований их проектов, участвовать в подготовке проектной документации, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и вычислительных программных комплексов (ОПК-6)	Знать: методы: повышения энергетической эффективности зданий и сооружений; организации и проведение испытаний инженерных систем; -монтажа и наладки, испытания, сдачи в эксплуатацию инженерных систем и оборудования строительных объектов, объектов жилищно-коммунального хозяйства; принципы проектирования и реконструкции систем обеспечения микроклимата помещений	ОС-1 Вопросы к зачету
		Уметь: самостоятельно решать вопросы, непосредственно связанные с теплогазоснабжением и вентиляцией зданий и сооружений; выбирать типовые схемные решения систем ТГСВ; решать следующие задачи: - сбор и систематизация информационных и исходных данных для проектирования систем теплогазоснабжения и вентиляции зданий, сооружений, комплексов; - подготовка проектной и рабочей технической документации в строительной и жилищно-коммунальной сфере, оформление законченных проектно-конструкторских работ;	ОС-2 задачи
		Владеть: специальной терминологией; основами современных методов проектирования и расчета систем инженерного оборудования зданий, сооружений, населенных мест и городов	

## 2 Типовые оценочные средства с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения

### 2.1 Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль знаний необходим для проверки усвоения учебного материала и его закрепления. Контроль следует проводить на протяжении всего периода изучения дисциплины. Текущий контроль осуществляется в процессе практических и лекционных занятий. Формой текущего контроля является оценка по практическим работам.

### 2.2 Промежуточная аттестация

Учебным планом изучения дисциплины предусмотрена сдача зачета.

### Оценочное средство 1 – ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ (ОС-1)

1. Основные понятия и определения технической термодинамики.
2. Основные понятия и определения процесса теплообмена. Виды теплообмена: теплопроводность, конвекция, излучение.

3. Элементы микроклимата помещения.
4. Нормативные требования к микроклимату помещений различного назначения.
5. Расчетные наружные климатические условия для проектирования систем обеспечения микроклимата.
  6. Тепловой баланс помещений. Теплотери через ограждающие конструкции
  7. Теплотраты на нагрев инфильтрующегося и вентиляционного воздуха.
  8. Теплоступления в помещение.
  9. Теплотраты на отопление зданий.
  10. Летний тепловой режим помещений. Расчетная мощность системы вентиляции и кондиционирования воздуха при борьбе с теплоизбытками.
  11. Техничко-экономические основы оценки мероприятий по повышению уровня комфорта воздушной среды помещений.
  12. Общие сведения об отоплении.
  13. Отопительные приборы системы водяного отопления.
  14. Принципы вентиляции зданий. Свойства влажного воздуха. I-d диаграмма.
  15. Воздухообмен в помещении и способы его определения. Классификация систем вентиляции, основные схемы подачи и удаления воздуха из помещений.
  16. Естественная вентиляция жилых и общественных зданий. Механическая вентиляция общественных и производственных зданий. Вентиляторы.
  17. Понятие о противодымной защите зданий и помещений различного назначения. Требования пожарной безопасности при вентиляции помещений с производствами категорий А, Б и В.
  18. Системы кондиционирования воздуха (СКВ).
  19. Размещение и оборудование тепловых пунктов, приточных и вытяжных камер в общественных и производственных зданиях.
  20. Топливо, теплота сгорания, условное топливо. Характеристики топливных устройств. Котельные установки малой и средней мощности. Конструкция котлов для теплоснабжения зданий.
  21. Газовые смеси. Способы задания смеси. Парциальное давление и парциальный объем. Параметры состояния газовой смеси, газовая постоянная, молекулярная масса.
  22. Теплота термодинамического процесса. Эквивалентность теплоты и работы. Теплоемкость, виды теплоемкости.
  23. Теплообмен излучения. Общие понятия и определения
  24. Понятие о сложном теплообмене. Коэффициент теплопередачи.
  25. Теплообменные аппараты. Классификация.
  26. Теплообменные аппараты. Тепловой расчет. Основные уравнения.
  27. Виды топлива. Теплотехнические характеристики топлива
  28. Холодильные установки. Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность установки.
  29. Воздушно-тепловой режим зданий и сооружений.
  30. Характеристика воздушной среды.
  31. Затраты тепла на нагревание наружного воздуха, поступающего в помещение за счет инфильтрации и естественной вентиляции.
  32. Классификация систем отопления.
  33. Требования к системам центрального отопления; основные элементы и оборудование систем отопления. Теплотехнический, расчет отопительных приборов.
  34. Гидравлический расчет систем водного отопления.
  35. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха (назначение, классификация).
  36. Конструктивные элементы и оборудование систем вентиляции и кондиционирования:
  37. Аэродинамический расчет.
  38. Классификация природных газов, обустройство газовой скважины, магистральные газопроводы.
  39. Классификация городских газовых сетей
  40. Определение расчетных расходов газа
  41. Гидравлический расчет систем газоснабжения.
  42. Газорегуляторные пункты и станции.

43. Устройство внутренних газопроводов и приборов. Трубы и арматура в газовых сетях
44. Неравномерность потребления газа
45. Централизованное и местное теплоснабжение.
46. Способы прокладки теплопроводов.
47. Центральные тепловые пункты (ЦТП) и местные тепловые пункты (ИТП).
48. Испытание и наладка работы системы отопления.
49. Испытание и наладка работы систем вентиляция и кондиционирование воздуха.
50. Испытание газопроводов при приемке их в эксплуатацию

## Оценочное средство 2 – Практические задания (ОС-2)

Примерные темы практических заданий:

1. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций
  - наружной стены
  - перекрытия над подвалом
  - чердачного перекрытия
  - оконного и дверного заполнения
2. Расчет тепловых потерь и определение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания
3. Конструирование системы отопления
4. Расчет отопительных приборов
5. Гидравлический расчет системы отопления

### Пример практического задания ОС-2:

#### Исходные данные

Тема практических работ: Проектирование систем теплоснабжения и вентиляции жилого дома в городе Брянск

Количество этажей 3

Высота этажа 2,7 м

Высота подвала 2,7 м

Кровля скатная мягкая кровля «ондулин»

Город: Брянск

Расчетная температура внутреннего воздуха в помещении в холодный период года:  $t_e = +21^\circ\text{C}$ .

Условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

Расчетная температура наружного воздуха  $t_n = -26^\circ\text{C}$ .

Продолжительность отопительного периода –  $z_{от} = 205$  суток

Средняя температура отопительного периода –  $t_{от} = -2,3^\circ\text{C}$ .

Конструкция стены: Первый слой – цементно-песчаный (внутренняя штукатурка), второй слой – кирпичная кладка, третий слой – утеплитель (пенополистерол), четвертый – облицовочный кирпич

Конструкция чердачного перекрытия цементно-песчаный раствор; плита перекрытия из железобетона; пароизоляция; роквул;

Конструкция перекрытия над подвалом: линолеум; стяжка цементно-песчаная; железобетонная плита перекрытия.

Температура воды на входе в стояк:  $90^\circ\text{C}$

Температура воды на выходе из стояка:  $70^\circ\text{C}$

#### 1.1 Теплотехнический расчет наружной стены

1. Зона влажности района строительства – нормальная.
2. Влажность воздуха в помещении для жилой комнаты  $\varphi_{int}$  принимаем равной 55%

3. Температуру воздуха в помещении в холодный период года  $t_{int}$  или  $t_b$ . Оптимальная температура составляет 19-21°C, допустимая температура составляет 18-24°C, принимаем 21°C.

4. Влажностный режим помещения в холодный период года определяется отношением влажности воздуха в помещении для жилой комнаты  $\phi_{int}$  и температурой воздуха в помещении в холодный период года  $t_{int}$ .

5. Условия эксплуатации ограждающих конструкций принимаем А.

