

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухов Тархан Александрович

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского  
федерального университета

Дата подписания: 24.04.2024 09:19:55

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

**Методические указания**  
по выполнению практических работ  
по дисциплине «Инженерные системы зданий и сооружений (теплогазоснабжение с  
основами теплотехники)»  
для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Введение .....                        |  |
| Практическая работа №1 .....          |  |
| Практическая работа № 2 .....         |  |
| Практическая работа № 3 .....         |  |
| Практическая работа № 4 .....         |  |
| Практическая работа № 5 .....         |  |
| Практическая работа № 6 .....         |  |
| СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ..... |  |
| Приложение 1.....                     |  |

## **Введение**

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Инженерные системы зданий и сооружений (теплогазоснабжение с основами теплотехники)» предназначены для студентов очной формы обучения.

Дисциплина «Инженерные системы зданий и сооружений (теплогазоснабжение с основами теплотехники)» имеет существенное значение для профессиональной подготовки специалистов в области промышленного и гражданского строительства. Дисциплина является промежуточным и наиболее сложным этапом в процессе обучения.

Задачами изучения дисциплины являются:

- рассмотрение основ технической термодинамики и теплопередачи,
- изучение влажностного и воздушного режимов зданий;
- освоение принципов проектирования и реконструкции систем обеспечения микроклимата помещений;
- возможность использования нетрадиционных источников энергоресурсов,
- задачи охраны окружающей среды

Целями освоения дисциплины являются:

- освоение студентами смежной отрасли строительной техники, выработке навыков творческого использования знаний при выборе и эксплуатации оборудования теплогазоснабжения и вентиляции, применяемого в строительной индустрии.

Знания, полученные при изучении данной дисциплины необходимы для написания выпускной квалификационной работы.

## Практическая работа №1

**Тема работы:** Определение теплового сопротивления ограждающих конструкций угловой комнаты

**Цель работы:** Освоить методику расчета теплового сопротивления ограждающих конструкций.

**Знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

**Актуальность темы:** " Определение теплового сопротивления ограждающих конструкций " заключается в основополагающей роли расчетов теплофизических свойств в зданиях для сохранения целостности и увеличения срока эксплуатации.

### Теоретическая часть

Пояснительная записка практической работы относится к текстовым документам и должна в основном соответствовать требованиям ГОСТа.

Пояснительную записку следует выполнять на листах формата А4 (297X210 мм) материалов описного текста (размер шрифта – 14, интервал – 1,5).

Первым листом пояснительной записки является титульный лист, где указывается фамилия, имя, отчество студента, его шифр (номер зачетной книжки) название группы и т.д. Надпись на титульном листе выполняется чертёжным шрифтом. Допускается оформление титульного листа на компьютере. При составлении содержания (оглавления) в него следует включать название разделов, подразделов и пунктов с указанием номера соответствующей страницы. В конце работы приводятся выводы, сделанные при изучении темы контрольной работы.

Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. В тексте контрольной работы не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых и используется сплошная нумерация страниц.

### Вопросы и задания

1. Основные понятия и определения технической термодинамики.
2. Уравнение состояния термодинамической системы.
3. Первый и второй законы термодинамики.
4. Термодинамические процессы идеальных газов.
5. Прямой и обратный цикл Карно.
6. Уравнение состояния реальных газов
7. Основные понятия и определения процесса обмена теплотой.
8. Теория теплопроводности. Закон Фурье.
9. Теплопередача.
10. Тепловая изоляция.

11. Критерии подобия. Виды критериальных уравнений.
12. Теплопередача при конденсации.
13. Излучение.

### Задание:

Рассчитаем тепловых потерь двух разных комнат одной площади с помощью таблиц.

*Угловая комната (первый этаж)*

Характеристики комнаты:

- этаж первый,
- площадь комнаты – 16 кв.м. (5х3,2),
- высота потолка – 2,75 м,
- наружных стен – две,
- материал и толщина наружных стен – брус толщиной 18 см, обшит гипсокартонном и оклеен обоями,
- окна – два (высота 1,6 м, ширина 1,0 м) с двойным остеклением,
- полы – деревянные утепленные, снизу подвал,
- выше чердачное перекрытие,
- расчетная наружная температура –30 °С,
- требуемая температура в комнате +20 °С.

Рассчитаем площади теплоотдающих поверхностей.

### Практическая работа № 2

**Тема работы:** Определение теплового сопротивления ограждающих конструкций мансардного помещения жилого дома

**Цель работы:** Освоить методику расчета теплового сопротивления ограждающих конструкций.

**Знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

**Актуальность темы:** " Определение теплового сопротивления ограждающих конструкций " заключается в основополагающей роли расчетов теплофизических свойств в зданиях для сохранения целостности и увеличения срока эксплуатации.

### Теоретическая часть

Пояснительная записка практической работы относится к текстовым документам и должна в основном соответствовать требованиям ГОСТа.

Пояснительную записку следует выполнять на листах формата А4 (297Х210 мм) материалов описного текста (размер шрифта – 14, интервал – 1,5).

Первым листом пояснительной записки является титульный лист, где указывается фамилия, имя, отчество студента, его шифр (номер зачетной книжки) название группы

и т.д. Надпись на титульном листе выполняется чертёжным шрифтом. Допускается оформление титульного листа на компьютере. При составлении содержания (оглавления) в него следует включать название разделов, подразделов и пунктов с указанием номера соответствующей страницы. В конце работы приводятся выводы, сделанные при изучении темы контрольной работы.

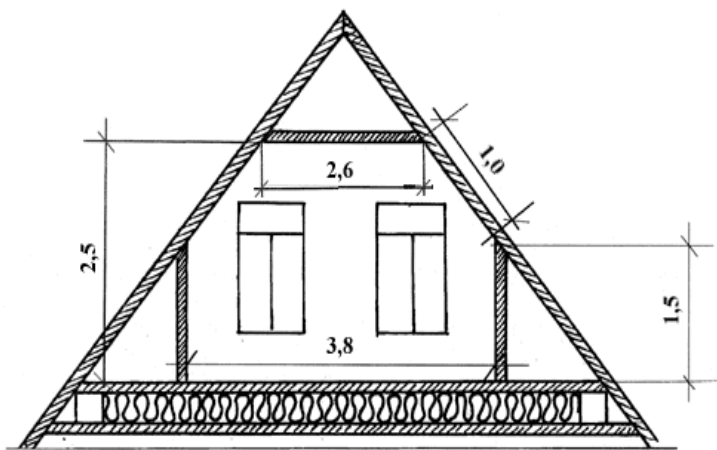
Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. В тексте контрольной работы не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых и используется сплошная нумерация страниц.

### Вопросы и задания

1. Основные понятия и определения технической термодинамики.
2. Уравнение состояния термодинамической системы.
3. Первый и второй законы термодинамики.
4. Термодинамические процессы идеальных газов.
5. Прямой и обратный цикл Карно.
6. Уравнение состояния реальных газов
7. Основные понятия и определения процесса обмена теплотой.
8. Теория теплопроводности. Закон Фурье.
9. Теплопередача.
10. Тепловая изоляция.
11. Критерии подобия. Виды критериальных уравнений.
12. Теплопередача при конденсации.
13. Излучение.

### Задание:

Рассчитаем тепловых потерь двух разных комнат одной площади с помощью таблиц 1,2 Приложения 1.



*Комната под крышей (мансарда)*

Характеристики комнаты:

- этаж верхний,
- площадь 16 кв.м. (3,8x4,2),
- высота потолка 2,4 м,

- наружные стены; два ската крыши (шифер, сплошная обрешетка, 10 см минваты, вагонка), фронтоны (брус толщиной 10 см, обшитый вагонкой) и боковые перегородки (каркасная стена с керамзитовым заполнением 10 см),
- окна – четыре (по два на каждом фронтоне), высотой 1,6 м и шириной 1,0 м с двойным остеклением,
- расчетная наружная температура  $-30^{\circ}\text{C}$ ,
- требуемая температура в комнате  $+20^{\circ}\text{C}$ .

### Практическая работа № 3

**Тема работы:** Теплотехнический расчет ограждающей конструкции покрытия

**Цель работы:** Определить требуемое сопротивление теплопередачи, исходя из санитарно-гигиенических требований, и по условию энергосбережения

**Знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

**Актуальность темы:** " Теплотехнический расчет ограждающей конструкции покрытия " заключается в основополагающей роли расчетов теплофизических свойств кровельных сооружений в зданиях для сохранения целостности и увеличения срока эксплуатации.

### Теоретическая часть

Пояснительная записка практической работы относится к текстовым документам и должна в основном соответствовать требованиям ГОСТа.

Пояснительную записку следует выполнять на листах формата А4 (297X210 мм) материалов описного текста (размер шрифта – 14, интервал – 1,5).

Первым листом пояснительной записки является титульный лист, где указывается фамилия, имя, отчество студента, его шифр (номер зачетной книжки) название группы и т.д. Надпись на титульном листе выполняется чертёжным шрифтом. Допускается оформление титульного листа на компьютере. При составлении содержания (оглавления) в него следует включать название разделов, подразделов и пунктов с указанием номера соответствующей страницы. В конце работы приводятся выводы, сделанные при изучении темы контрольной работы.

Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. В тексте контрольной работы не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых и используется сплошная нумерация страниц.

### Вопросы и задания

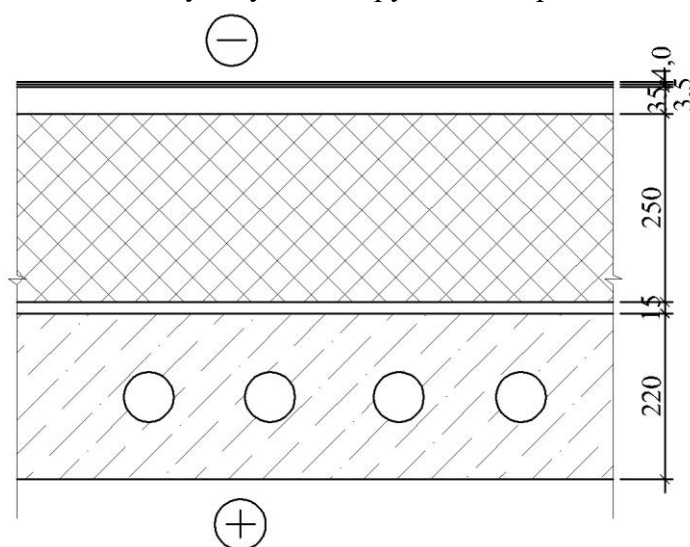
1. Основные понятия и определения технической термодинамики.

2. Уравнение состояния термодинамической системы.
3. Первый и второй законы термодинамики.
4. Термодинамические процессы идеальных газов.
5. Прямой и обратный цикл Карно.
6. Уравнение состояния реальных газов
7. Основные понятия и определения процесса обмена теплотой.
8. Теория теплопроводности. Закон Фурье.
9. Теплопередача.
10. Тепловая изоляция.
11. Критерии подобия. Виды критериальных уравнений.
12. Теплопередача при конденсации.
13. Излучение.

### Задание:

Теплотехнический расчет ограждающей конструкции покрытия с помощью таблиц 1,2 Приложения 1.

Принимаем следующую конструкцию покрытия:



1-й слой – многпустотная железобетонная плита

$$\gamma_1 = 2500 \text{ кг/см}^3$$

$$\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$$

$$\delta_1 = 0,22 \text{ м}$$

2-й слой – пароизоляция (1 слой рубероида)

$$\gamma_2 = 600 \text{ кг/см}^3$$

$$\lambda_2 = 0,17 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$$

$$\delta_2 = 0,0015 \text{ м}$$

3-й слой – утеплитель - пенополисторол

$$\gamma_3 = 100 \text{ кг/см}^3$$

$$\lambda_3 = 0,052 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$$

$$\delta_3 = x, \text{ м}$$

4-й слой – цементно-песчаная стяжка

$$\gamma_4 = 1800 \text{ кг/см}^3$$

$$\lambda_4 = 0,93 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$$

$$\delta_4 = 0,04 \text{ м}$$

5-й слой – гидроизоляция

$$\gamma_5 = 600 \text{ кг/см}^3$$

$$\lambda_5 = 0,17 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$$

$$\delta_5 = 0,0035 \text{ м}$$

6-й слой – бронированный (линокром)

$$\gamma_6 = 600 \text{ кг/см}^3$$

$$\lambda_6 = 0,17 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$$

$$\delta_6 = 0,004 \text{ м}$$

Найдем толщину теплоизоляционного слоя исходя из условия:

$$R_0^{\text{факт}} \geq R_0^{\text{тр}}$$

$$R_0^{\text{факт}} = 1/\alpha_{\text{в}} + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_{\text{н}} \geq R_0^{\text{тр}}$$

$$R_0 = 1/8,7 + 0,220/2,04 + 0,0015/0,17 + x/0,052 + 0,04/0,93 + 0,0035/0,17 + 1/23 \geq 5,19$$

$$x \geq 0,25$$

принимаем  $x = 0,25 \text{ м}$ .

тогда толщина покрытия составит:

$$\delta = 0,220 + 0,0015 + 0,25 + 0,04 + 0,0035 + 0,004 = 0,519 = 0,520$$

Фактическое значение сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции стены рассчитывается по формуле:

$$R_0^{\text{факт}} = 1/8,7 + 0,220/2,04 + 0,0015/0,17 + 0,25/0,052 + 0,04/0,17 + 1/23 = 5,32 \text{ м}^2\text{C/Вт}$$

## Практическая работа № 4

**Тема работы:** Теплотехнический расчет перекрытия над неотапливаемым техподпольем жилого здания

**Цель работы:** Определить паропроницаемость ограждающих конструкций покрытия жилого здания

**Знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

**Актуальность темы:** Технический расчет паропроницаемости ограждающих конструкций покрытия жилого здания " заключается в основополагающей роли расчетов теплофизических свойств кровельных сооружений в зданиях для сохранения целостности и увеличения срока эксплуатации.

## Теоретическая часть

Пояснительная записка практической работы относится к текстовым документам и должна в основном соответствовать требованиям ГОСТа.

Пояснительную записку следует выполнять на листах формата А4 (297X210 мм) материалов описного текста (размер шрифта – 14, интервал – 1,5).

Первым листом пояснительной записки является титульный лист, где указывается фамилия, имя, отчество студента, его шифр (номер зачетной книжки) название группы и т.д. Надпись на титульном листе выполняется чертёжным шрифтом. Допускается оформление титульного листа на компьютере. При составлении содержания (оглавления) в него следует включать название разделов, подразделов и пунктов с

указанием номера соответствующей страницы. В конце работы приводятся выводы, сделанные при изучении темы контрольной работы.

Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. В тексте контрольной работы не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых и используется сплошная нумерация страниц.

### **Вопросы и задания**

1. Основные понятия и определения технической термодинамики.
2. Уравнение состояния термодинамической системы.
3. Первый и второй законы термодинамики.
4. Термодинамические процессы идеальных газов.
5. Прямой и обратный цикл Карно.
6. Уравнение состояния реальных газов
7. Основные понятия и определения процесса обмена теплотой.
8. Теория теплопроводности. Закон Фурье.
9. Теплопередача.
10. Тепловая изоляция.
11. Критерии подобия. Виды критериальных уравнений.
12. Теплопередача при конденсации.
13. Излучение.

### **Задание:**

#### **Теплотехнический расчет перекрытия над неотапливаемым техподпольем**

Определить требуемое сопротивление теплопередачи, исходя из санитарно-гигиенических требований, и по условию энергосбережения, затем выберем наибольшее значение.

*По условию энергосбережения найдем ГСОП по формуле (3.1.1)*

$$\text{ГСОП} = (20 - (-6,0)) \cdot 230 = 5980 \text{ } ^\circ\text{C сут};$$

Требуемое сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции покрытия определяется по табл. 16\* СНиП II-03-79\*:

$$\text{ГСОП} - R_0^{\text{тп}}$$

$$4000 - 3,7$$

$$6000 - 4,6$$

$$R_0^{\text{тп}} = 4,591 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт},$$

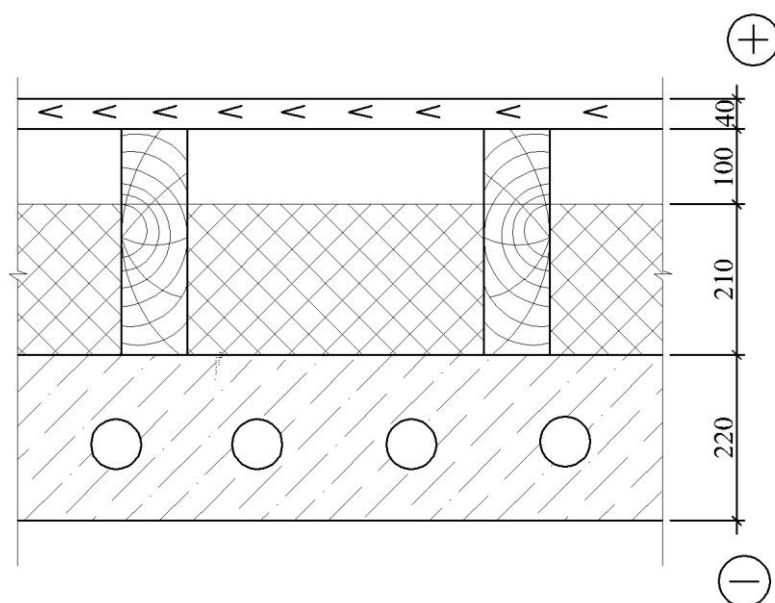
*По санитарно-гигиеническим нормам:*

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции стены определяются по формуле:

$$R_0^{\text{тп}} = n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / \Delta t^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}};$$

Сравнивая полученные значения требуемых сопротивлений теплопередачи, выбираем наибольшее значение. Принимаем  $R_0^{\text{тп}} = 4,591 \text{ м}^2/\text{Вт}$ .

Принимаем следующую конструкцию покрытия:



1-й слой – железобетонная плита перекрытия

$$R_1 = 0,163 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

$$\delta_1 = 0,22 \text{ м}$$

2-й слой – утеплитель - пенополистирол

$$\gamma_2 = 100 \text{ кг/м}^3$$

$$\lambda_2 = 0,052 \text{ Вт/м °C}$$

$$\delta_2 = x, \text{ м}$$

3-й слой – воздушная прослойка

$$\gamma_3/\lambda_3 = 0,14 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

$$\delta_3 = 0,100 \text{ м}$$

4-й слой – доски сосновые

$$\gamma_4 = 500 \text{ кг/м}^3$$

$$\lambda_4 = 0,18 \text{ Вт/м °C}$$

$$\delta_4 = 0,04, \text{ м}$$

найдем толщину теплоизоляционного слоя исходя из условия:

$$R_0 \geq R_0^{\text{тр}}$$

$$R_0 = 1/\alpha_{\text{в}} + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_{\text{н}} \geq R_0^{\text{тр}}$$

$$R_0 = 1/8,7 + 0,163 + x/0,052 + 0,14 + 0,04/0,18 + 1/23 \geq 4,591$$

$$x \geq 0,201$$

принимаем  $x = 0,210 \text{ м}$ .

Фактическое значение сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции

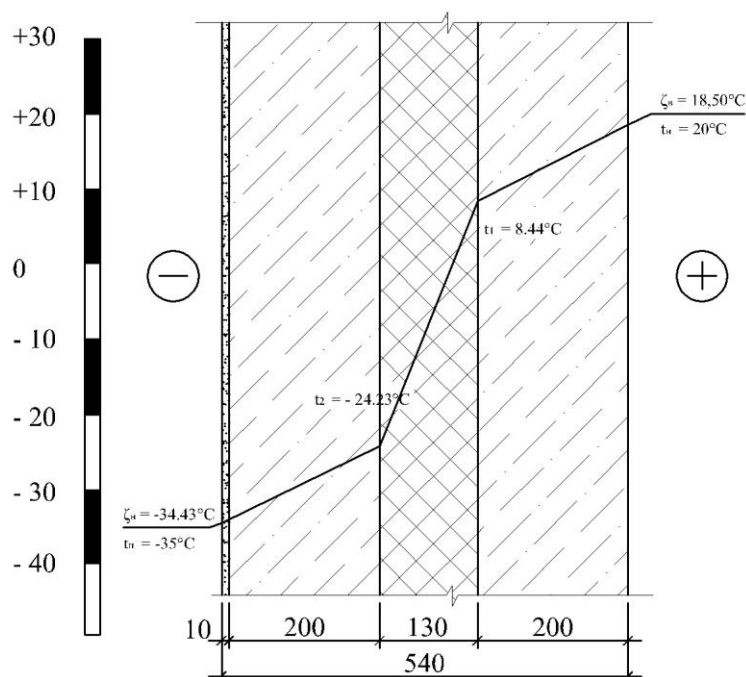
стены по формуле:

$$R_0^{\text{факт}} = 1/8,7 + 0,163 + 0,21/0,052 + 0,14 + 0,04/0,18 + 1/23 = 4,724 \text{ м}^2\text{°C/Вт}.$$

Расчет распределения температур в ограждающих конструкциях.

Расчет распределения температур в ограждающих конструкциях выполняется после уточнения конструкций и определения их действительного термического сопротивления.

Расчет распределения температур в ограждающей конструкции стены.



Температура воздуха внутри помещения -  $t_B = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
Температура воздуха снаружи помещения -  $t_H = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

1-й слой:

$$\gamma_1 = 600\text{ кг/м}^3$$

$$\lambda_1 = 0,26\text{ Вт/м }^{\circ}\text{C}$$

2-й слой:

$$\gamma_2 = 100\text{ кг/м}^3$$

$$\lambda_2 = 0,052\text{ Вт/м }^{\circ}\text{C}$$

3-й слой:

$$\gamma_3 = 600\text{ кг/м}^3$$

$$\lambda_3 = 0,26\text{ Вт/м }^{\circ}\text{C}$$

$$R_0^{\Phi} = 4,21$$

Определим температуру на внутренней поверхности стены по формуле:

$$\tau_{BH} = t_B - K \cdot (t_B - t_H) / \alpha_B, \quad (4.1.1)$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи,  $\text{Вт/м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $K = 1/R_0^{\Phi}$ ;

$\alpha_B$  – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности стены,  $\alpha_B = 8,7\text{ Вт/м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

$$\tau_{BH} = 20 - (20 - (-35)) / 0,238 \cdot 8,7 = 18,50\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Определим температуру в сечении I-I по формуле:

$$t_{I-I} = t_B - (t_B - t_H) / R_0^{\Phi} \cdot R_0^{I-I}, \quad (4.1.2)$$

где  $R_0^{I-I}$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции до сечения I-I

$$R_0^{I-I} = 1 / \alpha_B + \delta_1 / \lambda_1 = 1 / 8,7 + 0,2 / 0,26 = 0,885\text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C/Вт};$$

$$t_{I-I} = 20 - ((20 - (-35)) / 4,21) \cdot 0,885 = 8,44\text{ }^{\circ}\text{C};$$

Определим температуру в сечении II-II по формуле:

$$t_{II-II} = t_B - (t_B - t_H) / R_0^{\Phi} \cdot R_0^{II-II}, \quad (4.1.3)$$

где  $R_0^{II-II}$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции до сечения II-II

$$R_0^{II-II} = 1 / \alpha_B + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 = 1 / 8,7 + 0,2 / 0,26 + 0,13 / 0,052 = 3,385\text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C/Вт};$$

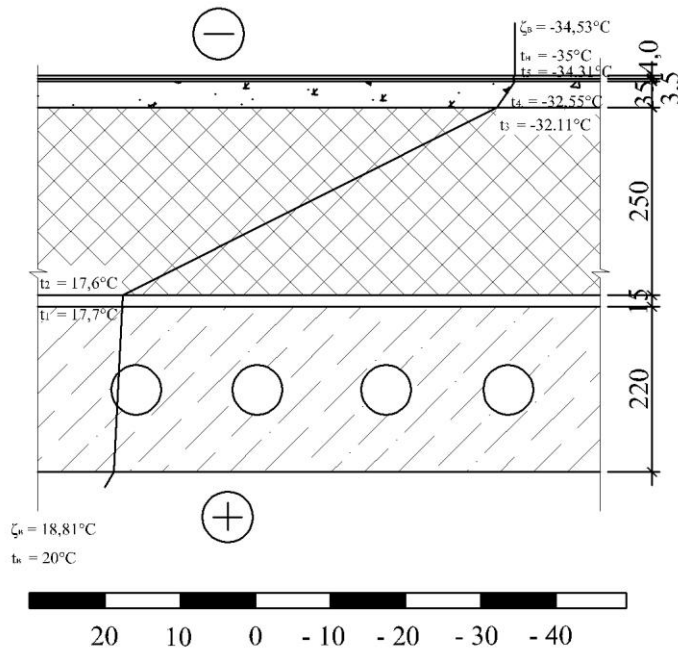
$$t_{II-II} = 20 - ((20 - (-35)) / 4,21) \cdot 3,385 = -24,23\text{ }^{\circ}\text{C};$$

Определим температуру на наружной поверхности по формуле:

$$\tau_H = t_H + (t_B - t_H) / \alpha_H \cdot R_0^{\Phi}, \quad (4.1.4)$$

$$\tau_H = -35 + ((20 - (-35)) / 4,21) \cdot 23 = -34,43\text{ }^{\circ}\text{C};$$

**Расчет распределения температур в ограждающей конструкции  
покрытия**



Температура воздуха внутри помещения:  $t_b = 20^\circ\text{C}$ ;  
Температура воздуха снаружи помещения:  $t_n = -35^\circ\text{C}$ ;

1-й слой:  $\gamma_1 = 2500 \text{ кг/м}^3$

$\lambda_1 = 2,04 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$

2-й слой:  $\gamma_2 = 600 \text{ кг/м}^3$

$\lambda_2 = 0,17 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$

3-й слой:  $\gamma_3 = 100 \text{ кг/м}^3$

$\lambda_3 = 0,052 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$

4-й слой:  $\gamma_4 = 1800 \text{ кг/м}^3$

$\lambda_4 = 0,93 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$

5-й слой:  $\gamma_5 = 600 \text{ кг/м}^3$

$\lambda_5 = 0,17 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$

6-й слой:  $\gamma_6 = 600 \text{ кг/м}^3$

$\lambda_6 = 0,17 \text{ Вт/м } ^\circ\text{C}$

$R_0^\Phi = 5,32 \text{ м}^2\text{ } ^\circ\text{C/Вт}$

Определим температуру на внутренней поверхности стены по формуле:

$$\tau_{вн} = t_b - K \cdot (t_b - t_n) / \alpha_{вн}.$$

Определим температуру в сечении I-I по формуле:

$$t_{I-I} = t_b - (t_b - t_n) / R_0^\Phi \cdot R_0^{I-I}$$

Определим температуру в сечении II-II по формуле:

$$t_{II-II} = t_b - (t_b - t_n) / R_0^\Phi \cdot R_0^{II-II}$$

где  $R_0^{II-II}$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции до сечения II-II

$$R_0^{II-II} = 1 / \alpha_{вн} + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2;$$

Определим температуру в сечении III-III по формуле:

$$t_{III-III} = t_b - (t_b - t_n) / R_0^\Phi \cdot R_0^{III-III}$$

где  $R_0^{III-III}$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции до сечения III-III

$$R_0^{III-III} = 1 / \alpha_{вн} + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3;$$

Определим температуру в сечении IV-IV по формуле:

$$t_{IV-IV} = t_b - (t_b - t_n) / R_0^\Phi \cdot R_0^{IV-IV},$$

где  $R_0^{IV-IV}$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции до сечения IV-IV

$$R_0^{IV-IV} = 1 / \alpha_{вн} + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3 + \delta_4 / \lambda_4;$$

Определим температуру в сечении V-V по формуле:

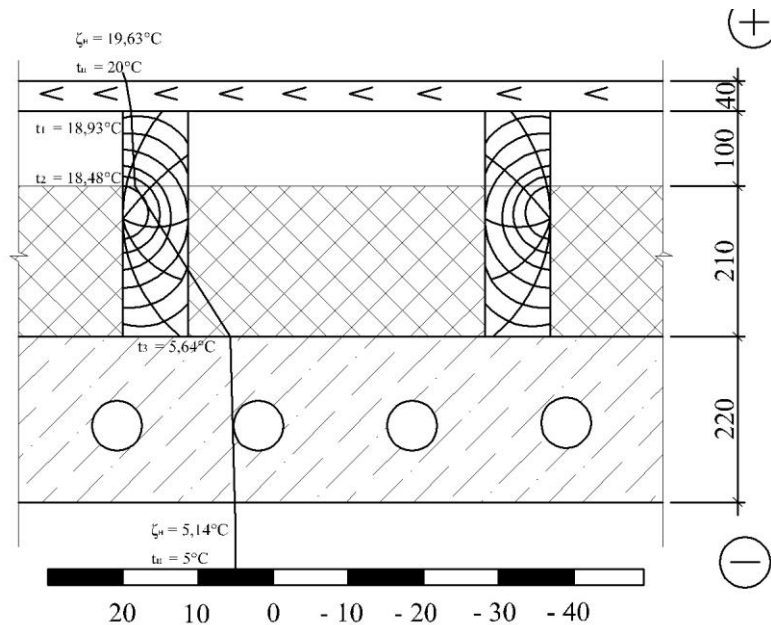
$$t_{IV-IV} = t_B - (t_B - t_H) / R_0^{\Phi} * R_0^{IV-IV},$$