6. Среднюю температуру наружного воздуха в отопительный период  $t_{ht}$  или  $t_{от}$  и продолжительность отопительного периода  $z_{ht}$  или  $z_{от}$  при температуре  $\leq 8$  °С. Продолжительность отопительного периода составляет 205 дня, среднюю температура наружного воздуха в отопительный период  $t_{ht} = -2,3$ °С.

По проекту стена трехслойная кирпичная.



Рисунок 1 – Сечение стены

1. Определяем градусо-сутки отопительного периода по формуле 1:

$$ГСОП = (t_b - t_{от}) \times z_{от} \quad (1)$$

где,  $t_b = + 21^0$  С – температура воздуха в помещении в холодный период года;

$t_{от} = -2,3$  °С – температура наружного воздуха в отопительный период;

$z_{от} = 205$  дня – продолжительность отопительного периода.

$$ГСОП = (21 + 2,3) \times 205 = 4776,5$$

2. Определяем приведенное сопротивление теплопередачи по формуле 2:

$$R_{тр} = a \times ГСОП + b \quad (2)$$

где а и b - коэффициенты для стен и равны  $a = 0,00035$ ;  $b = 1,4$ .

$$R_{тр} = 0,00035 \times 4776,5 + 1,4 = 3,07 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$$

Таблица 1 – Расчетные теплотехнические показатели материалов

Наименование	Плотность $\gamma$ , кг/ м <sup>3</sup>	Ширина слоя $\delta$ , м	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м* °С
Керамический кирпич	1650	0,12	0,64
Пенополистерол	100	x	0,041
Кирпич силикатный	1800	0,57	0,76
Цементно-песчаный раствор	1800	0,01	0,76

Определяем минимальное допустимое термическое сопротивление утеплителя по формуле (3):

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum R + \frac{1}{\alpha_{ext}} \quad (3)$$

где  $\alpha_{int}$  – принимаем 8,7 Вт/(м<sup>2</sup>×°С) – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, для стен.

$\alpha_{ext}$  – принимаем 23 Вт/(м<sup>2</sup>×°С) – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции.

$$R_0^{усл} = 1/8,7 + x / 0,041 + 0,12/0,64 + 0,57/0,76 + 0,01/0,76 + 1/23 > 3,07$$

Определяем толщину утеплителя выражая X из уравнения выше:

$$x > (3,07 - 1,11) \times 0,041 = 0,08 \text{ м}$$

Принимаем толщину утеплителя 0,10 м с учетом толщины утеплителям.

Фактическое сопротивление теплопередаче с учетом толщины утеплителя:

$$R_0 = 1/8,7 + 0,10/0,041 + 0,12/0,64 + 0,57/0,76 + 0,01/0,76 + 1/23 = 3,55$$

$$R_0 > R_0^{вкл} \rightarrow 3,55 > 3,07$$

Температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности рассчитываемых ограждающих конструкций

$$\Delta t_0 = n \times (t_{в} - t_{н}) / R_0 \times a_{int} \quad (4)$$

где: n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, 1;

$t_{в}$  – в формуле (1), 21°C;

$t_{н}$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, 28°C;

$a_{int}$  – в формуле (3), 8,7.

$$\Delta t_0 = 1 \times (21 + 28) / 3,55 \times 8,7 = 1,58^\circ\text{C}$$

Полученное значение не превышает нормируемую величину

$$\Delta t_{н} > \Delta t_0 \rightarrow 4 > 1,58$$

Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции

$$k_{огр} = 1 / R_0^{факт} \quad (5)$$

$$k_{огр} = 1 / 3,55 = 0,28 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$$

Общая толщина ограждающей конструкции равна 480 мм

## 1.2 Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

Несущая конструкция перекрытия – железобетонные плиты.

Определяем приведенное сопротивление теплопередачи для чердачного перекрытия по формуле (2):

$$R_{тр} = a \times \Gamma \text{СОП} + b = 0,00045 \times 4776,5 + 1,9 = 4,1 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

где a и b – коэффициенты, принимаемые для перекрытий

a = 0,00045; b = 1,9

Определяем минимальное допустимое термическое сопротивление утеплителя по формуле (3):

где  $a_{int}$  – принимаем 8,7 Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, для стен.

$a_{ext}$  – принимаем 12 Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции.

$$R_0 = 1/8,7 + 0,013 + x/0,037 + 0,13 + 0,026 + 1/12 > 4,1$$

Определяем толщину утеплителя выражая X из уравнения выше:

$$x > (4,1 - 0,367) \times 0,037 = 0,14$$

Принимаем толщину утеплителя 0,15 м.

Таблица 2 – Расчетные теплотехнические показатели материалов чердачного перекрытия

Наименование	Плотность $\gamma$ , кг/ м <sup>3</sup>	Ширина слоя $\delta$ , м	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м× °C	Сопротивление теплопроводности $R = \delta/\lambda$ м <sup>2</sup> ×°C/Вт
Раствор цементно-песчаный	1800	0,01	0,76	0,013
роквул	35	x	0,037	x/0,037
Пароизоляция	-	-	-	-
Железобетон	2500	0,22	1,7	0,13
Раствор цементно-песчаный	1800	0,02	0,76	0,026

Фактическое сопротивление теплопередаче с учетом принятой толщины утеплителя:

$$R_0^{факт} = 1/8,7 + 0,01/0,76 + 0,22/1,7 + 0,15/0,037 + 0,02/0,76 + 1/12 = 4,42 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности рассчитываемых ограждающих конструкций определяется по формуле (4):

$$1 \cdot (21+28)/4,42 \times 8,7 = 1,27^\circ\text{C}$$

Полученное значение не превышает допустимую величину  $\Delta t_n > \Delta t_0 \rightarrow 3 > 1,27$

Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции определяется по формуле (5):

$$1/4,42 = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Общая толщина перекрытия 0,43 м.

### 1.3 Теплотехнический расчет окна

Градусосутки отопительного периода – 4776,5 °С·сут

Нормируемое сопротивление теплопередачи окна  $a=0,000025$   $b=0,5$

$$R_0^{\text{норм}} = 0,000025 \times 4776,5 + 0,5 = 0,62 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции определяется по формуле (5):

$$1/0,62 = 1,61 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

### 1.4 Теплотехнический расчет входной двери

Приведенное сопротивление теплопередаче:

$$R_{\text{нд}} = 0,6(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})_{\text{ннс}} / (\Delta t_{\text{ннсх ав}}) = 0,6 \times (21 + 28) \times 1 / 1,34 \times 8,7 = 2,52 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Коэффициент теплопередачи равен  $k_{\text{огр}} = 0,4 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

### 1.5 Теплотехнический расчет междуэтажного перекрытия

Таблица 3 – Состав слоев междуэтажного перекрытия

Материал	Толщина, м	Теплопроводность, Вт/м × °С
Линолеум	0,02	0,23
Цементно-песчаная стяжка	0,10	0,69
Жб. плита	0,24	2,04

$$R_{\text{факт}} = 1/8,7 + 0,02/0,23 + 0,1/0,69 + 0,24/2,04 + 1/12 = 3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Коэффициент теплопередачи равен  $k_{\text{огр}} = 1/3 = 0,33 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Полученные данные заносим в таблицу 4