где  $R_0^{V-V}$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции до сечения V-V  
 $R_0^{V-V} = 1 / \alpha_B + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3 + \delta_4 / \lambda_4 + \delta_5 / \lambda_5$ ;

Определим температуру на наружной поверхности по формуле :

$$\tau_H = t_H + (t_B - t_H) / \alpha_H * R_0^{\Phi},$$

Расчет распределения температур в ограждающей конструкции перекрытия над неотапливаемым техподпольем



Температура воздуха внутри помещения:  $t_B = 20^\circ\text{C}$ ;

Температура воздуха снаружи помещения:  $t_H = 5^\circ\text{C}$ ;

1-й слой:  $\gamma_1 = 500 \text{ кг/м}^3$

$\lambda_1 = 0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$

2-й слой:  $\delta_2 / \lambda_2 = 0,14 \text{ м}^\circ\text{C/Вт}$

3-й слой:  $\gamma_3 = 100 \text{ кг/м}^3$

$\lambda_3 = 0,052 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$

4-й слой:  $\gamma_4 = 2500 \text{ кг/м}^3$

$\lambda_4 = 2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$

$R_0^{\Phi} = 4,724 \text{ м}^2\text{C/Вт}$

Определим температуру на внутренней поверхности стены по формуле:

$$\tau_{BH} = t_B - K * (t_B - t_H) / \alpha_B.$$

Определим температуру в сечении I-I по формуле:

$$t_{I-I} = t_B - (t_B - t_H) / R_0^{\Phi} * R_0^{I-I}$$

$R_0^{I-I} = 1 / \alpha_B + \delta_1 / \lambda_1 = 1/8,7 + 0,04/0,18 = 0,338 \text{ м}^2\text{C/Вт}$ ;

Определим температуру в сечении II-II по формуле:

$$t_{II-II} = t_B - (t_B - t_H) / R_0^{\Phi} * R_0^{II-II}$$

где  $R_0^{II-II}$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции до сечения II-II

$R_0^{II-II} = 1 / \alpha_B + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2$ ;

Определим температуру в сечении III-III по формуле:

$$t_{III-III} = t_B - (t_B - t_H) / R_0^{\Phi} * R_0^{III-III}$$

где  $R_0^{III-III}$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции до сечения III-III

$R_0^{III-III} = 1 / \alpha_B + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3$

Определим температуру на наружной поверхности по формуле:

$$\tau_n = t_n + (t_b - t_n) / \alpha_n * R_0^{\Phi},$$

## Практическая работа № 5

**Тема работы:** Технический расчет паропроницаемости ограждающих конструкций покрытия жилого здания

**Цель работы:** Определить паропроницаемость ограждающих конструкций покрытия жилого здания

**Знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

**Актуальность темы:** Технический расчет паропроницаемости ограждающих конструкций покрытия жилого здания " заключается в основополагающей роли расчетов теплофизических свойств кровельных сооружений в зданиях для сохранения целостности и увеличения срока эксплуатации.

### Теоретическая часть

Пояснительная записка практической работы относится к текстовым документам и должна в основном соответствовать требованиям ГОСТа.

Пояснительную записку следует выполнять на листах формата А4 (297X210 мм) материалов описного текста (размер шрифта – 14, интервал – 1,5).

Первым листом пояснительной записки является титульный лист, где указывается фамилия, имя, отчество студента, его шифр (номер зачетной книжки) название группы и т.д. Надпись на титульном листе выполняется чертёжным шрифтом. Допускается оформление титульного листа на компьютере. При составлении содержания (оглавления) в него следует включать название разделов, подразделов и пунктов с указанием номера соответствующей страницы. В конце работы приводятся выводы, сделанные при изучении темы контрольной работы.

Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. В тексте контрольной работы не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых и используется сплошная нумерация страниц.

### Вопросы и задания

1. Основные понятия и определения технической термодинамики.
2. Уравнение состояния термодинамической системы.
3. Первый и второй законы термодинамики.
4. Термодинамические процессы идеальных газов.
5. Прямой и обратный цикл Карно.
6. Уравнение состояния реальных газов

7. Основные понятия и определения процесса обмена теплотой.
8. Теория теплопроводности. Закон Фурье.
9. Теплопередача.
10. Тепловая изоляция.
11. Критерии подобия. Виды критериальных уравнений.
12. Теплопередача при конденсации.
13. Излучение.

### Задание:

#### Паропроницаемость ограждающих конструкций

Паропроницаемостью называется способность водяного пара проникать через ограждения в направлении от более высоких температур к более низким. Движение пара осуществляется за счет разности парциальных давлений водяных паров в различных точках ограждения.

По мере движения пара его температура уменьшается, т.к. уменьшаются температура в толще ограждения. В случае, если температура пара достигнет точки росы, то произойдет его конденсация и, следовательно, накопление влаги в толще ограждающей конструкции. Избежать конденсации в толще ограждения удастся далеко не всегда. Часто приходится ориентироваться на естественную просушку ограждения в теплое время года. Просушка наиболее эффективна в ограждениях низких этажей, в которых даже в безветрие поступает большое количество свежего сухого воздуха, а так же в ограждениях, непосредственно обдуваемых ветром или облучаемых солнцем. Для неблагоприятных случаев целесообразно применять проветривание помещений и специальную вентиляцию.

Конденсация влаги в толще ограждения возможна, если фактическая упругость водяных паров воздуха  $e$ , мм вод. ст., достигает величины максимальной упругости водяных паров  $E$ , мм вод. ст. для выявления наличия или отсутствия зоны возможной конденсации в толще ограждения необходимо выполнить следующие:

1. Построить график распределения температур в толще ограждения  $t=f(x)$ ;
  2. Построить линию распределения в ограждении максимальной упругости водяных паров  $E = \varphi(x)$
  3. Построить линию распределения реальной упругости водяных паров  $e = \varphi(x)$ ;
  4. Сравнить графики  $E = \varphi(x)$  и  $e = \varphi(x)$ , выяснить наличие зоны возможной конденсации (область между точками пересечения графиков);
1. Графики распределения температур в толще ограждения были построены в п.4.

2. Существует однозначная зависимость максимального содержания водяного пара в воздухе от температуры:

$$\text{Если } t \geq 0, \text{ то } E(t) = e * 1513,89 + 23,59t / 236 + t$$

$$\text{Если } t \leq 0, \text{ то } E(t) = e * 1752 + 29,027t / 273 + t,$$

Следовательно, зная распределение температуры в ограждении, можно определить максимальную упругость водяного пара в любом сечении.

Действительное распределение упругости водяного пара зависит от влажности внутреннего и наружного воздуха и величины сопротивления паропроницанию внутренних слоев ограждения. Значение действительной упругости водяного пара, которое было бы при отсутствии конденсации влаги в толще стены:

$$e_x = e_b - (R_{bn} + \sum_{\delta}^{x=1} R_n) * (e_b - e_n) / R_{bn}, \quad (5.3)$$

где  $e_b = \varphi * E_b$  — упругость водяного пара с внутренней стороны ограждения, мм. рт. ст.;

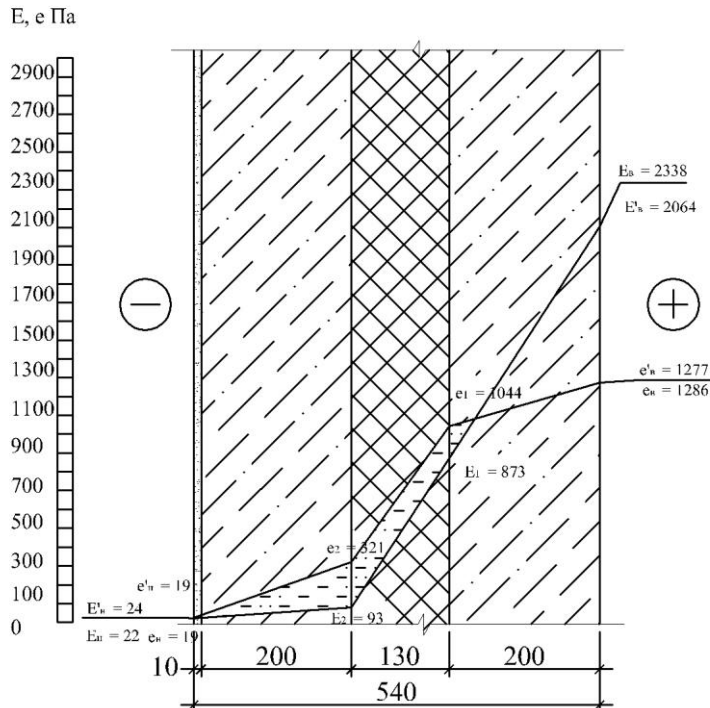
$$e_n = \varphi * E_{нк} \text{ — упругость водяного пара с наружной стороны ограждения, мм. рт. ст.};$$

$R_{bn}$  – сопротивление паропрооницанию внутренней поверхности стены, ( $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм РТ ст})/\text{Г}$ ;

$$R_{bn} = 0,021 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм РТ ст})/\text{Г};$$

$R_n$  – сопротивление паропрооницанию в ограждении в м, х;  $R_n = [\delta_i/\mu_i]$ , где  $\mu_i$  – коэффициент паропрооницания i-го слоя ограждения.

### Паропроницаемость ограждающей конструкции стены



1. первый слой из керамзитобетонных блоков  
 $\delta_1 = 0,2 \text{ м}$ ,  $\mu_1 = 0,26 \text{ мг/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$ ;

2. второй слой – пенополистирол  
 $\delta_2 = 0,13 \text{ м}$ ,  $\mu_2 = 0,05 \text{ мг/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$ ;

3-й слой – из керамзитобетонных блоков  
 $\delta_3 = 0,2 \text{ м}$ ,  $\mu_3 = 0,26 \text{ мг/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$ ;

$$t_b = 20^\circ\text{C} \rightarrow E_b = 2338 \text{ Па};$$

$$t_b = 18,05^\circ\text{C} \rightarrow E'_b = 2064 \text{ Па};$$

$$t_1 = 5,02^\circ\text{C} \rightarrow E_1 = 873,3 \text{ Па};$$

$$t_2 = -21,02^\circ\text{C} \rightarrow E_2 = 92,84 \text{ Па};$$

$$t_n = -34,26^\circ\text{C} \rightarrow E'_n = 24,2 \text{ Па};$$

$$t_n = -35^\circ\text{C} \rightarrow E_n = 22 \text{ Па};$$

$$R_n = R_{nv} + \sum \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{nn} \quad (20)$$

$$R_{nv} = 0,027 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{мг}} -$$

где сопротивление влагообмену на внутренней поверхности ограждения

$$R_{nn} = 0,005 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{мг}} -$$

сопротивление влагообмену на наружной поверхности ограждения;

$\delta_i, \mu_i$  – толщина, м, и коэффициент паропроницаемости,  $\text{м}^2/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$ , отдельных слоев ограждения, принимают по СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита». Сопротивление

паропроницанию воздушных прослоек в ограждающих конструкциях принимается равным нулю независимо от расположения и толщины этих прослоек.

$$R_{n1} = 0,027 + \delta_1 / \mu_1;$$

$$R_{n2} = 0,027 + \delta_1 / \mu_1 + \delta_2 / \mu_2;$$

$$R_{n3} = 0,027 + \delta_1 / \mu_1 + \delta_2 / \mu_2 + \delta_3 / \mu_3;$$

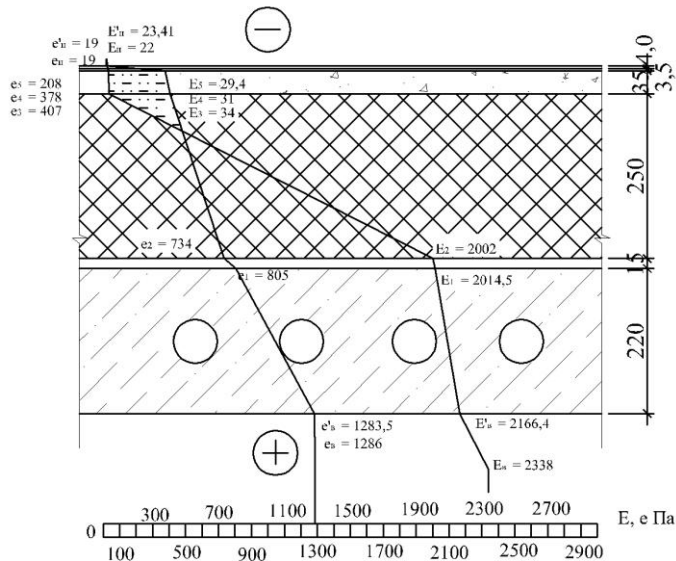
$$R_n = R_{n3} + 0,005;$$

$$e_B = 0,55 * E_B;$$

$$e_H = 0,85 * E_H;$$

Построив графики  $E = \varphi(x)$  и  $e = \varphi(x)$  заметно, что в стене существует зона возможной конденсации, которая располагается в утеплителе и наружном слое керамзитных блоков.

### Паропроницаемость ограждающей конструкции покрытия



1-й слой – ж/б плита покрытия

$$\delta_1 = 220 \text{ мм}, \mu_1 = 0,03 \text{ мг/м*ч*Па};$$

2-й слой – пароизоляция

$$\delta_2 = 1,5 \text{ мм}, R_2 = 1,1 \text{ мг/м*ч*Па};$$

3-й слой – пенополистирол

$$\delta_3 = 250 \text{ мм}, \mu_3 = 0,05 \text{ мг/м*ч*Па};$$

4-й слой – цементно-песчаная стяжка

$$\delta_4 = 40 \text{ мм}, \mu_3 = 0,09 \text{ мг/м*ч*Па};$$

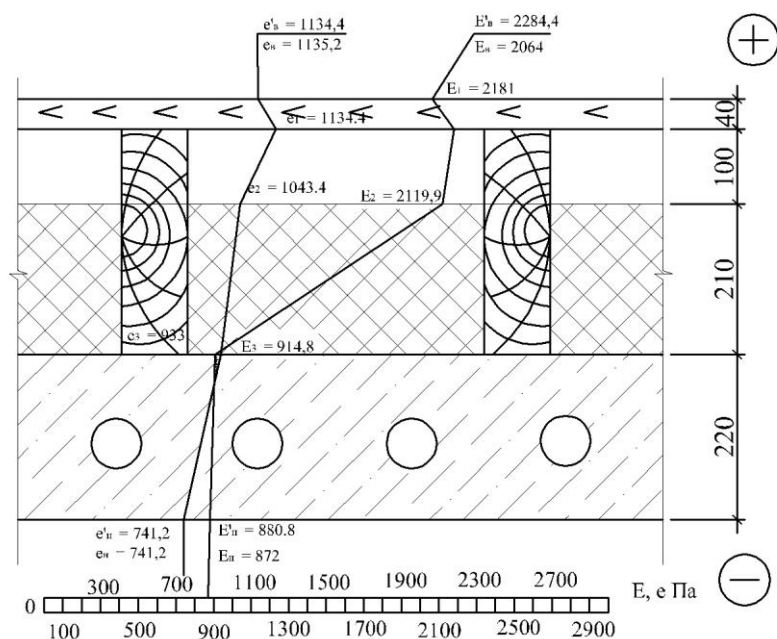
5-й слой – гидроизоляция (линокрон)

$$\delta_5 = 5,5 \text{ мм}, R_5 = 2,6 \text{ мг/м*ч*Па};$$

6-й слой – бронированный (линокрон)

Построив графики  $E = \varphi(x)$  и  $e = \varphi(x)$  заметно, что в покрытии существует зона возможной конденсации, которая располагается в верхних слоях конструкции.

### Паропроницаемость ограждающей конструкции перекрытия



## Практическая работа № 6

**Тема работы:** Теплопотери через ограждающие конструкции и оконные и дверные проемы жилого здания

**Цель работы:** Определить теплопотери через ограждающие конструкции и оконные и дверные проемы жилого здания

**Знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

**Актуальность темы:** Расчет теплопотери через ограждающие конструкции и оконные и дверные проемы жилого здания

" заключается в основополагающей роли расчетов теплофизических свойств кровельных сооружений в зданиях для сохранения целостности и увеличения срока эксплуатации.

## Теоретическая часть

Пояснительная записка практической работы относится к текстовым документам и должна в основном соответствовать требованиям ГОСТа.

Пояснительную записку следует выполнять на листах формата А4 (297X210 мм) материалов описного текста (размер шрифта – 14, интервал – 1,5).

Первым листом пояснительной записки является титульный лист, где указывается фамилия, имя, отчество студента, его шифр (номер зачетной книжки) название группы

и т.д. Надпись на титульном листе выполняется чертёжным шрифтом. Допускается оформление титульного листа на компьютере. При составлении содержания (оглавления) в него следует включать название разделов, подразделов и пунктов с указанием номера соответствующей страницы. В конце работы приводятся выводы, сделанные при изучении темы контрольной работы.

Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. В тексте контрольной работы не должно быть сокращенных слов, за исключением общепринятых и используется сплошная нумерация страниц.

### **Вопросы и задания**

1. Основные понятия и определения технической термодинамики.
2. Уравнение состояния термодинамической системы.
3. Первый и второй законы термодинамики.
4. Термодинамические процессы идеальных газов.
5. Прямой и обратный цикл Карно.
6. Уравнение состояния реальных газов
7. Основные понятия и определения процесса обмена теплотой.
8. Теория теплопроводности. Закон Фурье.
9. Теплопередача.
10. Тепловая изоляция.
11. Критерии подобия. Виды критериальных уравнений.
12. Теплопередача при конденсации.
13. Излучение.

### **Задание:**

Рассчитать теплопотери через ограждающие конструкции и оконные и дверные проемы

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **1. Перечень основной литературы:**

1.Современные материалы и системы в строительстве [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов всех форм обучения направлений подготовки 08.03.01 Строительство и 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 40 с.

2.Капустин, Ф.Л. Свойства строительных материалов и изделий: лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / Ф.Л. Капустин, А.М. Спиридонова, И.В. Фомина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 93 с.

3.Дворкин, Л.И. Строительное материаловедение / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. - М. : Инфра-Инженерия, 2013. - 832 с.

### **2. Перечень дополнительной литературы**

1. Долгополов, С.П. Современный справочник по гипсокартону: С. П. Долгополов- Ростов н/Д: Феникс, 2009.1. Бадьин, Г.М. Справочник строителя: справочник/ Г. М. Бадьин, В. В. Стебаков- М.: АСВ, 2007.

2. Картрайт, П. Кирпичная кладка. Уроки мастера: [пер. с англ.]/ П. Картрайт- СПб.: БХВ-Петербург, 2011.

3. М.М. Гаппоев, И.М. Гуськов, Л.К. Ермоленко, В.И. Линьков, Е.Т. Серова, Б.А. Степанов, Э.В. Филимонов. Строительные материалы. Учебник. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 440 с.
4. Чавчанидзе, А.Ш. Металловедение: конспект лекций/ А. Ш. Чавчанидзе- М.: ДеЛи принт, 2008.
5. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение: Учеб. пособие для строит. спец. вузов/ И.А. Рыбьев- М.: Высшая школа, 2004.
6. Попов, К.Н. Оценка качества строительных материалов: Учеб. пособие/ К.Н. Попов, М.Б. Каддо, О.В. Кульков- М.: Высшая школа, 2004.
7. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: Учебник для вузов/ Ю.М.Баженов, Л.А.Алимов, В.В.Воронин и др- М.: Изд-во АСВ, 2004.
8. Попов, К.Н. Строительные материалы и изделия: Учебник/ К.Н. Попов, М.Б. Каддо- М.: Высшая школа, 2002.
9. Современные отделочные и облицовочные материалы/ под ред. А.Н. Юндина.- Ростов н /Дону. Феникс, 2005.

## Приложение 1

Таблица 1 – Сопротивление теплопередачи различных материалов при  $\Delta T = 50^\circ\text{C}$  ( $T_{\text{нар.}} = -30^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{внутр.}} = 20^\circ\text{C}$ .)

| Материал и толщина стены                                                                                                             | Сопротивление теплопередаче $R_m$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Кирпичная стена толщиной в 3 кирпича (79 см) толщиной в 2,5 кирпича (67 см) толщиной в 2 кирпича (54 см) толщиной в 1 кирпич (25 см) | 0,592 0,502<br>0,405 0,187        |
| Сруб из бревен Ø 25                                                                                                                  | 0,550                             |
| Сруб из бруса<br>толщиной 20 см толщиной 10 см                                                                                       | 0,806 0,353                       |
| Каркасная стена (доска + минвата + доска) 20 см                                                                                      | 0,703                             |
| Стена из пенобетона 20 см 30 см                                                                                                      | 0,476 0,709                       |
| Штукатурка по кирпичу, бетону, пенобетону (2-3 см)                                                                                   | 0,035                             |
| Потолочное (чердачное) перекрытие                                                                                                    | 1,43                              |
| Деревянные полы                                                                                                                      | 1,85                              |
| Двойные деревянные двери                                                                                                             | 0,21                              |

Таблица2 - Толщина и термическое сопротивление материалов для условий Москвы и ее области

| Наименование материала стены              | Толщина стены и соответствующее термическое сопротивление ей | Необходимая толщина по первому условию ( $R=1,1^\circ\text{C}\cdot\text{м. кв./ Вт}$ ) и второму условию ( $R=3,33^\circ\text{C}\cdot\text{м. кв./ Вт}$ ) |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Полнотелый керамический кирпич            | 510 мм, $R=1,1^\circ\text{C}\cdot\text{м. кв./Вт}$           | 510 мм 1550 мм                                                                                                                                            |
| Керамзитобетон (плотность 1200 кг/куб.м.) | 300 мм, $R=0,8^\circ\text{C}\cdot\text{м. кв./Вт}$           | 415 мм 1250 мм                                                                                                                                            |
| Деревянный брус                           | 150 мм, $R=1,0^\circ\text{C}\cdot\text{м. кв./Вт}$           | 165 мм 500 мм                                                                                                                                             |
| Деревянный щит с заполнением минеральной  | 100 мм, $R=1,33^\circ\text{C}\cdot\text{м. кв./Вт}$          | 85 мм 250 мм                                                                                                                                              |

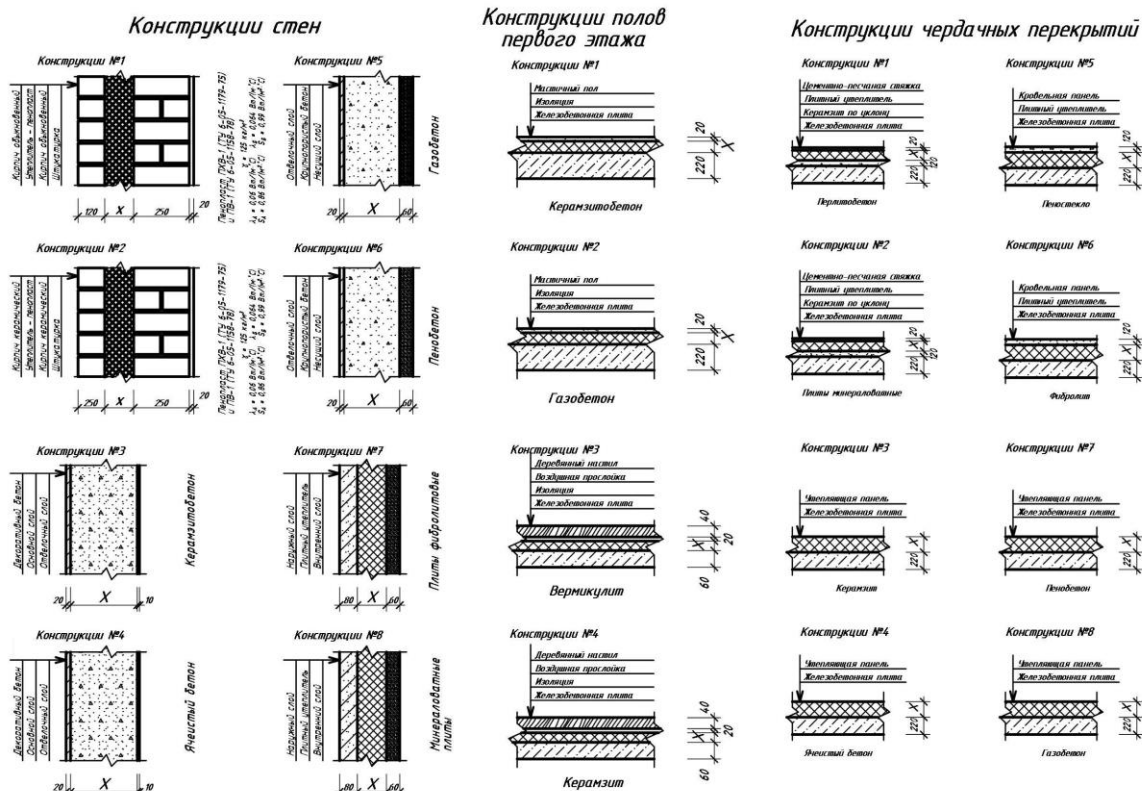


Рисунок 1 - Конструкции ограждения (стен, полов первого этажа, чердачных перекрытий)

Таблица 3- Выбор варианта расчета

| № варианта<br>(последние две<br>цифры шифра) | Наименование<br>района<br>строительства<br>(город) | Ориентация<br>проектируемого<br>здания | Конструкция<br>стены | Конструкция<br>чердачного<br>перекрытия | Конструкция<br>перекрытия над<br>подвалом | Источник<br>теплоснабжени<br>я | Система<br>отопления<br>(в – верхняя,<br>н – нижняя) | Давление,<br>создаваемое<br>насосом, МПа | Число этажей в<br>здании | Вариант плана<br>этажа |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| 01; 99                                       | Черкесск                                           | С                                      | 1                    | 2                                       | 1                                         | К, 95°С                        | ДТ, в.                                               | 4,21                                     | 4                        | 5                      |
| 02; 98                                       | Арзгир                                             | С-В                                    | 2                    | 1                                       | 2                                         | К, 95°С                        | ДТ, н.                                               | 4,32                                     | 4                        | 8                      |
| 03; 97                                       | Кисловодск                                         | В                                      | 3                    | 4                                       | 3                                         | К, 95°С                        | ДТ, в.                                               | 4,43                                     | 4                        | 5                      |
| 04; 96                                       | Невинномысск                                       | Ю-В                                    | 4                    | 2                                       | 4                                         | К, 95°С                        | ДТ, н.                                               | 4,54                                     | 4                        | 8                      |
| 05; 95                                       | Пятигорск                                          | Ю                                      | 1                    | 3                                       | 2                                         | К, 95°С                        | ДТ, в.                                               | 4,65                                     | 4                        | 5                      |
| 06; 94                                       | Ставрополь                                         | Ю-З                                    | 2                    | 4                                       | 3                                         | К, 95°С                        | ДТ, н.                                               | 4,36                                     | 4                        | 8                      |
| 07; 93                                       | Краснодар                                          | З                                      | 3                    | 1                                       | 4                                         | К, 95°С                        | ДТ, в.                                               | 4,47                                     | 4                        | 5                      |
| 08; 92                                       | Тихорецк                                           | С-З                                    | 4                    | 3                                       | 1                                         | К, 95°С                        | ДТ, н.                                               | 4,52                                     | 4                        | 8                      |
| 09; 91                                       | Нальчик                                            | С-В                                    | 1                    | 4                                       | 3                                         | К, 95°С                        | ДТ, в.                                               | 4,63                                     | 4                        | 5                      |
| 10; 90                                       | Ростов-на-Дону                                     | В                                      | 2                    | 3                                       | 4                                         | К, 95°С                        | ДТ, н.                                               | 4,24                                     | 4                        | 8                      |
| 11; 89                                       | Нальчик                                            | Ю-В                                    | 3                    | 2                                       | 1                                         | К, 95°С                        | ДТ, в.                                               | 4,45                                     | 4                        | 5                      |
| 12; 88                                       | Тихорецк                                           | Ю                                      | 4                    | 1                                       | 2                                         | К, 95°С                        | ДТ, н.                                               | 4,56                                     | 4                        | 8                      |
| 13; 87                                       | Краснодар                                          | Ю-З                                    | 1                    | 2                                       | 4                                         | К, 95°С                        | ДТ, в.                                               | 4,67                                     | 4                        | 5                      |
| 14; 86                                       | Ставрополь                                         | З                                      | 2                    | 1                                       | 1                                         | К, 95°С                        | ДТ, н.                                               | 4,23                                     | 4                        | 8                      |