Таблица 4 – Результаты теплотехнического расчета ограждений здания

ТЕПЛОПOTЕРИ ПОМЕЩЕНИЙ ЦОКОЛЬНЫЙ ЭТАЖ																
№ ПОМЕЩЕНИЯ, ЕГО НАЗНАЧЕНИЕ	ТЕМПЕРАТУРА ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА	ХАРАКТЕРИСТ. ОГРАЖД.				РАЗНОСТЬ ТЕМПЕРАТУР, $t_{int} - t_{ext}$ , °C	ПОПРАВочный КОЭФ-Т, n	КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ k, Вт/(м²·°C)	ДОБАВОЧНЫЕ ПОТЕРИ ТЕПЛОТЫ, Вт		МНОЖИТЕЛЬ ДЛЯ УЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ (1+Σβ)	ПОТЕРИ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ Q <sub>отр</sub> , Вт	СУММА ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ, ΣQ <sub>отр</sub> , Вт	ПОТЕРИ ТЕПЛОТЫ НА НАГРЕВАНИЕ ИНФИЛЬТРУЮЩЕГОСЯ НАРУЖНЕГО ВОЗДУХА Q <sub>инф</sub> , Вт	БЫТОВЫЕ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ Q <sub>быт</sub> , Вт	ПОЛНЫЕ ПОТЕРИ ТЕПЛОТЫ ПОМЕЩЕНИЯ Q <sub>пом</sub> , Вт
		УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ	ОРИЕНТАЦИЯ ПО СТОРОНАМ СВЕТА	ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ (А·В), М	ПЛОЩАДЬ S, М²				НА ОРИЕНТАЦИЯ ОГРАЖДЕНИЯ	НА ПОСТУПЛЕНИЕ ХОЛОДНОГО ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ НАРУЖНЫЕ ДВЕРИ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>ЦОКОЛЬНЫЙ ЭТАЖ</b>																
1 КЛАДОВАЯ	24	НС	ЮВ	3,96*2,7	10,692	20,45	1	0,28	0,05	0	1,05	64,28351	130,957	39,28711	0,594	
		НС	СЗ	1,5*2,7	4,05	20,45	1	0,28	0,1	0	1,1	25,50933				
		МП		1,5*3,96	5,94	21	0	0,33			1	41,1642				
																169,6501541
2 СПОРТЗАЛ	22	НС	СЗ	4,25*2,7	11,475	18,45	1	0,28	0,1	-	1,1	67,1517	172,6758	51,80274	1,683	
		МП	-	4,25*3,96	16,83	19	0	0,33			1	105,5241				
																222,79554
3 ПРАЧЕЧНАЯ	24	НС	СЗ	3,6*2,7	9,72	20,45	1	0,28	0,1	-	1,1	61,22239	227,3611	68,20833	1,4256	
		НС	С	3,96*2,7	10,692	20,45			0,1	-	1,1	67,34463				
		МП	-	3,6*3,96	14,256	21		0,33			1	98,79408				
																294,1438342
4 САМУЗЕЛ	24	НС	С	2,76*2,7	7,452	20,45	1	0,28	0,1		1,1	46,93717	85,19077	25,55723	0,552	
		МП		2*2,76	5,52	21		0,33			1	38,2536				
																110,1959974



5 ГАРАЖ МАСТЕРСКАЯ	19	НС	СВ	7,6*2,7	19,76	15,45	1	0,28	0,1		1,1	94,02994	347,6777	104,3033	3,0096	
		ворота	ЮВ	3*2,5	7,5	16,48		0,4	0,05	0,55	1,6	79,104				
		НС	ЮВ	1,275*2,7	3,4425	15,45	1	0,28	0,05		1,05	15,63687				
		МП		7,6*3,96	30,096	16		0,33			1	158,9069				
448,9713889																
6 КОРИДОР	21	НС	ЮВ	2,76*2,7	7,452	17,45	1	0,28	0,05		1,05	38,231	160,8611	48,25833	2,06448	
		МП		7,48*2,76	20,6448	18		0,33			1	122,6301				
207,0549599																
<b>ОБЩИЕ ПОТЕРИ ПО ЦОКОЛЬНОМУ ЭТАЖУ</b>																
1452,812																
<b>1 ЭТАЖ</b>																
1 КАБИНЕТ	24	НС	ЮВ	2,76*2,7	7,452	20,45	1	0,28	0,05		1,05	44,80366	559,3951	167,8185	1,87704	
		НС	СЗ	3,54*2,7	9,558	20,45	1	0,28	0,1		1,1	60,20202				
		МП		3,96*4,74	18,7704	21		0,33			1	130,0789				
		МП		3,96*4,74	18,7704	21		0,33			1	130,0789				
		ОК	ЮВ	1,2*2	2,4	23,38	1	1,61	0,05		1,05	94,85734				
		ОК	СЗ	1,2*2	2,4	23,38	1	1,61	0,1		1,1	99,37435				
725,3366																
2 ГОСТЕВАЯ	24	НС	С	3,54*2,7	9,558	20,45	1	0,28	0,1		1,1	60,20202	487,0787	146,1236	1,87704	
		НС	СЗ	3,96*2,7	10,692	20,45	1	0,28	0,1		1,1	67,34463				
		МП		4,74*3,96	18,7704	21		0,33			1	130,0789				
		МП		4,74*3,96	18,7704	21		0,33			1	130,0789				
		ОК	СЗ	1,2*2	2,4	23,38	1	1,61	0,1		1,1	99,37435				
631,3253																
3 САМУЗЕЛ	24	НС	С	2,76*2,7	7,452	20,45	1	0,28	0,1		1,1	46,93717	161,698	48,50939	0,828	
		МП		2,73*3	8,28	21		0,33			1	57,3804				
		МП		2,76*3	8,28	21		0,33			1	57,3804				
209,3794																
4 КУХНЯ- ГОСТИННАЯ	21	НС	С	2,76*2,7	7,452	17,45	1	0,28	0,1		1,1	40,05152	906,533	271,9599	3,8016	
		НС	СВ	6,9*2,7	18,63	17,45	1	0,28	0,1		1,1	100,1288				
		НС	ЮВ	3,96*2,7	10,692	17,45	1	0,28	0,05		1,05	54,85317				
		ОК	С	1,2*2	2,4	20,38	1	1,61	0,1		1,1	86,62315				
		ОК	СВ	1,2*2	2,4	20,38	1	1,61	0,1		1,1	86,62315				
		ОК	СВ	1,2*2	2,4	20,38	1	1,61	0,1		1,1	86,62315				
		МП		3,96*9,6	38,016	18		0,33			1	225,815				
		МП		3,96*9,6	38,016	18		0,33			1	225,815				

																	1174,691
5 КОРИДОР	21	НС	ЮВ	1,76*2,7	4,752	17,45	1	0,28	0,05		1,05	24,37919	260,3217	78,09651	1,78848		
		НД	ЮВ	1*2,1	2,1	18,48		0,4	0,05	0,462	1,512	23,47108					
		МП		6,48*2,76	17,8848	18		0,33			1	106,2357					
		МП		6,48*2,76	17,8848	18		0,33			1	106,2357					
336,6297144																	
6 ТАМБУР	16	НС	СВ	2*2,7	5,4	12,45	1	0,28	0,1		1,1	20,23	94,686	28,4058	0,504		
		НС	ЮВ	1,57*2,7	4,104	12,45	1	0,28	0,05		1,05	18,884					
		НС	СЗ	2*2,7	5,4	12,45	1	0,28	0,1		1,1	20,23					
		НД	ЮВ	1*2,1	2,1	13,48		0,4	0,05	0,462	1,512	17,492					
		ПП		2,52*2	5,04	11,58		0,23			1	17,85					
122,5878																	
<b>ОБЩИЕ ПОТЕРИ ПО 1-МУ ЭТАЖУ</b>																<b>3199,950132</b>	
<b>2 ЭТАЖ</b>																	
1 СПАЛЬНЯ	24	НС	ЮВ	2,76*2,7	7,452	20,45	1	0,28	0,05		1,05	44,80366	622,2184	186,6655	2,56608		
		НС	СЗ	5,28*2,7	14,256	20,45	1	0,28	0,1		1,1	89,79284					
		МП		6,48*3,96	25,6608	21		0,33			1	177,8293					
		ОК	ЮВ	1,2*2	2,4	23,38	1	1,61	0,05		1,05	94,85734					
		ОК	СЗ	1,2*2	2,4	23,38	1	1,61	0,1		1,1	99,37435					
		ПП		6,48*3,96	25,6608	19,58		0,23			1	115,5608					
806,3178139																	
2 ГАРДЕРОБ	24	НС	СЗ	3*2,7	8,1	20,45	1	0,28	0,1		1,1	51,01866	254,9298	76,47895	1,188		
		НС	СЗ	3,96*2,7	10,692	20,45	1	0,28	0,1		1,1	67,34463					
		ПП		3*3,96	11,88	19,85		0,23			1	54,23814					
		МП		3*3,96	11,88	21		0,33			1	82,3284					
330,2207806																	
3 САНУЗЕЛ	24	НС	С	2,76*2,7	7,452	20,45	1	0,28	0,1		1,1	46,93717	142,1199	42,63597	0,828		
		ПП		3*2,76	8,28	19,85		0,23			1	37,80234					
		МП		3*2,76	8,28	21		0,33			1	57,3804					
183,9278794																	
4 ДЕТСКАЯ 1	24	НС	С	2,76*2,7	7,452	20,45	1	0,28	0,1		1,1	46,93717	521,663	156,4989	1,87704		
		НС	СВ	3,54*2,7	9,558	20,45	1	0,28	0,1		1,1	60,20202					
		ОК	С	1,2*2	2,4	23,38	1	1,61	0,1		1,1	99,37435					
		ОК	СВ	1,2*2	2,4	23,38	1	1,61	0,1		1,1	99,37435					
		ПП		4,74*3,96	18,7704	19,85		0,23			1	85,69626					

		МП		4,74*3,96	18,7704	21		0,33			1	130,0789					
																676,2848902	
5 ДЕТСКАЯ 2	24	НС	СВ	3,54*2,7	9,558	20,45	1	0,28	0,1		1,1	60,20202	515,0125	154,5037	1,87704		
		НС	ЮВ	2,76*2,7	7,452	20,45	1	0,28	0,05		1,05	44,80366					
		ОК	СВ	1,2*2	2,4	23,38	1	1,61	0,1		1,1	99,37435					
		ОК	ЮВ	1,2*2	2,4	23,38	1	1,61	0,05		1,05	94,85734					
		ПП		4,74*3,96	18,7704	19,85		0,23			1	85,69626					
		МП		4,74*3,96	18,7704	21		0,33			1	130,0789					
																667,6392095	
6 КОРИДОР	21	НС	ЮВ	2,76*2,7	7,452	17,45	1	0,28	0,05		1,05	38,231	212,6686	63,80058	1,78848		
		ПП		6,48*2,76	17,8848	16,58		0,23			1	68,2019					
		МП		6,48*2,76	17,8848	18		0,33			1	106,2357					
																274,6807051	
																<b>ОБЩИЕ ПОТЕРИ ПО 2-МУ ЭТАЖУ</b>	2939,071
																<b>ОБЩИЕ ПОТЕРИ ПО ЗДАНИЮ</b>	7591,833

## 2. Расчет тепловых потерь и определение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания

Определение потерь теплоты помещениями здания производится в соответствии с положениями СНиП 2.04.05–91\*.

Исходные и полученные в ходе расчета потерь теплоты данные заносятся в табл. 5, при заполнении которой следует руководствоваться следующими указаниями.

Графа 1 – «Номер помещения, его назначение». Номера проставляют на чертежах в центре помещения в одинарном кружке.

Графа 2 – «Температура внутреннего воздуха  $t$ , °С». Принимается по табл. 13 (методические указания). В угловых помещениях температура внутреннего воздуха принимается на 2 °С выше, чем в не угловых.

Графа 3 – «Наружная ограждающая конструкция. Обозначение». Приняты согласно таблицы 4 данной работы.

Графа 4 – «Наружная ограждающая конструкция. Ориентация по сторонам света». Заполняется для вертикальных конструкций в соответствии с заданием (табл. 2 методические указания).

Графа 5 – «Наружная ограждающая конструкция. Размеры  $a \times b$ , м».

Графа 6 – «Наружная ограждающая конструкция. Площадь  $A$ , м<sup>2</sup>».

Графа 7 – «Разность температур ( $t_{int} - t_{ext}$ ), °С»,

где  $t_{int}$  – то же, что и в графе 2 таблицы 5,

$t_{ext}$  – то же, что и в графе 4 таблицы 4.

Графа 8 – «Поправочный коэффициент  $n$ ». Поправочный коэффициент к разности температур ( $t_{int} - t_{ext}$ ) принимается по табл. 6 (методические указания).

Графа 9 – «Коэффициент теплопередачи ограждающих конструкции  $k$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С)». Принимаем по графе 5 таблицы 4 данной работы.

Графа 10 – «Добавочные потери теплоты  $\beta$  на ориентацию ограждения». Следует принимать в долях от основных потерь теплоты в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна, обращенные на Север, Восток, Северо-Восток и Северо-Запад – в размере 0,1; на Юго-Восток и Запад – в размере 0,05.

Графа 11 – «Добавочные потери теплоты  $\beta$  на поступление холодного воздуха через наружные двери». Добавка к потерям теплоты в лестничной клетке на поступление холодного воздуха при открывании наружных дверей, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте зданий  $H$ , м, от средней планировочной отметки земли до верха карниза, в размере:

0,2  $H$  – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;

0,27  $H$  – для двойных дверей с тамбурами между ними;

0,34  $H$  – для двойных дверей без тамбура; 0,22

$H$  – для одинарных дверей.

Графа 12 – «Множитель для учета дополнительных потерь теплоты ( $1 + \Sigma\beta$ )».

Графа 13 – «Потери теплоты через ограждающие конструкции  $Q_{огр}$ , Вт». Определяются по формуле (6)

$$Q_{огр} = A(t_{int} - t_{ext}) \cdot (1 + \Sigma\beta)nk \quad (6)$$

Графа 14 – «Потери теплоты помещением через ограждающие конструкции  $\Sigma Q_{огр}$  Вт». Определяются как сумма потерь теплоты через отдельные ограждающие конструкции данного помещения.

Графа 15 – «Потери теплоты на нагревание инфильтрующегося через ограждающие конструкции наружного воздуха  $Q$ , Вт». В результате действия теплового и ветрового давления через поры и не плотности в наружных ограждениях происходит просачивание холодного наружного воздуха внутрь помещения (инфильтрация). Для упрощения расчетов в курсовой работе принимается

$$Q_{инф} = 0,3Q_{огр}$$

(7)

Графа 16 – «Бытовые теплопоступления  $Q_{быт}$ , Вт». Количество теплоты, которое выделяется в процессе жизнедеятельности в комнатах и кухнях жилых домов, следует принимать не менее чем 10 Вт на 1 м<sup>2</sup> площади пола помещения.

Графа 17 – «Полные потери теплоты помещения  $Q_{пом}$ , Вт». Определяются по формуле

$$Q_{пом} = Q_{огр} + Q_{инф} - Q_{быт}. \quad (8)$$

Потери теплоты помещениями всего здания  $Q_{зд}$ , Вт, равны

$$Q_{зд} = \Sigma Q_{пом}. \quad (9)$$

После определения  $Q$  следует найти удельный (на 1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади пола квартир или полезной площади помещений) расход тепловой энергии на отопление здания  $q_h^{des}$ , кДж/(м<sup>2</sup>·°С·сут):

$$Q_h^{des} = 10^3 * Q_h^y / (A_h D_d) \quad (10)$$

где  $Q_h^y$  – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж, который вычисляется по формуле (11);

$A_h$  – сумма площадей пола квартир или полезной площади помещений здания, за исключением технических этажей и гаражей, 208,008 м<sup>2</sup>;

$D_d$  – градусосутки отопительного периода ГСОП (1).