|        |                |     |   |   |   |         |        |      |   |   |
|--------|----------------|-----|---|---|---|---------|--------|------|---|---|
| 15; 85 | Пятигорск      | С-З | 3 | 4 | 2 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,34 | 4 | 5 |
| 16; 84 | Невинномысск   | В   | 4 | 2 | 3 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,55 | 4 | 8 |
| 17; 83 | Кисловодск     | Ю-В | 1 | 3 | 1 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,66 | 4 | 5 |
| 18; 82 | Арзгир         | Ю   | 2 | 4 | 2 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,27 | 4 | 8 |
| 19; 81 | Растов-на-Дону | Ю-З | 3 | 1 | 3 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,31 | 4 | 5 |
| 20; 80 | Черкесск       | З   | 4 | 3 | 4 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,42 | 4 | 8 |
| 21; 79 | Краснодар      | С-З | 1 | 4 | 2 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,64 | 4 | 5 |
| 22; 78 | Ставрополь     | Ю-В | 2 | 3 | 3 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,25 | 4 | 8 |
| 23; 77 | Арзгир         | Ю   | 3 | 2 | 4 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,36 | 4 | 5 |
| 24; 76 | Растов-на-Дону | Ю-З | 4 | 1 | 1 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,47 | 4 | 8 |
| 25; 75 | Нальчик        | З   | 1 | 2 | 3 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,51 | 4 | 5 |
| 26; 74 | Кисловодск     | С-З | 2 | 1 | 4 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,32 | 4 | 8 |
| 27; 73 | Тихорецк       | Ю   | 3 | 4 | 1 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,24 | 4 | 5 |
| 28; 72 | Черкесск       | Ю-З | 4 | 2 | 2 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,65 | 4 | 8 |
| 29; 71 | Пятигорск      | З   | 1 | 3 | 4 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,46 | 4 | 5 |
| 30; 70 | Невинномысск   | С-З | 2 | 4 | 1 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,57 | 4 | 8 |
| 31; 69 | Краснодар      | Ю-З | 3 | 1 | 2 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,23 | 4 | 5 |
| 32; 68 | Черкесск       | З   | 4 | 3 | 3 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,62 | 4 | 8 |
| 33; 67 | Ставрополь     | С-З | 1 | 4 | 1 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,31 | 4 | 5 |
| 34; 66 | Тихорецк       | С-В | 2 | 3 | 2 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,45 | 4 | 8 |
| 35; 65 | Арзгир         | В   | 3 | 2 | 3 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,56 | 4 | 5 |
| 36; 64 | Растов-на-Дону | Ю-В | 4 | 1 | 4 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,67 | 4 | 8 |
| 37; 63 | Нальчик        | Ю   | 1 | 2 | 2 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,41 | 4 | 5 |
| 38; 62 | Кисловодск     | Ю-З | 2 | 1 | 3 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,32 | 4 | 8 |
| 39; 61 | Тихорецк       | З   | 3 | 4 | 4 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,24 | 4 | 5 |
| 40; 60 | Кисловодск     | С-З | 4 | 2 | 1 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,53 | 4 | 8 |
| 41; 59 | Пятигорск      | Ю-В | 1 | 3 | 3 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,47 | 4 | 5 |
| 42; 58 | Ставрополь     | Ю   | 2 | 4 | 4 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,65 | 4 | 8 |
| 43; 57 | Невинномысск   | Ю-З | 3 | 1 | 1 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,53 | 4 | 5 |
| 44; 56 | Растов-на-Дону | З   | 4 | 3 | 2 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,32 | 4 | 8 |
| 45; 55 | Арзгир         | С-З | 1 | 4 | 4 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,44 | 4 | 5 |
| 46; 54 | Нальчик        | В   | 2 | 3 | 1 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,61 | 4 | 8 |
| 47; 53 | Черкесск       | Ю-В | 3 | 2 | 2 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,35 | 4 | 5 |
| 48; 52 | Пятигорск      | Ю   | 4 | 1 | 3 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,53 | 4 | 8 |
| 49; 51 | Невинномысск   | Ю-З | 1 | 1 | 2 | К, 95°С | ДТ, в. | 4,27 | 4 | 5 |
| 50; 00 | Краснодар      | З   | 2 | 2 | 1 | К, 95°С | ДТ, н. | 4,32 | 4 | 8 |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

**Методические указания**  
по выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Инженерные системы зданий и сооружений (теплогазоснабжение с  
основами теплотехники)»  
для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                            |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Введение .....                                                                                                             |  |
| Лабораторная работа №1 Определение теплового сопротивления ограждающих конструкций угловой комнаты.....                    |  |
| Лабораторная работа №2 Определение теплового сопротивления ограждающих конструкций мансардного помещения жилого дома ..... |  |
| Лабораторная работа №3 Теплотехнический расчет ограждающей конструкции покрытия.....                                       |  |
| Лабораторная работа №4 Теплотехнический расчет перекрытия над неотапливаемым техподпольем жилого здания. ....              |  |
| Лабораторная работа №5 Технический расчет паропроницаемости ограждающих конструкций покрытия жилого здания.....            |  |
| Лабораторная работа №6 Теплотери через ограждающие конструкции и оконные и дверные проемы жилого здания                    |  |
| СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....                                                                                      |  |

## Введение

Дисциплина «Инженерные системы зданий и сооружений (теплогазоснабжение с основами теплотехники)» имеет существенное значение для профессиональной подготовки специалистов в области промышленного и гражданского строительства. Дисциплина является промежуточным и наиболее сложным этапом в процессе обучения.

Задачами изучения дисциплины являются:

- рассмотрение основ технической термодинамики и теплопередачи,
- изучение влажностного и воздушного режимов зданий;
- освоение принципов проектирования и реконструкции систем обеспечения микроклимата помещений;
- возможность использования нетрадиционных источников энергоресурсов,
- задачи охраны окружающей среды

Целями освоения дисциплины являются:

- освоение студентами смежной отрасли строительной техники, выработке навыков творческого использования знаний при выборе и эксплуатации оборудования теплогазоснабжения и вентиляции, применяемого в строительной индустрии.

Знания, полученные при изучении данной дисциплины необходимы для написания выпускной квалификационной работы.

## Лабораторная работа №1 Определение теплового сопротивления ограждающих конструкций угловой комнаты

**Цель:** изучить требования, предъявляемые к измерению поверхностей охлаждения ограждающих конструкций с целью определения основных теплопотерь помещения

**Знать:** требования, предъявляемые к измерению поверхностей охлаждения ограждающих конструкций с целью определения основных теплопотерь помещения

**Уметь:** работать с инновационными приборами, используемыми для измерения параметров воздушно-теплового режима в помещениях и характеристики систем и инновационного оборудования в процессе эксплуатации зданий и сооружений.

### Формируемые компетенции:

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

**Актуальность темы:** посвящена изучению определения теплопотери отдельными помещениями и зданием в целом

**Теоретическая часть:** Для определения теплопотери отдельными помещениями и зданием в целом необходимо иметь следующие исходные данные: планы этажей и характерные разрезы по зданию со всеми строительными размерами; выкопировку из генерального плана с обозначением стран света и розы ветров; назначение каждого помещения; место постройки здания (название населенного пункта); конструкции всех наружных ограждений, обоснованные теплотехническим расчетом.

Все отапливаемые помещения здания на планах следует обозначать порядковыми номерами (начиная с №01 и далее — помещения подвала; с № 101 и далее — помещения первого этажа; с № 201 и далее — второго этажа и т. д.). Помещения нумеруют слева направо, причем лестничные клетки обозначают отдельно буквами или римскими цифрами и независимо от этажности здания рассматривают как одно помещение.

Потери теплоты помещениями через ограждающие конструкции, учитываемые при проектировании систем отопления, разделяются условно на основные и добавочные. Их следует определять, суммируя потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции с округлением до 10 Вт, по формуле:

$$Q_{оп} = \frac{F}{R_0} (t_B - t_H^E) \left( 1 + \sum \beta \right) n = kF(t_B - t_H^E) \left( 1 + \sum \beta \right) n \quad (1.1)$$

где  $F$  - расчетная площадь ограждающей конструкции,  $m^2$ ;

$k$  - коэффициент теплопередачи данной ограждающей конструкции,  $Вт/(m^2K)$ ;

$R_0$  - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции,  $(m^2 \cdot K)/Вт$ ;

$t_B$  - расчетная температура воздуха,  $^{\circ}C$ , помещения с учетом повышения по высоте для помещений высотой более 4м;

$t_H^E$  - расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года при расчете потерь теплоты через наружные ограждения или температура воздуха более холодного помещения при расчете потерь теплоты через внутренние ограждения;

$\alpha$  - коэффициент учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

$\beta$  - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.

Таким образом, чтобы определить потери теплоты помещения, необходимо знать величины  $F$ ,  $k$  (либо  $R_0$ ),  $t_B$ ,  $t_B^B$ ,  $\alpha$  и  $\beta$ . Коэффициент теплопередачи  $k$  (либо  $R_0$ ) ограждающей конструкции определяют теплотехническим расчетом.

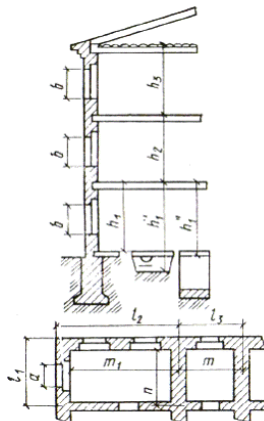


Рис. 1. Схеа обмера теплопередающих ограждений

Теплообмен через ограждения между смежными отапливаемыми помещениями при расчете теплотерь учитывается, если разность температур воздуха этих помещений более  $3^{\circ}\text{C}$ . Площади  $F$ ,  $\text{м}^2$ , отдельных ограждений — наружных стен (НС), окон (О), дверей (Д), фонарей (Ф), потолка (Пт), пола (П) — измеряются по планам и разрезам здания следующим образом, (рис.1).

1. Высота стен первого этажа, если пол находится непосредственно на грунте, — между уровнями полов первого и второго этажей ( $h_1$ ), если пол на лагах — от наружного уровня подготовки пола на лагах до уровня пола второго этажа ( $h'_1$ ), при неотапливаемом подвале или подполье — от уровня нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа ( $h \ll 1$ ), а в одноэтажных зданиях с чердачным перекрытием высота измеряется от пола до верха утепляющего слоя перекрытия.

2. Высота стен промежуточного этажа — между уровнями чистых полов данного и вышележащего этажей ( $h_2$ ), а верхнего этажа — от уровня его чистого пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия ( $h_3$ ) или бесчердачного покрытия.

3. Длина наружных стен в угловых помещениях — от кромки наружного угла до осей внутренних стен ( $l_1$  и  $l_2$ ), а в неугловых — между осями внутренних стен ( $l_3$ ).

4. Длина внутренних стен — по размерам от внутренних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен ( $m_1$ ) или между осями внутренних стен ( $m$ ).

5. Площади окон, дверей и фонарей — по наименьшим размерам строительных проемов в свету ( $a$  и  $b$ ).

6. Площади потолков и полов над подвалами и подпольями в угловых помещениях — по размерам от внутренней поверхности наружных стен до осей противоположных стен ( $m_1$  и  $n$ ), а в неугловых — между осями внутренних стен ( $m$ ) и от внутренней поверхности наружной стены до оси противоположной стены ( $n$ ).

Для подсчета площадей ограждающих конструкций линейные размеры их принимаются с погрешностью до  $\pm 0,1\text{м}$ , а величины площадей округляются с погрешностью  $\pm 0,1\text{м}^2$ . Потери теплоты через полы, расположенные на грунте или на лагах, из-за сложности точного решения задачи определяют на практике упрощенным методом — по зонам-полосам шириной 2м, параллельным наружным стенам (рис. 2).

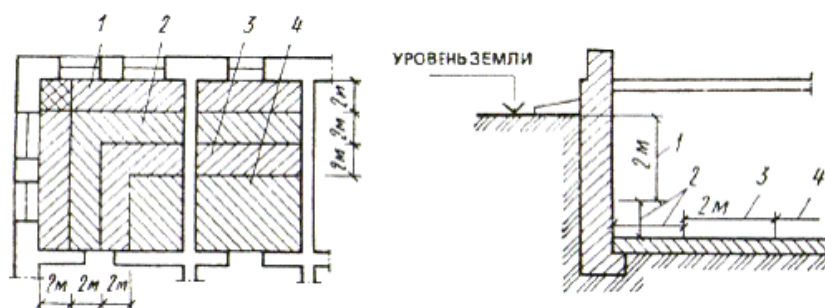


Рис. 2. Схема к определению потерь теплоты через полы и стены, заглубленные ниже уровня земли

1 — первая зона; 2—вторая зона; 3—третья зона; 4 — четвертая зона (последняя)

Основная расчетная формула при подсчете потерь теплоты  $Q_{пл}$ , Вт, через пол, расположенный на грунте, принимает следующий вид:

$$Q_{пл} = \left( \frac{F_1}{R_{1,н.п.}} + \frac{F_2}{R_{2,н.п.}} + \frac{F_3}{R_{3,н.п.}} + \frac{F_4}{R_{4,н.п.}} \right) (t_B - t_H^E) \left( 1 + \sum \beta \right) n \quad (1.2)$$

где  $F_1, F_2, F_3, F_4$  - площади, соответственно 1, 2, 3, 4 зон-полос,  $m^2$ ;

$R_{1,н.п.}, R_{2,н.п.}$  - сопротивление теплопередаче отдельных зон пола,  $m^2K/Вт$ ; остальные величины — те же, что в формуле (1.1).

Сопротивление теплопередаче конструкции утепленных полов, расположенных непосредственно на грунте,  $R_{у.п.}$   $m^2K/Вт$ , надлежит определять также для каждой зоны, но по формуле:

$$R_{у.п.} = R_{н.п.} + \sum \frac{\delta_{у.с.}}{\lambda_{у.с.}} \quad (1.3)$$

где  $R_{н.п.}$  - сопротивление теплопередаче отдельных зон неутепленного пола (см. рис. 2),  $m^2K/Вт$ ;

$\sum \frac{\delta_{у.с.}}{\lambda_{у.с.}}$  - сумма термических сопротивлений утепляющих слоев,  $m^2K/Вт$ .

Утепляющими слоями считаются слои из материалов, имеющих теплопроводность  $\lambda \leq 1,2$  Вт/(мК).

Сопротивление теплопередаче конструкций полов на лагах  $R_{л.}$ ,  $m^2K/Вт$ , определяется по формуле:

$$R_{л.} = \frac{1}{0,85} R_{у.п.} = 1,18 R_{у.с.} \quad (1.4)$$

где  $R_{у.с.}$  — сопротивление теплопередаче конструкции утепленного пола, здесь в качестве утепляющих слоев учитывают воздушную прослойку ( $B_{вп}=0,2$ ) и дощатый пол, уложенный по лагам.

При подсчете потерь теплоты через полы, расположенные на грунте или лагах, поверхность участков полов возле угла наружных стен (в первой двухметровой зоне) вводится в расчет дважды, т. е. по направлению обеих стен, составляющих угол.

Теплопотери через подземную часть наружных стен и полы отапливаемого подвала здания должны подсчитываться так же, как и теплопотери через полы, расположенные на грунте бесподвального здания, т. е. по зонам шириной 2м, с отсчетом их от уровня земли (см. рис. 2). Полы помещений в этом случае (при отсчете зон) рассматриваются как продолжение подземной части наружных стен. Сопротивление теплопередаче определяется так же, как и для неутепленных или утепленных полов.