Полученная величина должна быть меньше или равна нормируемому значению  $q_h^{des}$ , кДж/(м<sup>2</sup>·°С·сут), принимаемому табл. 14 (методические указания).

$$Q_h^y = 3,6 \beta_{пот} Q_{зд} D_d * 24 / (t_{int} - t_{ext}) 10^3 \quad (11)$$

где:  $\beta_{пот}$  – коэффициент, учитывающий непроизводительные потери теплоты системой отопления, принимаемый равным 1,1

$$Q_h^y = 3,6 * 1,1 * 7591,833 * 4776,5 * 24 / (21 + 2,3) * 10^3 = 0,15 \text{ МДж}$$

$$Q_h^{des} = 10^3 * 0,15 / 208,008 * 4776,5 = 0,0002$$

Данное значение не превышает предельно допустимого из таблицы 14 (методические указания).

Для облегчения и быстрого расчета используем Microsoft Excel, файл прилагается к работе.

### 3 Характеристика и конструирование системы отопления

Конструирование системы отопления производится в соответствии с требованиями СНиП 41-01–2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

В здании необходимо запроектировать централизованную систему водяного отопления по заданному варианту с расчетными температурами теплоносителя  $t_T = 105\text{ }^\circ\text{C}$  и  $t_O = 70\text{ }^\circ\text{C}$ .

Классификация систем водяного отопления проводится по следующим основным признакам.

По схеме подключения отопительных приборов к стояку системы отопления подразделяют на двухтрубные в которых горячая вода поступает в отопительный прибор по одним подающим стоякам, а охлажденная отводится по другим, и однотрубные, в которых горячая вода подводится к приборам и охлажденная вода отводится от них по одному стояку. В реальных условиях в одной системе, как правило, применяется одна из указанных схем. (рисунок 2)

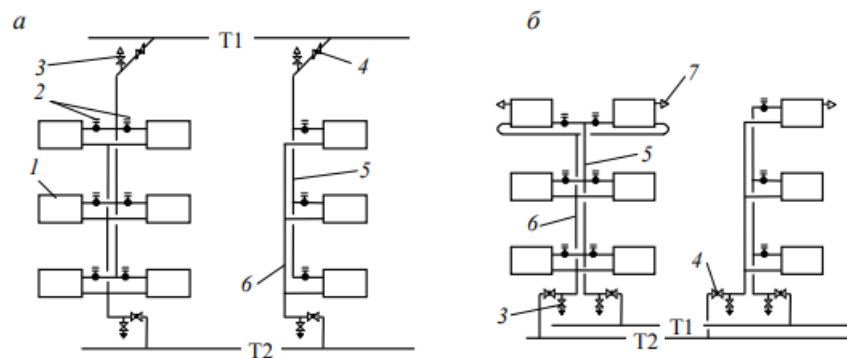


Рис. 2 Двухтрубная система водяного отопления:  
*а* – с верхней разводкой; *б* – с нижней разводкой; Т1 – подающая магистраль; Т2 – обратная магистраль; 1 – отопительный прибор; 2 – кран двойной регулировки; 3 – краны для впуска воздуха (верхние) и для спуска воды (нижние); 4 – проходные краны или вентили; 5 – подающий стояк; 6 – обратный стояк; 7 – воздушный кран

По месту расположения магистральных трубопроводов горячей и охлажденной воды системы отопления называют с верхней разводкой, при прокладке подающей магистрали выше отопительных приборов (см. рис. 2, *а* и 3, *а*) и с нижней разводкой, при расположении обеих магистралей ниже приборов (см. рис. 2, *б* и 3, *б*).

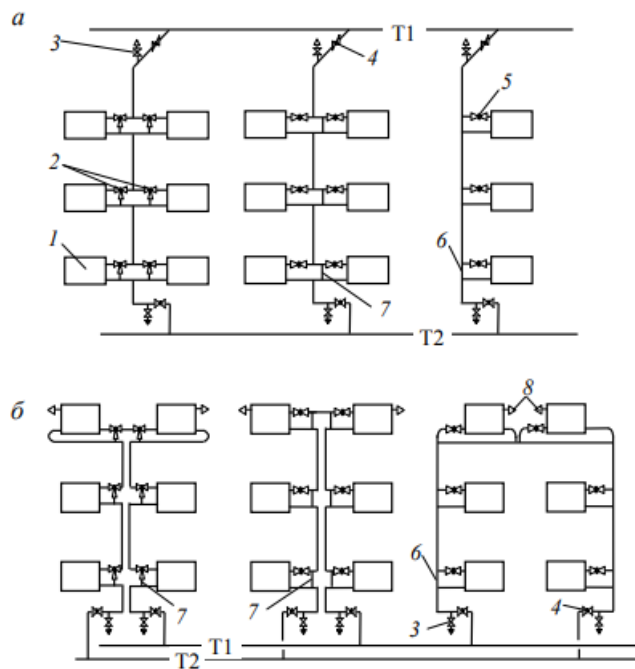


Рис. 3 Однотрубная система водяного отопления:  
*a* – с верхней разводкой; *б* – с нижней разводкой;  
 Т1 – подающая магистраль; Т2 – обратная магистраль;  
 1 – отопительный прибор; 2 – кран трехходовой; 3 – краны для выпуска воздуха (верхние) и для спуска воды (нижние); 4 – проходные краны или вентили; 5 – кран проходной; 6 – осевой замыкающий участок; 7 – смещенный замыкающий участок; 8 – воздушный кран

По направлению движения воды в подающей и обратной магистралях системы отопления бывают с тупиковым (в противоположных направлениях) и попутным (в одном направлении) движением воды в магистралях (рис. 4).

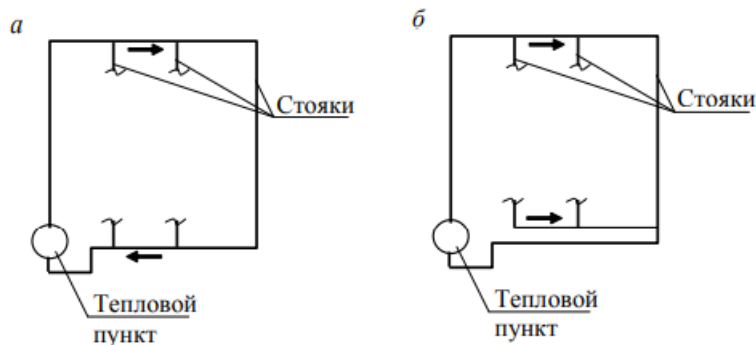


Рис. 4 Системы отопления:  
*a* – с тупиковым и *б* – с попутным движением воды в магистралях

Конструирование системы отопления начинается с расстановки на поэтажных планах отопительных приборов. Отопительные приборы следует размещать под световыми проемами в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки. Желательно, чтобы длина прибора составляла не менее 50 % длины оконного проема.

Присоединение отопительных приборов к теплопроводам может осуществляться по шести схемам (рис. 5). Наиболее эффективна схема сверху–вниз -диагональная, при которой плотность теплового потока отопительного прибора всегда выше за счет более равномерной и высокой температуры поверхности прибора, чем при схеме снизу–вниз и особенно снизу–вверх

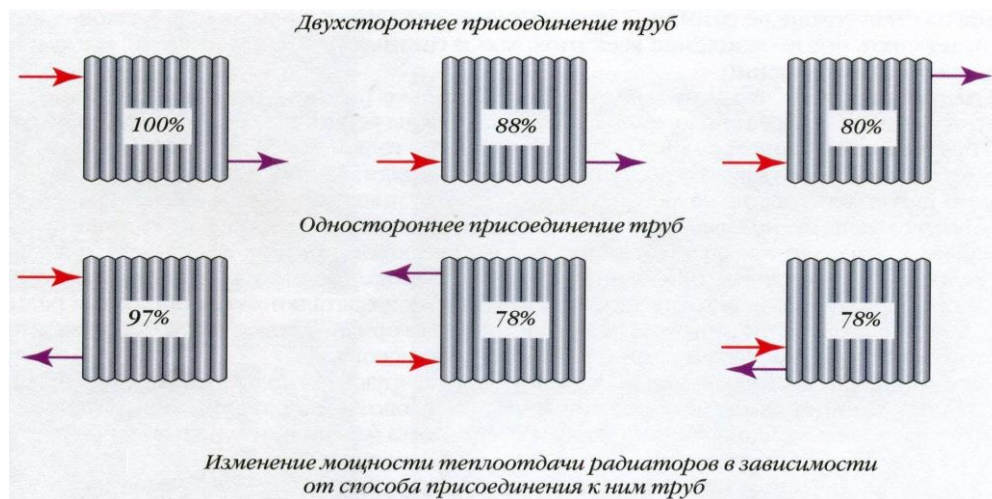


Рисунок 5 – Присоединение отопительных приборов к теплопроводам

В двух- и однотрубных системах с верхней разводкой наиболее целесообразно размещать приборы по отношению к стоякам таким образом, чтобы каждый стояк имел двустороннюю нагрузку (см. рис. 2, а)

Исходные данные по конструктивной схеме отопления

Таблица 5 – исходные данные характеристики системы отопления по варианту 3 (принимается по таблице 2 методические указания)

параметр	Вариант 3
Величина располагаемого давления на входе в систему отопления, Па	6000
Характеристика системы отопления	1 тр-однотрубная ВР – верхняя разводка Т- тупиковая

#### 4 Расчет отопительных приборов

Расчет отопительных приборов производится в целях определения площади их поверхности, обеспечивающей передачу в помещение необходимого для компенсации тепловых потерь количества теплоты.

Тип отопительного прибора и его характеристика выбирается по табл. 15 (методические указания, по последней цифре номера зачетной книжки).

В работе требуется рассчитать и подобрать отопительные приборы, присоединенные только к стояку основного циркуляционного кольца. Основным циркуляционным кольцом считается наиболее протяженное и/или наиболее загруженное кольцо системы.

Тепловая мощность каждого прибора  $Q_{пр}$ , Вт, определяется путем деления тепловых потерь помещения на число установленных в нем отопительных приборов.

Тип отопительного прибора по варианту – радиатор чугунный секционный МС-90-108;

Номинальный условный тепловой поток одного элемента прибора  $Q_{ну}=150$  Вт;

Длина одного элемента прибора  $L=108$  мм.

Расчет отопительных приборов ведется в следующей последовательности:

Вычерчивается расчетная схема стояка с указанием тепловой мощности  $Q$ , Вт, каждого прибора (см. рис. 8, 9).

Для однотрубных систем водяного отопления находится тепловая нагрузка стояка  $Q_{ст}$ , Вт, как суммарная тепловая мощность подключенных к нему приборов и определяется массовый расход воды в стояке  $G_{ст}$ , кг/ч:

$$G_{ст} = 3,6 Q_{ст} \beta_1 \beta_2 / c_p (t_r - t_0) \quad (12)$$

где  $c_p$  – удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг · °С);

$t_2$  и  $t_0$  – температуры воды на входе в стояк и на выходе из него, принимаемые равными соответственно



105 и 70 °С;

$\beta_1$  – коэффициент учета увеличения теплового потока устанавливаемых отопительных приборов в результате округления расчетной величины в большую сторону, определяемый по табл. 16 (методические указания);

$\beta_2$  – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительных приборов у наружных ограждений, определяемый по табл. 17 (методические указания).

Таблица 5 – тепловая нагрузка стояка

тепловая нагрузка стояка		$\beta_1$	$\beta_2$	$Q_{ст}$	$C_p$	$T_r - T_o$
ст1	3,6	1,03	1,02	300	4,19	35
ст2				450		
ст3				450		
ст4				750		
ст5				450		
ст6				450		

Расчет производился в программе Microsoft Excel – файл прилагается к пояснительной записке.

Вычисляется средняя температура воды в каждом приборе стояка  $t$ , °С:

- для однотрубных систем:

$$t_{cp} = t_r - (\Sigma Q_{np} + 0,5 \times Q_{пр} / \alpha) \cdot 3,6 \times \beta_1 \beta_2 / c_{cp} G_{ст} \quad (13)$$

где  $\Sigma Q$  – суммарная тепловая мощность приборов, подключенных к стояку до рассматриваемого прибора, Вт;

$\alpha$  – коэффициент затекания воды в отопительный прибор, принимаемый по табл. 18 (методические указания)

Все расчеты производятся в программе Microsoft Excel и сводится в таблицу 6

Находится разность средней температуры воды в приборе  $\Delta t_{cp}$ , °С, и температуры воздуха в помещении  $t_{int}$ , °С (табл. 14 методические указания)

$$\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_{int} \quad (14)$$

6. Вычисляется величина требуемого номинального теплового потока выбранного прибора  $Q_{н.пр}$ , Вт, исходя из того, что она не должна сократиться более чем на 5 % по сравнению с  $Q_{пр}$ :

$$Q_{н.пр} = 0,95 Q_{пр} / \phi_k \quad (15)$$

где  $\phi_k$  – комплексный коэффициент приведения  $Q_{н.пр}$  к расчетным условиям, определяемый при теплоносителе воде по формуле

$$\phi_k = \left( \frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+n} \left( \frac{G_{пр}}{360} \right)^p b c \psi, \quad (16)$$

где  $n$ ,  $p$  и  $c$  – величины, соответствующие определенному виду отопительных приборов, принимаются по табл. 19 (методические указания);

$b$  – коэффициент учета атмосферного давления в данной местности, при атмосферном давлении  $10^5$  Па –  $b = 1,0$ ;

$\psi$  – коэффициент учета направления движения теплоносителя в приборе. Для отопительных приборов, подключенных по схеме сверху-вниз и снизу-вниз  $\psi = 1$ ;

Для однотрубной системы водяного отопления массовый расход воды, проходящей через рассчитываемый прибор  $G_{пр}$ , кг/ч,

$$G_{пр} = \alpha \cdot G_{ст}. \quad (17)$$

7. Для стальных панельных радиаторов и конвекторов выбирается типоразмер отопительного прибора по величине  $Q \geq Q_{н.пр}$ , Вт, по табл. 15 (методические указания). Для секционных радиаторов определяется минимально необходимое число секций отопительного прибора  $n_{сек}$ , шт.:

$$n_{сек} \geq \frac{Q_{н.пр} \cdot \beta_4}{Q_{н.у} \cdot \beta_3}, \quad (18)$$

где:  $\beta_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки прибора, при открытой установке = 1.  
 $\beta_3$  - поправочный коэффициент число секций в приборе принимается при ориентировочном значении  $n_{сек}$  равен 1.

Все вычисления округляются до целого числа и заносятся в таблицу 6.