## Техника безопасности при выполнении лабораторных работ.

1. Все студенты, связанные с работой в лаборатории, обязаны пройти инструктаж по безопасному выполнению работ, о чем расписываются в журнале инструктажа по технике безопасности.
2. К работам по эксплуатации электроустановок до 1000 В (установочных, осветительных, технических средств обучения и электрических машин) допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр и инструктаж по охране труда. Не электротехническому персоналу, эксплуатирующему электроустановки до 1000 В, прошедшему инструктаж и проверку знаний по электробезопасности, присваивается I квалификационная группа допуска с оформлением в журнале установленной формы с обязательной подписью проверяющего и проверяемого.
3. Все лица, связанные с работой в лаборатории, должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, установленные режимы труда и отдыха.

### Вопросы для собеседования:

1. Какие данные необходимо знать для определения теплопотери отдельными помещениями и зданием?
2. Как разделяются потери теплоты помещениями через ограждающие конструкции, учитываемые при проектировании систем отопления?
3. Как проводится подсчет потерь теплоты через полы, расположенные на грунте или лагах?
4. Как проводится подсчет теплопотери через подземную часть наружных стен и полы отапливаемого подвала здания

### Лабораторная работа №2 Определение теплового сопротивления ограждающих конструкций мансардного помещения жилого дома

**Цель:** изучить требования, предъявляемые к измерению скорости движения воздуха в проемах ограждений, дверей, в воздуховодах.

**Знать:** требования, предъявляемые к измерению скорости движения воздуха в проемах ограждений, дверей, в воздуховодах.

**Уметь:** работать с инновационными приборами, используемыми для измерения параметров воздушно-теплового режима в помещениях и характеристики систем и инновационного оборудования в процессе эксплуатации зданий и сооружений.

#### Формируемые компетенции:

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

**Актуальность темы:** посвящена изучению требований, предъявляемых к измерению скорости движения воздуха в проемах ограждений, дверей, в воздуховодах.

**Теоретическая часть:** Скорость воздушных потоков, при испытаниях систем воздухораспределения или при оценке санитарно-гигиенического состояния воздушной среды в помещении, измеряют механическими или электронными анемометрами.

Скорость воздуха в воздуховодах, каналах, проемах и т.п. определяют по динамическому давлению в измерительном сечении канала или с помощью

анемометров (крыльчатых, чашечных, термоанемометров). Выбор измерительного инструмента определяется требуемым диапазоном измеряемых скоростей характерными размерами измерительного зонда, запыленностью и агрессивностью среды и другими конкретными условиями измерений.

Среднюю скорость движения воздуха  $V_m$  по динамическому давлению в измерительном сечении определяют с помощью формулы:

$$V_m = \left( \frac{2}{\rho} * p_d \right)^{0,5}. \quad (2.1)$$

где:  $\rho$  - плотность воздуха,  $\text{кг/м}^3$ , при температуре  $t^\circ\text{C}$  в измерительном сечении, определяется с использованием уравнения состояния воздуха по формуле:

$$\rho = \rho_n * \frac{p_a * R_n * (273,3 + t_n)}{p_{ан} * R * (273,3 + t)} = \frac{\rho_n}{K_R} * \frac{p_a * (273,3 + t_n)}{p_{ан} * (273,3 + t)} = \frac{\rho_n}{\Delta}. \quad (2.2)$$

где:  $\rho_n = 1,205 \text{ кг/м}^3$ ,  $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $p_{ан} = 101,3 \text{ кПа}$  – нормальные атмосферные условия для воздуха (плотность, температура, давление);

$K_R = R/R_n$  – отношение газовой постоянной при условиях температуры и относительной влажности эксперимента к газовой постоянной сухого воздуха при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Для определения  $K_R$  в диапазонах температур  $0...50^\circ\text{C}$  и относительных влажностей  $0...100\%$  можно воспользоваться аппроксимирующей формулой:

$$K_R = (0,0000003t^3 - 0,000002t^2 + 0,0002t + 0,0033)\varphi + 1 \quad (2.3)$$

где:  $t$ , град.С – температура измерений;

$\varphi$  - относительная влажность в долях единицы. Используя данные для воздуха при нормальных атмосферных условиях, можно записать выражение для  $\Delta$  в виде:

$$\Delta = \frac{K_R * (273,3 + t)}{p_a * 2,892} \quad (2.4)$$

Анемометры следует применять для измерения скоростей воздуха в тех случаях, когда измерение динамических давлений комбинированными приемниками давления представляется невозможным (в проемах внешних ограждений, отверстиях, открытых концах вентиляционных воздуховодов и т.п.).

Рукоятка измерительного зонда анемометра должна быть достаточно тонкой и длинной, чтобы не вносить дополнительного влияния на течение воздуха в измерительном сечении.

В каждой точке измерения скорость следует определять два раза, причем разность между результатами измерений должна быть не более  $+5\%$ , в противном случае производят дополнительные измерения.

производят в плоскости выхода воздуха (для воздухораспределительных устройств), а при входе в отверстие – внутри канала (для воздухоприемных устройств).

В отверстиях площадью до  $1\text{м}^2$  скорость воздуха измеряется медленным равномерным движением анемометра по всему сечению отверстия.

При большем размере отверстия, его сечение разбивают на несколько равных площадок и измерения производят в центре каждой из них. Для последующих расчетов в этом случае в качестве средней скорости принимают среднее арифметическое из значений измеренных скоростей.

В тех случаях, когда в одной части проема движение воздуха имеет одно направление, а в другой – противоположное, необходимо до производства измерений определить с помощью анемометра нейтральную линию в проеме, где скорость воздуха равна нулю. После этого следует отдельно измерить скорости воздуха по обе стороны от нейтральной линии.

В отверстиях, закрытых решетками, измерения скорости производят анемометром, снабженным насадком (сделанным из листовой стали, жести и т.п.), который в процессе измерений плотно примыкает к решетке. Насадок должен иметь длину, обеспечивающую сглаживание профилей скорости за решеткой. Если решетка имеет наклон для придания определенного направления движения воздуха, то насадок также надо выполнять с наклоном, соответствующим наклону створок решетки. Анемометр ориентируется в направлении максимальных значений скорости потока.

Расход воздуха  $L$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , в открытых проемах воздухоподдающих и воздухоприемных устройств следует определять по формуле:

$$L = V_m * F \quad (2.5)$$

где:  $F$  – площадь открытых проемов воздухоприемных и воздухоподдающих устройств с постоянным направлением движения воздуха,  $\text{м}^2$ .

Расход воздуха  $L$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$  в отверстиях, закрытых решетками, следует определять по формуле:

$$L = V_m * f_{\text{ж}} \quad (2.6)$$

где:  $f_{\text{ж}}$  – живое сечение решетки,  $\text{м}^2$ .

Если изготовитель приводит в каталоге тарировочные характеристики для воздухораспределителя (в виде зависимости потерь полного или статического давления от производительности), то расход воздуха через воздухораспределитель определяется по измерениям полного или статического давления на решетке

#### **Техника безопасности при выполнении лабораторных работ.**

1. Все студенты, связанные с работой в лаборатории, обязаны пройти инструктаж по безопасному выполнению работ, о чем расписываются в журнале инструктажа по технике безопасности.
2. К работам по эксплуатации электроустановок до 1000 В (установочных, осветительных, технических средств обучения и электрических машин) допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр и инструктаж по охране труда. Не электротехническому персоналу, эксплуатирующему электроустановки до 1000 В, прошедшему инструктаж и проверку знаний по электробезопасности, присваивается I квалификационная группа допуска с оформлением в журнале установленной формы с обязательной росписью проверяющего и проверяемого.
3. Все лица, связанные с работой в лаборатории, должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, установленные режимы труда и отдыха.

#### **Вопросы для собеседования:**

1. Как определяется скорость воздуха в воздуховодах, каналах, проемах
2. В каких случаях применяются Анемометры для измерения скоростей воздуха
3. Принципы измерения скорости воздушного потока в открытых отверстиях.

### Лабораторная работа №3 Теплотехнический расчет ограждающей конструкции покрытия

**Цель:** изучить требования, предъявляемые к микроклимату зданий и сооружений.

**Знать:** требования, предъявляемые к климатизации зданий, населенных мест и городов;

**Уметь:** работать с инновационными приборами, используемыми для измерения параметров воздушно-теплого режима в помещениях и характеристики систем и инновационного оборудования в процессе эксплуатации зданий и сооружений.

#### Формируемые компетенции:

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

**Актуальность темы:** посвящена изучению состояния влажного воздуха, которое используется при решении задач, связанных с расчетами вентиляции, систем кондиционирования воздуха, процессов горения топлива, паропроницаемости ограждающих конструкций зданий и др.

**Теоретическая часть:** Влажный воздух представляет собой смесь сухого воздуха (в свою очередь являющуюся смесью различных газов: кислорода, азота и др.) и водяного пара. Удобно влажный воздух представить в виде бинарной смеси, то есть смеси, состоящей из сухого воздуха и водяного пара. Тогда массовый состав воздуха может быть представлен следующей зависимостью

$$G_{в.в.} = G_{с.в.} + G_{в.п.} \quad (3.1)$$

где  $G_{в.в.}$  -масса влажного воздуха, кг;

$G_{с.в.}$  -масса сухого воздуха, кг;

$G_{в.п.}$  -масса водяного пара, кг;

В соответствии с законом Дальтона, сумма парциальных давлений смеси газов равна полному давлению смеси. Атмосферное (барометрическое) давление влажного воздуха,  $P_a$ , выражается зависимостью

$$P_a = P_{с.в.} + P_{в.п.} \quad (3.2)$$

где  $P_{с.в.}$  -парциальное давление сухого воздуха, Па;

$P_{в.п.}$  -парциальное давление водяного пара, Па.

Количество водяного пара в воздухе (влажность воздуха) является величиной переменной, имеет предельное значение, зависящее от температуры. Воздух, в котором при данной температуре находится максимальное количество водяного пара, называется насыщенным. В соответствии с этим, величина  $P_{в.п.}$  в формуле (2) также имеет предельное значение, соответствующее условиям насыщения -  $P_{в.н.}$ . Предельное количество пара, соответствующее формуле (1), обозначим через  $G_{п.н.}$ .

Чтобы дать характеристику увлажненности воздуха, используют отношение

$$\varphi = \frac{G_{в.п.}}{G_{п.н.}} \quad (3.3)$$

где  $\varphi$  называют показателем относительной влажности воздуха.

Показатель показывает степень насыщенности воздуха водяным паром в процентах или в долях единицы полного насыщения при одинаковых температуре и давлении.

Можно доказать, что отношение, выраженное в единицах массы, может быть заменено отношением соответствующих давлений и представлено в виде

$$\varphi = \frac{P_{в.н}}{P_{в.н}} \quad (3.4)$$

Давление насыщенного водяного пара (водяного пара, насыщающего воздух) зависит только от температуры смеси. В области положительных температур величину  $P_{п.н.}$  можно определить с помощью аппроксимирующей зависимости.

$$P_{п.н.} = 479 + (11,52 + 1,62t_n)^2 \quad (3.5)$$

При вычислениях по формуле (3.5) при температуре 20°C ошибка составляет около 3%. Более точные значения можно получить с помощью формулы М.И.Фильнея.

$$P_{п.н.} = \frac{156 + 8,12t_n}{236 + t_n} \quad (3.6)$$

в результате вычислений, по которой величину давления получаем в мм рт.ст. Для преобразования в Па его необходимо умножить на переводной коэффициент 133,42. В формулах (3.5) и (3.6) – температура насыщенного воздуха.

Парциальное давление водяного пара в воздухе (упругость водяного пара)  $P_{п.в.}$ , Па, может быть определено по зависимости:

$$P_{п.в.} = P_{пг} - A(t_c - t_m) \cdot P_6 \quad (3.7)$$

где  $P_{пг}$  -упругость насыщенного водяного пара непосредственно над шариком мокрого термометра при замеренной температуре  $t_m$ .

$t_c$  -температура воздуха в точке замера, определенная по сухому термометру, °C;

$t_m$  -температура воздуха по мокрому термометру, °C;

$P_6$  -барометрическое давление, гПа;

$A$  -психрометрический коэффициент, зависящий от типа психрометра.

Для психрометра Августа  $A=0,1574$ .

Для психрометра Ассмана  $A=0,1195$ .

Приведенные выше коэффициенты  $A$  найдены из условия, что барометрическое давление  $P_6$ , парциальные давления пара и получаемый результат выражаются в гПа.

### **Приборы для измерения относительной влажности воздуха.**

#### **Психрометр Августа**

Наиболее простым прибором, применяемым для измерения относительной влажности воздуха, является психрометр Августа. Он состоит из двух одинаковых выверенных термометров. Резервуар одного из них одернут тонкой материей (батистом), смоченным дистиллированной водой. Резервуар второго термометра остается сухим.

#### *Психрометр Ассмана.*

При выполнении психометрических измерений психрометром Августа возникают погрешности, приводящие к завышению получаемых данных по сравнению с фактическими. Они вызываются

-подводом теплоты к резервуару термометра через выступающий вверх капиллярный канал;

-лучистым теплообменом с окружающими предметами и поверхностями;  
 -интенсификацией процесса испарения за счет скорости воздушного потока.  
 Эти погрешности в значительной степени устраняются в психрометре Ассмана.

В нем резервуары термометров защищены от теплообмена излучением – они помещены в трубчатые гильзы с хромированной поверхностью, внутри которых с постоянной скоростью ) примерно 2 м/с) движется воздух. Таким образом, подвижность воздуха в помещении не вызывает погрешности опыта.

#### **Техника безопасности при выполнении лабораторных работ.**

1. Все студенты, связанные с работой в лаборатории, обязаны пройти инструктаж по безопасному выполнению работ, о чем расписываются в журнале инструктажа по технике безопасности.
2. К работам по эксплуатации электроустановок до 1000 В (установочных, осветительных, технических средств обучения и электрических машин) допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр и инструктаж по охране труда. Не электротехническому персоналу, эксплуатирующему электроустановки до 1000 В, прошедшему инструктаж и проверку знаний по электробезопасности, присваивается I квалификационная группа допуска с оформлением в журнале установленной формы с обязательной росписью проверяющего и проверяемого.
3. Все лица, связанные с работой в лаборатории, должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, установленные режимы труда и отдыха.

#### **Вопросы для собеседования:**

1. Требования предъявляемые к микроклимату помещений.
2. Перечислить основные характеристики влажного воздуха.
3. Приборы для измерения влажности воздуха.
4. Принципы расчета основных характеристик влажного воздуха.

#### **Лабораторная работа №4 Теплотехнический расчет перекрытия над неотапливаемым техподпольем жилого здания**

**Цель:** изучить требования, предъявляемые к определению коэффициента теплоотдачи радиатора водяного отопления

**Знать:** требования, предъявляемые к определению коэффициента теплоотдачи радиатора водяного отопления

**Уметь:** работать с инновационными приборами, используемыми для измерения параметров воздушно-теплого режима в помещениях и характеристики систем и инновационного оборудования в процессе эксплуатации зданий и сооружений.

#### **Формируемые компетенции:**

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                  |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области                                   |

**Актуальность темы:** посвящена изучению расчета определения коэффициента теплоотдачи радиатора водяного отопления

**Теоретическая часть:** Коэффициентом теплопередачи принято называть плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>, проходящего через стенку, разделяющую две среды, при разности температур сред, равной 1<sup>0</sup>С.

Коэффициент теплопередачи представляет собой размерную величину, его размерность Вт/м<sup>2</sup>.<sup>0</sup>С.

В отопительном приборе системы водяного отопления металлическая стенка разделяет воду, находящуюся с внутренней стороны и воздух – с наружной. Величина коэффициента теплопередачи зависит, главным образом, от условий теплоотдачи с внутренней и наружной стороны.

Коэффициент теплопередачи отопительного прибора, Вт/м<sup>2</sup>.<sup>0</sup>С, определяется по формуле.

$$K_{np} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + R_{cm} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.1)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - коэффициенты теплоотдачи, соответственно на внутренней и наружной поверхности стенки, Вт/ м<sup>2</sup>.<sup>0</sup>С;

$R_{cm}$ - термическое сопротивление стенки, м<sup>2</sup>.<sup>0</sup>С/Вт, зависящее от ее толщины и коэффициента теплопроводности материала. В отопительных приборах, выполненных из металла, при небольшой толщине стенки этот элемент существенного значения не имеет.

Количество теплоты, отдаваемой радиатором в окружающую среду, определяется по зависимости:

$$Q = KA(t_{cp} - t_B) \quad (4.2)$$

где Q-теплоотдача (тепло производительность, радиатора, Вт;)

K-коэффициент теплопередачи радиатора, Вт/м<sup>2</sup>.<sup>0</sup>С;

A-площадь наружной поверхности отопительного прибора, м<sup>2</sup>;

Величина A определяется произведением количества секций радиатора на площадь поверхности одной секции, которая в радиаторе лабораторной установки составляет 0,296 м<sup>2</sup>.

$t_B$  - температура окружающего воздуха, <sup>0</sup>С;

$t_{cp}$  - средняя температура теплоносителя в отопительном приборе, °С, определяемая как среднее арифметическое температур теплоносителя на входе в прибор и на выходе из него.

$$t_{cp} = \frac{t_{вх} + t_{вых}}{2} \quad (4.3)$$

где  $t_{вх}$  - температура теплоносителя на входе в прибор, °С;

$t_{вых}$  - температура теплоносителя, вытекающего из прибора, °С;

Коэффициент теплопередачи радиатора водяного отопления  $K$ , Вт/м<sup>2</sup>.°С, может быть определен по формуле:

$$K = \frac{Q}{A \left( \frac{t_{вх} + t_{вых}}{2} - t_e \right)} \quad (4.4)$$

Предварительно необходимо вычислить тепло производительность радиатора  $Q$ , Вт, для чего следует экспериментально определить расход воды  $G$ , кг/ч, через испытываемый прибор.

Для определения расхода выполняется отбор навески воды  $P$ , кг, за время  $Z$  секунд. Расход в кг/ч определяется по формуле:

$$G = 3600 \frac{P}{Z} \quad (4.5)$$

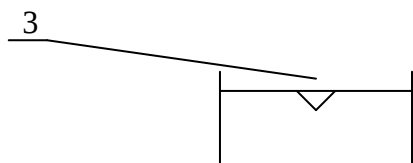
Тепло производительность радиатора вычисляется по формуле:

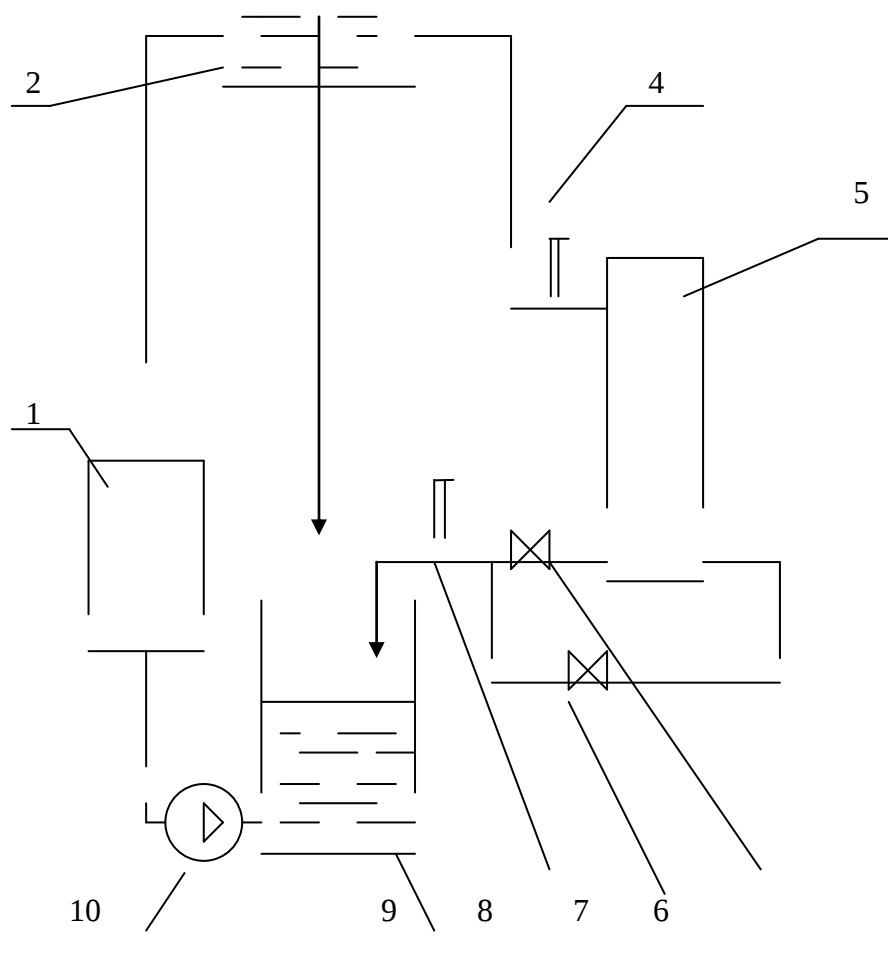
$$Q = 0.278cG(t_{вх} + t_{вых}) \quad (4.6)$$

Здесь  $Q$  - тепло производительность отопительного прибора, Вт;

$c$  - удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/кг.°С.

#### Схема установки





1-эл.нагреватель; 2-напорный бак; 3-перелив; 4-термометр на трубопроводе, питающем прибор; 5-отопительный прибор; 6,7-краны; 8-термометр для измерения температуры охлажденной воды; 9-сборный бак; 10-циркулирующий насос.

Приборы, необходимые для выполнения работы:

термометры,  
секундомер,  
мерный сосуд,  
весы.

Полученные значения коэффициента теплопередачи сравнить с нормативными значениями, определяемыми по формуле:

$$K_p = m \Delta t^n \bar{G}^p \quad (4.7)$$

где  $m$ ,  $n$ ,  $p$  -опытные коэффициенты;

$\Delta t$  - средняя разность температур теплоносителя в приборе и окружающего воздуха, °C;

$\bar{G}$  - относительный расход воды.

Влияние относительного расхода на коэффициент теплопередачи невелико, в радиаторах в интервале расходов от 54 до 536 кг/ч эту поправку можно не учитывать. Значения коэффициента принимаются:

$$m=2,38; n=0,3; p=0.$$

Вычислить относительную ошибку можно по формуле:

$$K = \frac{K - K_p}{K_p} 100\% \quad (4.8)$$

где  $K_p$  - расчетное значения коэффициента теплопередачи полученное по формуле (4.7).

#### **Техника безопасности при выполнении лабораторных работ.**

1. Все студенты, связанные с работой в лаборатории, обязаны пройти инструктаж по безопасному выполнению работ, о чем расписываются в журнале инструктажа по технике безопасности.
2. К работам по эксплуатации электроустановок до 1000 В (установочных, осветительных, технических средств обучения и электрических машин) допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр и инструктаж по охране труда. Не электротехническому персоналу, эксплуатирующему электроустановки до 1000 В, прошедшему инструктаж и проверку знаний по электробезопасности, присваивается I квалификационная группа допуска с оформлением в журнале установленной формы с обязательной росписью проверяющего и проверяемого.
3. Все лица, связанные с работой в лаборатории, должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, установленные режимы труда и отдыха.

#### **Вопросы для собеседования:**

1. Что называют коэффициентом теплоотдачи.
2. От чего зависит коэффициент теплоотдачи
3. Определение коэффициента теплоотдачи радиатора водяного отопления.

#### **Лабораторная работа №5 Технический расчет паропроницаемости ограждающих конструкций покрытия жилого здания**

**Цель:** изучить требования, предъявляемые при определении коэффициента затекания и теплоотдачи отопительного прибора.

**Знать:** требования, предъявляемые при определении коэффициента затекания и теплоотдачи отопительного прибора.

**Уметь:** работать с инновационными приборами, используемыми для измерения параметров воздушно-теплого режима в помещениях и характеристики систем и инновационного оборудования в процессе эксплуатации зданий и сооружений.

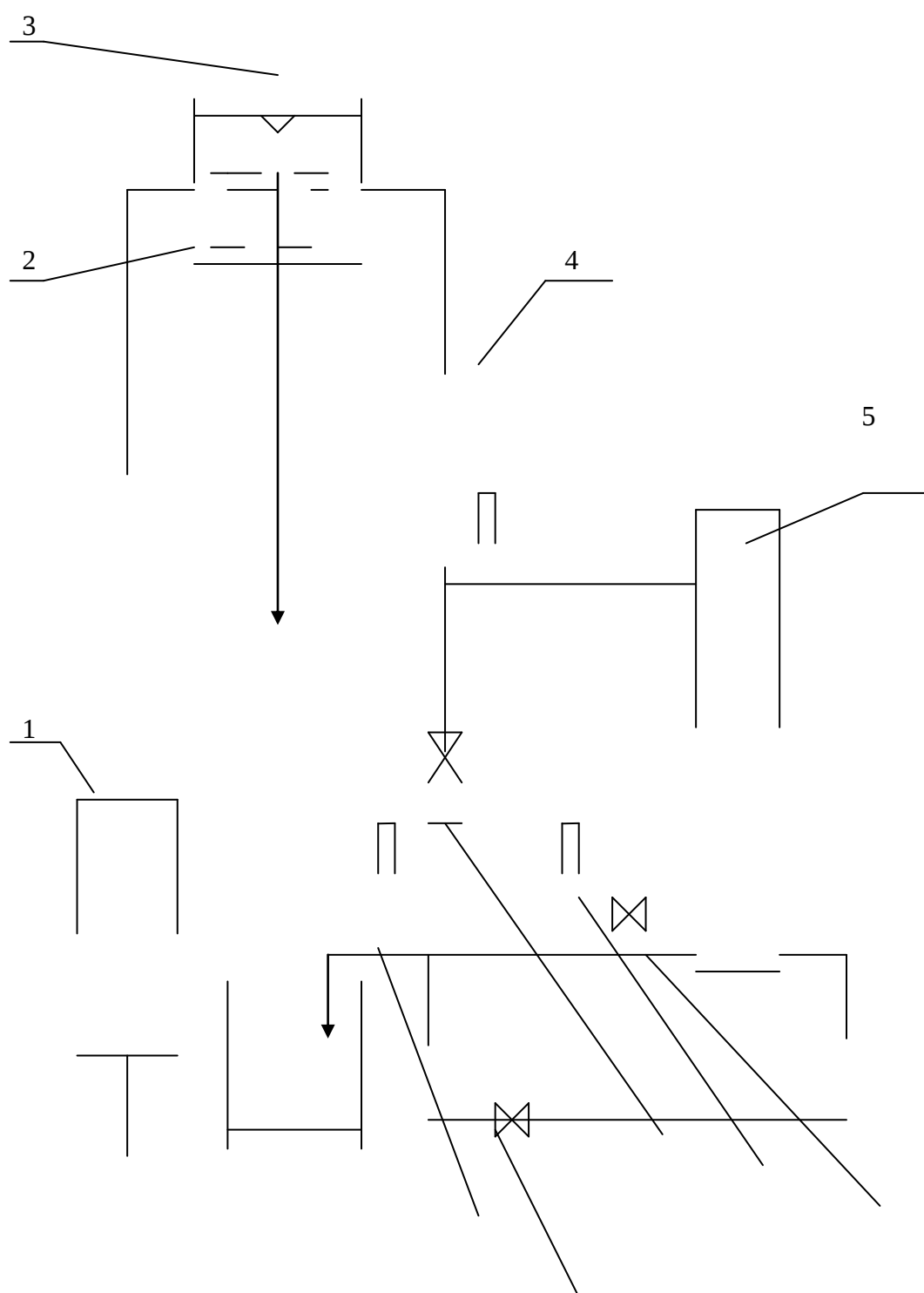
#### **Формируемые компетенции:**

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

**Актуальность темы:** посвящена изучению распределение значений температуры в наружном ограждении

**Теоретическая часть:**

**Схема установки**



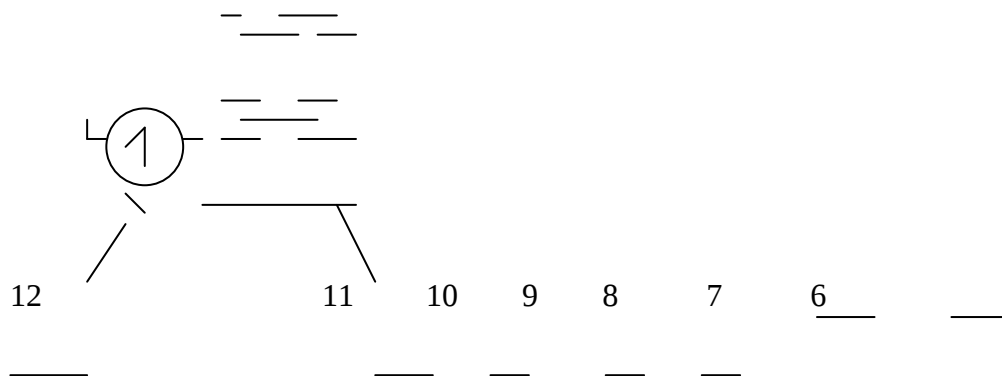


Рис. 5.1 Установка для испытания отопительного прибора:  
1-эл.нагреватель; 2-напорный бак; 3-перелив; 4, 7, 10-термометры; 5-испытываемый отопительный прибор; 6, 8, 9-краны, 11-сборный бак; 12-насос.  
Циркуляция воды осуществляется при открытых кранах 6 и 8 и закрытом кране 9.

В случае присоединения отопительного прибора к стояку с замыкающим участком (без трехходового крана) часть теплоносителя, протекающего по стояку,  $G_{ст}$ , поступает в прибор –  $G_{пр}$ , другая часть,  $G_{э.у.}$ , направляется по замыкающему участку (рис. 5.2).