Таблица 6 – Таблица расчетов

ср. температура воды в каждом приборе стояка	G <sub>ст</sub>	ΣQ пр	Q <sub>п</sub> р	T <sub>г</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	C <sub>p</sub>	α	T <sub>ср</sub>	ΔT <sub>ср</sub>	Q <sub>н.пр</sub>	φк	n <sub>сек</sub>	n <sub>сек</sub>	
<b>ст1</b>															
прибор 1	7,7	0	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	4,19	78,49	54,49	194,3	0,733	1,295	2
прибор 2	4	150	0	15	5	6	0	0	19	473	473	752	118	834	2
										61,00	37,00	318,0	0,448	2,120	3
										125	125	684	017	456	3
<b>ст2</b>															
прибор 3		0	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	87,32	63,32	157,2	0,906	1,048	2
прибор4	11,61	150	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	982	982	473	216	315	2
прибор5	300	300	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	75,66	51,66	205,8	0,692	1,372	2
										75	75	09	39	06	2
										64,00	40,00	291,5	0,488	1,943	2
										518	518	627	746	752	2
<b>ст3</b>															
прибор 6		0	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	87,32	63,32	157,2	0,906	1,048	2
прибор 7	11,61	150	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	982	982	473	216	315	2
прибор 8	300	300	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	75,66	51,66	205,8	0,692	1,372	2
										75	75	09	39	06	2
										64,00	40,00	291,5	0,488	1,943	2
										518	518	627	746	752	2
<b>ст4</b>															
прибор 9		0	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	94,39	70,39	138,5	1,028	0,923	1
прибор 10	19,34	300	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	241	241	645	402	763	2
прибор 11	300	300	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	80,39	56,39	184,1	0,773	1,227	2
прибор 12										039	039	449	847	633	2
прибор 13										94,39	70,39	138,5	1,028	0,923	1
										241	241	645	402	763	1
										80,39	56,39	184,1	0,773	1,227	2
										039	039	449	847	633	2
										66,38	42,38	264,0	0,539	1,760	2
										837	837	568	657	379	2
<b>ст5</b>															
прибор 14		0	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	87,32	63,32	157,2	0,906	1,048	2
прибор 15	11,61	150	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	982	982	473	216	315	2
прибор 16	300	300	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	75,66	51,66	205,8	0,692	1,372	2
										75	75	09	39	06	2
										64,00	40,00	291,5	0,488	1,943	2
										518	518	627	746	752	2
<b>ст6</b>															
прибор 17		0	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	87,32	63,32	157,2	0,906	1,048	2
прибор 18	11,61	150	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	982	982	473	216	315	2
прибор 19	300	300	0,5	15	10	3,6	1,03	1,02	19	75,66	51,66	205,8	0,692	1,372	2
										75	75	09	39	06	2
										64,00	40,00	291,5	0,488	1,943	2
										518	518	627	746	752	2

## 5 Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления

Гидравлический расчет трубопроводов центральной системы водяного отопления сводится к определению экономичных сечений участков трубопроводов основного циркуляционного кольца, обеспечивающих при определенном перепаде давления подачу необходимого количества теплоносителя ко всем отопительным приборам.

Гидравлический расчет выполняют по схеме системы отопления (фронтальная изометрическая проекция), вычерчиваемой в масштабе 1:100. Вариант системы водяного отопления и разводки магистральных трубопроводов.

На схеме системы отопления показывают основное циркуляционное кольцо, на котором вычерчивают расчетный стояк вместе с отопительными приборами. Показ остальных циркуляционных колец ограничивают разводкой магистралей и ответвлений к стоякам. Кроме того, на схеме необходимо показать запорно-регулирующую арматуру (вентили, задвижки, тройники с пробкой и т. п.), воздухосборники, уклоны трубопроводов, присоединение магистралей системы водяного отопления к тепловому центру, тепловой центр с подключением магистралей наружной тепловой сети.

Основное циркуляционное кольцо необходимо разделить на расчетные участки. Участок – это часть теплопровода с неизменным расходом теплоносителя, проходящего по нему. Расчетные участки нумеруются по направлению движения теплоносителя, начиная от элеваторного узла теплового центра. Рекомендуется нумерация участков одной цифрой, например, 1, 2, 3 и т. д.

Гидравлический расчет рекомендуется вести методом удельных линейных потерь давления на трение по длине трубопроводов в нижеприведенной последовательности.

Выявляется тепловая нагрузка на всех расчетных участках основного циркуляционного кольца  $Q$ , Вт. <sub>уч</sub>

Тепловая нагрузка магистральных участков определяется как сумма тепловых нагрузок стояков, к которым по этому участку подводится теплоноситель

По чертежам (планам и схеме системы отопления) замеряются длины расчетных участков  $l$ , м. <sub>уч</sub>

Вычисляется массовый расход воды на участках,  $G_{уч}$ , кг/ч:

$$G_{уч} = \frac{3,6 \cdot Q_{уч} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c_p (t_r - t_o)}, \quad (19)$$

где  $\beta_1, \beta_2, c_p, t_r, t_o$  – то же, что и в формуле (12).

Вычисляется средняя величина удельной потери давления на трение (удельное сопротивление)  $R_{ср}$ , Па/м:

$$R_{ср} = \frac{m \cdot \Delta p_p}{\sum l}, \quad (20)$$

где  $m$  – коэффициент, принимаемый для однетрубной системы отопления 0,65, м;

$\Delta p$  – расчетное давление в системе отопления, 6000 Па

С помощью номограммы на рисунок 6 при известных значениях  $R_{ср}$  и  $G_{уч}$  находят ближайший по стандарту диаметр трубопровода  $d$ , фактические значения удельного сопротивления  $R$ , скорость движения воды  $w_{уч}$  и динамическое давление воды  $p_{дин уч}$ .

По схеме системы отопления находятся местные сопротивления на каждом участке основного циркуляционного кольца. При этом местные сопротивления (крестовины и тройники), расположенные на границе двух участков, следует отнести к участкам с меньшим массовым расходом воды. По табл. 20 (методические указания) определяются величины коэффициентов местных сопротивлений и их сумма  $\sum \zeta_{уч}$ . Местные сопротивления этаже узлов однетрубных систем водяного отопления с верхней приведены в табл. 21 (методические указания).

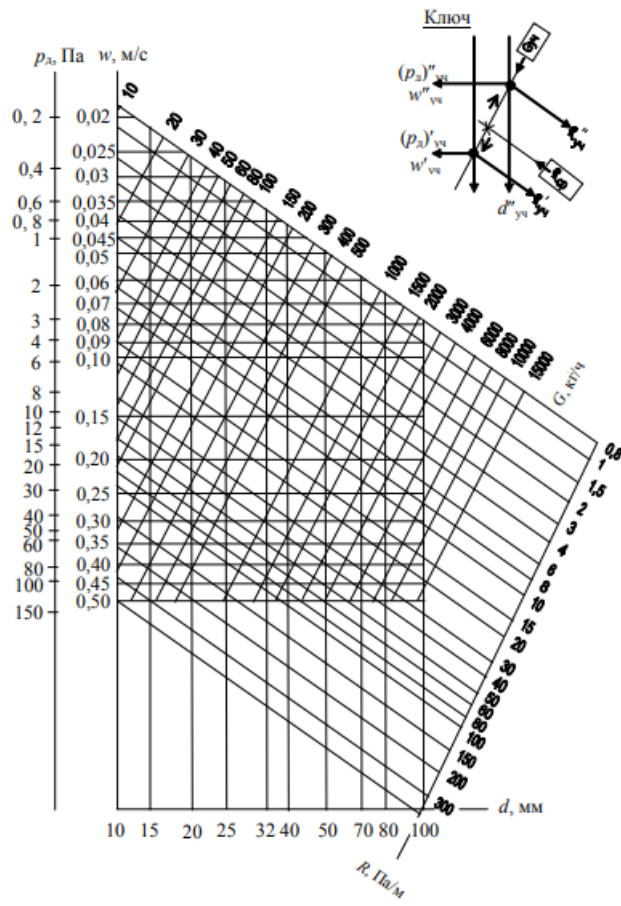
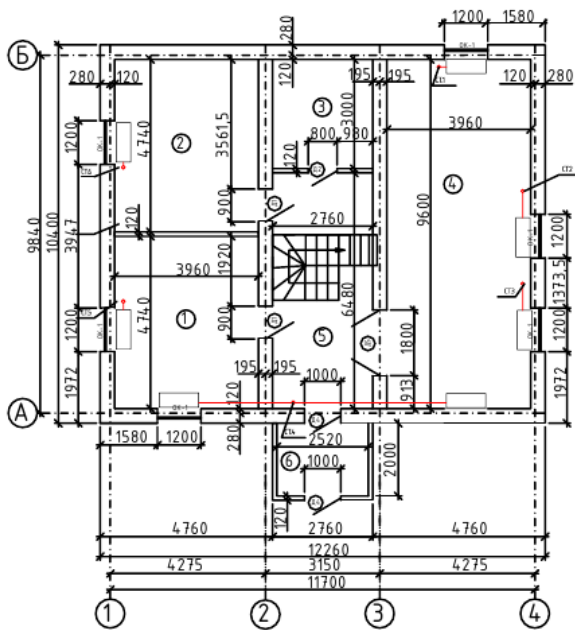
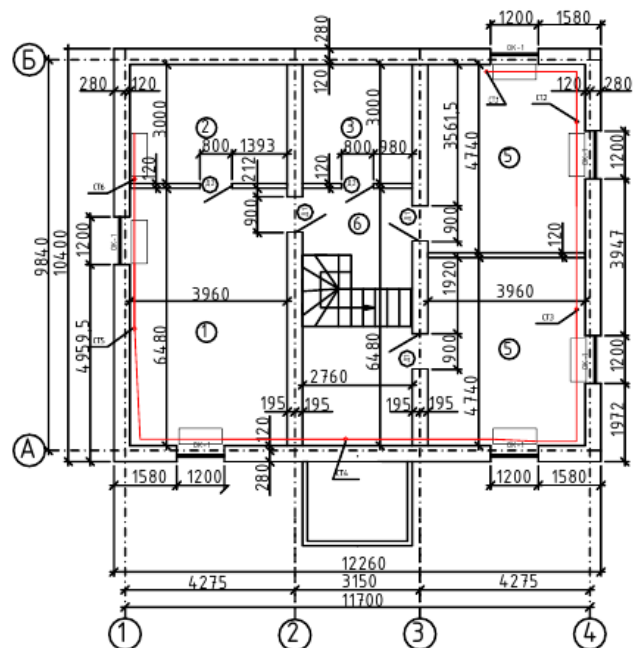


Рисунок 6 – Нормограмма для гидравлического расчета трубопроводов систем водяного отопления

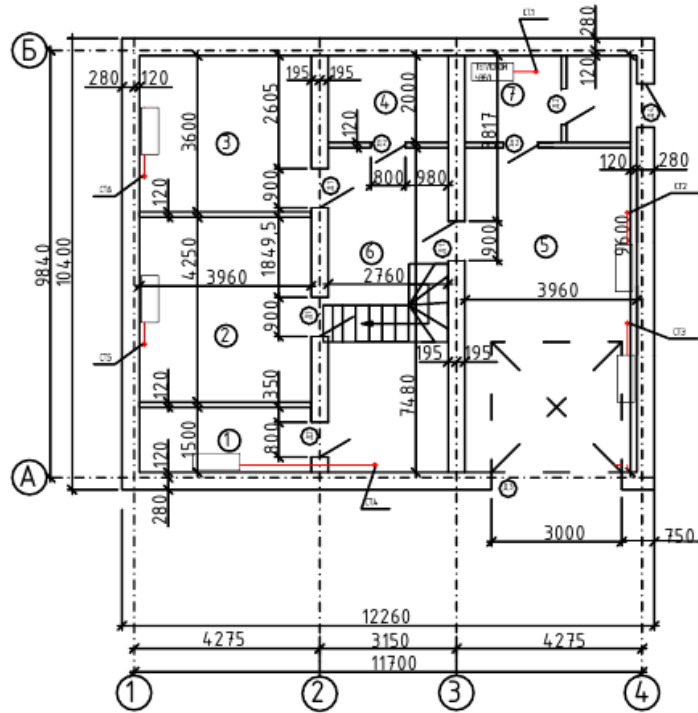
План 1 этажа



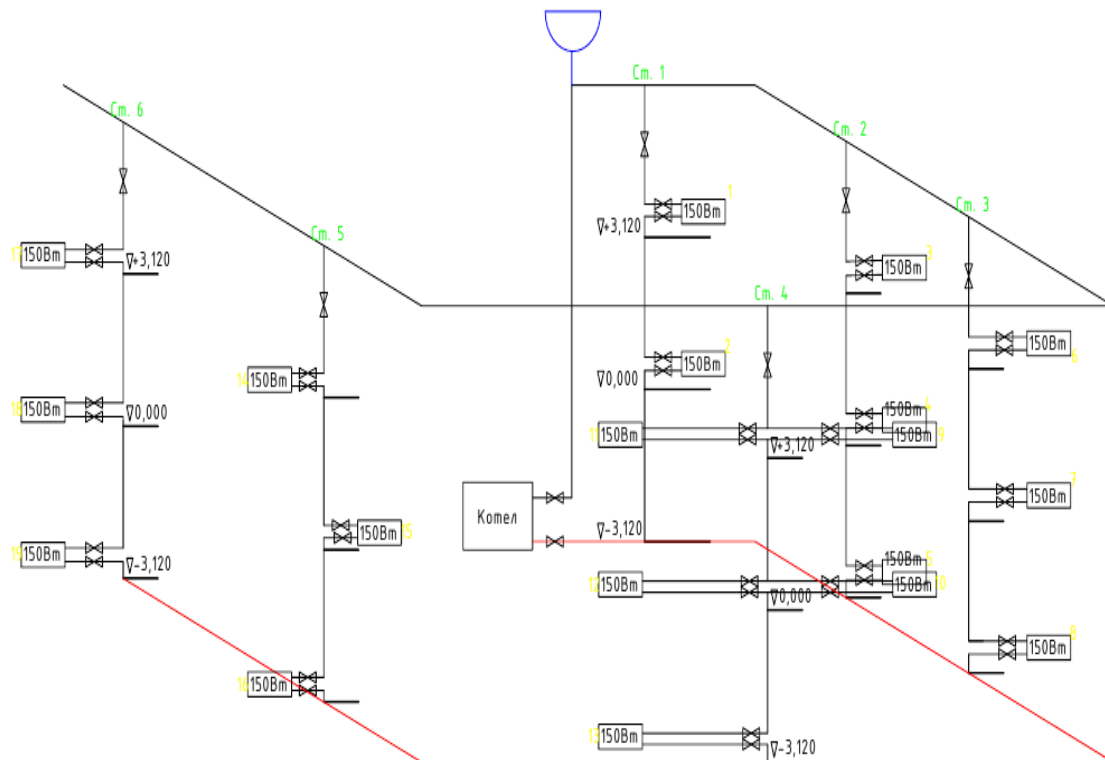
План 2 этажа



# План цоколя



Однотрубная система отопления с  
тупиковой развязкой с верхней  
разводкой



## Критерии оценивания

«ЗАЧТЕНО» выставляется обучающемуся, если:

1. Содержание ответа соответствует вопросу.
2. Ответ четко структурирован и выстроен в определенной логике.
3. Продемонстрировано знание материала.
4. Показано умелое использование категорий и терминов.
5. Видно достаточное владение материалом, изложение отчасти сопровождается адекватными примерами и иллюстрациями

«НЕЗАЧТЕНО» выставляется обучающемуся, если:

1. Ответ представляет собой текст без структурирования, части ответа не взаимосвязаны.
2. Продемонстрировано крайне слабое знание материала, имеются грубые фактические ошибки.


### 3. ПРОЦЕДУРА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Сдача зачета производится в последнюю неделю обучения. Ведущим преподавателем может быть проведена промежуточная аттестация студента по результатам обучения без дополнительной сдачи зачета по вопросам. Зачет проставляется студенту после успешной сдачи практических работ.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических возможностей (подбираются индивидуально в зависимости от возможностей здоровья студента):

Категории студентов	Виды оценочных средств	Форма контроля и оценки результатов обучения
С нарушением слуха	Контрольные вопросы для зачета	Преимущественно письменная проверка
С нарушением зрения	Контрольные вопросы для зачета (в ограниченном объеме)	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушением опорно-двигательного аппарата	Контрольные вопросы для зачета	Письменная проверка

Разработчики:

 / Е. В. Логинова/