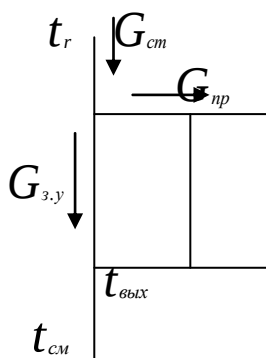


Схема движения потоков воды и распределения температур при наличии замыкающего участка

Коэффициентом затекания принято называть отношение расхода воды в приборе к расходу воды в стоянке:

$$\alpha = \frac{G_{пр}}{G_{ст}} \quad (5.1)$$

Коэффициент  $\alpha$  в известной мере является показателем эффективности теплоотдачи отопительного прибора: с увеличением возрастает расход воды через прибор, уменьшается перепад температур воды на входе в прибор и на выходе из него, уменьшается при неизменной теплоотдаче поверхность отопительного прибора.

Теплоотдача (теплопроизводительность) отопительного прибора может быть определена по формуле:

$$Q = c \cdot G_{пр} (t_r - t_{вых}), \quad (5.2)$$

где  $G_{пр}$  – расход воды, протекающей через отопительный прибор, кг/ч.  
 $c$  – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг.  $^{\circ}\text{C}$ );  
 $t_r$  – температура воды, поступающей в прибор,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $t_{вых}$  – температура воды, выходящей из прибора,  $^{\circ}\text{C}$ .

Если через отопительный прибор проходит весь расход теплоносителя, протекающего по стояку, то его теплопроизводительность описывается зависимостью:

$$Q = c \cdot G_{\text{ст}}(t_{\text{г}} - t_{\text{см}}), \quad (5.3)$$

где  $G_{\text{ст}}$  - расход теплоносителя, кг/ч, проходящего по стояку;  
 $t_{\text{см}}$  – температура смеси после слияния потоков из отопительного прибора и замывающего участка,  $^{\circ}\text{C}$ .

Поскольку в формулах (2) и (3) рассматривается одна и та же теплопроизводительность  $Q$ , приравнявая их, получаем:

$$G_{\text{np}} = G_{\text{ст}} \cdot \frac{t_{\text{г}} - t_{\text{см}}}{t_{\text{г}} - t_{\text{вых}}} \quad (5.4)$$

а с учетом формулы (5.1) определяем:

$$\alpha = \frac{G_{\text{np}}}{G_{\text{ст}}} = \frac{t_{\text{г}} - t_{\text{см}}}{t_{\text{г}} - t_{\text{вых}}} \quad (5.5)$$

Таким образом, определив температуру воды в стояке до отопительного прибора, после него до слияния потоков и температуру смеси после слияния потоков, мы получаем возможность вычислить значение коэффициента затекания  $\alpha$ .

### **Техника безопасности при выполнении лабораторных работ.**

1. Все студенты, связанные с работой в лаборатории, обязаны пройти инструктаж по безопасному выполнению работ, о чем расписываются в журнале инструктажа по технике безопасности.

2. К работам по эксплуатации электроустановок до 1000 В (установочных, осветительных, технических средств обучения и электрических машин) допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр и инструктаж по охране труда. Не электротехническому персоналу, эксплуатирующему электроустановки до 1000 В, прошедшему инструктаж и проверку знаний по электробезопасности, присваивается I квалификационная группа допуска с оформлением в журнале установленной формы с обязательной росписью проверяющего и проверяемого.

3. Все лица, связанные с работой в лаборатории, должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, установленные режимы труда и отдыха.

### **Вопросы для собеседования:**

1. Объяснить принцип действия установки
2. Определение коэффициента теплопередачи.

### **Лабораторная работа №6 Теплотери через ограждающие конструкции и оконные и дверные проемы жилого здания**

**Цель:** изучить требования, предъявляемые при технических испытаниях системы вентиляции

**Знать:** требования, предъявляемые при технических испытаниях системы вентиляции

**Уметь:** работать с инновационными приборами, используемыми для измерения параметров воздушно-теплого режима в помещениях и характеристики систем и инновационного оборудования в процессе эксплуатации зданий и сооружений.

### **Формируемые компетенции:**

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

**Актуальность темы:** определение коэффициента затекания и теплоотдачи отопительного прибора.

**Теоретическая часть:** Эффективным средством нормализации воздуха рабочей зоны производственных помещений является вентиляция.

В зависимости от способа перемещения воздуха вентиляция бывает двух типов:

- естественная
- искусственная.

**Естественная вентиляция.**

При естественной вентиляции перемещение воздуха осуществляется за счет разности температур наружного воздуха и воздуха в рабочей зоне (тепловой напор) или за счет ветра (ветровой напор).

Вентиляция может быть организованная и неорганизованная.

Давление, обеспечивающее вытяжку воздуха:

$$\Delta p_2 = h_2(\rho_n + \rho_{cp}) \quad (6.1)$$

где  $\rho_n$  - наружная плотность воздуха,

$\rho_{cp}$  - средняя плотность воздуха в рабочей зоне.

Давление, обеспечивающее поступление воздуха в рабочую зону:

$$\Delta p_1 = h_1(\rho_n + \rho_{cp}) \quad (6.2)$$

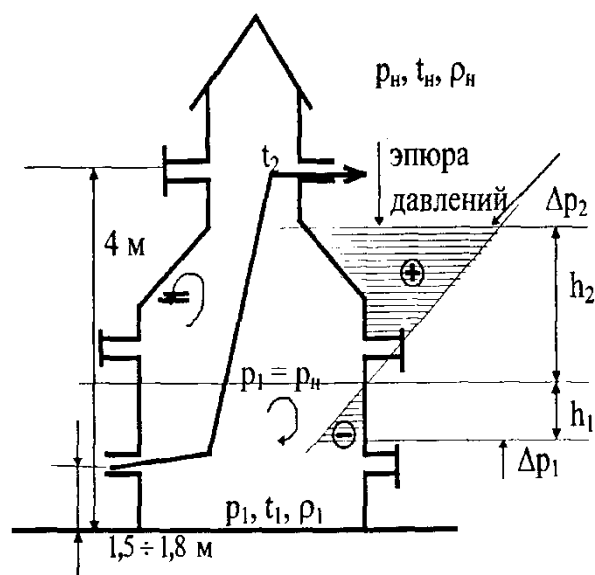
$\rho_{cp}$  определяется по средней температуре:

$$t_{cp} = \frac{(t_1 + t_2)}{2} \quad (6.3)$$

где  $t_1$ - температура воздуха в рабочей зоне,

$t_2$  - температура удаляемого воздуха.

Схема организованной вентиляции (аэрации)



При естественной организованной вентиляции воздух подается в зону с наименьшим образованием вредных веществ, а удаляется из зоны с их наибольшей концентрацией. Высота подачи воздуха в рабочую зону: 1,5 -1,8 м (по СН 245-71), а в зимнее время высота подачи воздуха должна быть не менее 4 м.

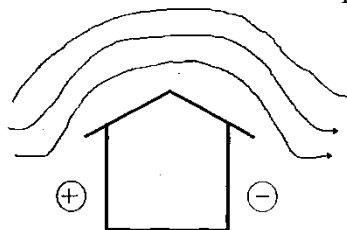
При неорганизованной вентиляции поступление воздуха в рабочую зону осуществляется за счет вытеснения теплого воздуха наружным воздухом через окна, двери, форточки, щели и т.д.

Естественная вентиляция экономична, проста, но не имеет ряд недостатков:

- 1) применяется в том случае, когда отсутствуют большие выделения вредных веществ в рабочую зону;
- 2) воздух поступает в производственное помещение неотреботанный (неочищенный, неувлажненный);
- 3) не всегда эффективна (при одинаковой температуре  $t_n$  и  $t_b$ ). Согласно СН 245-71 площадь открывающихся устройств должна быть не менее 20% площади световых проемов.

### Ветровой напор.

Схема обтекания здания ветром.



Здание строится с учетом розы ветров.

Давление ветрового напора:

$$p = \frac{a\rho V^2}{2} \quad (6.4)$$

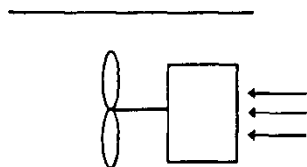
где  $a$  - коэффициент аэродинамики.

Для наветренной стороны:  $a = 0,7 - 0,85$ ; для заветренной стороны  $a = 0,3 - 0,45$ .

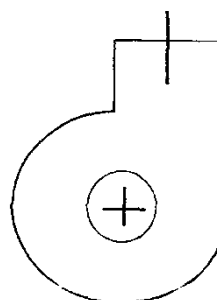
### Искусственная вентиляция.

Устраняет недостатки естественной вентиляции. Осуществляется за счет осевых или за счет центробежных вентиляторов.

Осевой



Центробежный



Искусственная вентиляция может быть общая и местная, а также:

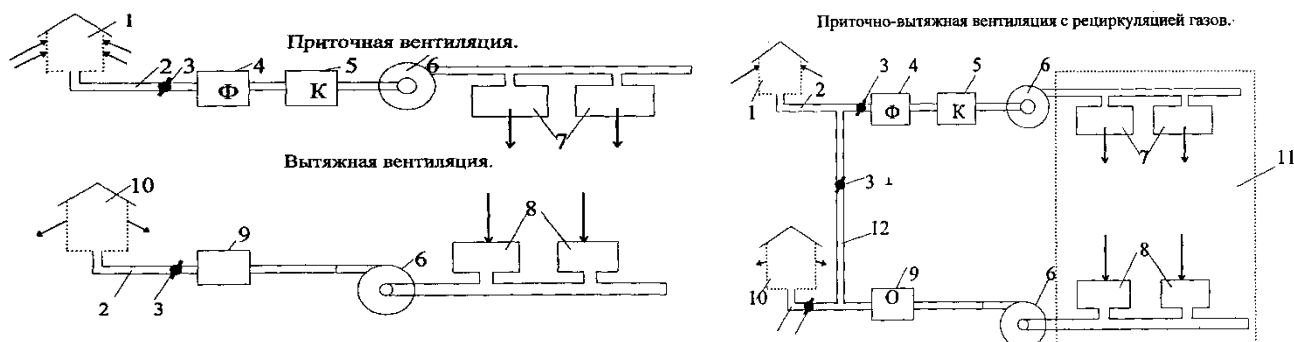
- \* приточная
- \* вытяжная
- \* приточно-вытяжная с рециркуляцией газов.

Приточная - служит для подачи воздуха на рабочее место.

Вытяжная - служит для удаления вредных веществ из рабочей зоны.

Приточно-вытяжная - применяется, когда нужен особо надежный воздухообмен.

Рециркуляция осуществляется с целью экономии тепла. В случае поступления вредных веществ в рабочую зону I, II, III классов опасности рециркуляция не применяется.



1. воздухозаборник; 2. воздуховод; 3. регулирующая заслонка; 4. фильтр; 5. калорифер (для подогрева); 6. вентилятор; 7. воздухораспределители в рабочей зоне; 8. воздухозаборники; 9. очиститель; 10. вытяжная труба; 11. производственное помещение; 12. воздуховод рециркуляции

Согласно СН количество вредных веществ, поступающих в рабочую зону, не должно превышать:

$$0,3 \cdot C_{\text{пдк}} (C < 0,3 \cdot C_{\text{пдк}}) \quad (6.5)$$

Количество вредных веществ, выбрасываемых в ОС не должно превышать норм, установленных санэпидемстанцией в зависимости от вредности вещества.

Основой расчета вентиляционной системы является определение их конструктивных размеров, расхода воздуха, скорости удаления вещества. Правильность выбора вентиляционной системы определяется расчетом гидравлического сопротивления по удаляемому воздуху.

Потери напора в вентиляционных системах определяются зависимостью:

$$P = \sum_{i=1}^n R_i l_i + \sum_{j=1}^m Z_j \quad (6.6)$$

где  $R_i$  - потери давления по длине  $i$ -го участка вентиляционной системы, Па/м,  
 $l_i$  - длина  $i$ -го участка,

$Z_j$  - потери давления на местном сопротивлении.

Потери давления по длине  $i$ -го участка:

$$R_i = \xi \rho V^2 / 2 d_{\text{экв}} \quad (6.7)$$

где  $\xi$  - коэффициент сопротивления участка (по таблицам),

$\rho$  - плотность газа (воздуха),

$V$  - скорость движения на данном участке,

$d_{\text{экв}}$  - диаметру трубопровода (для круглого сечения),

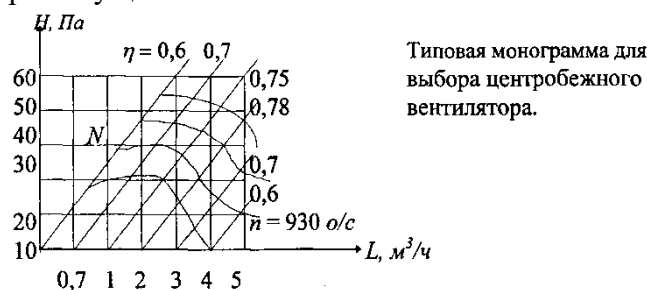
$d_{\text{экв}} = 2ab/(a+b)$  (для прямоугольного сечения).

Потери давления на местном сопротивлении:

$$Z_j = \xi_j \rho V^2 / 2 \quad (6.8)$$

где  $\xi_j$  - коэффициент местного сопротивления (таблица).

Выбор вентиляторов осуществляется на основе каталогов по монограммам.



$H$  - напор воздуха. Па,

$L$  - расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ,

$\eta$  - КПД вентилятора,

$N$  - мощность, кВт,

$n$  - число оборотов.

Требуемая мощность на валу вентилятора:

$$N_B = \frac{HL(273+t)}{1000\eta 273} \quad (6.9)$$

где  $H$  - производительность вентиляционной системы,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,

$L$  - полное давление при  $t = 20^\circ\text{C}$ ,

$\eta$  - КПД вентилятора.

Необходимая мощность электродвигателя для вентилятора:

$$N = \frac{KN_B}{\eta_{\text{nc}}} \quad (6.10)$$

где  $K$  - коэффициент запаса [1,1 - 1,5],

$\eta_{\text{nc}}$  - КПД передачи от электродвигателя к вентилятору.

#### Местная вентиляция.

Служит для удаления вредных веществ непосредственно из зон их выделения (местах пайки, сварки, лужения, механического распада и т.д.) и препятствует таким образом распространению их в рабочей зоне производственных помещений.

В зависимости от назначения местная вентиляция может быть:

- вытяжная (вытяжные зонты, зоны; бортовые, боковые отсосы, шарнирно-телескопические отсосы; отсосы, встроенные в рабочие места и инструменты и т.д.);
- приточная (воздушно-тепловые завесы, воздушные души).

В зависимости от взаимного расположения источников вредных выделений и отсасывающих устройств местная вентиляция может быть:

- открытая
- закрытая.

К открытой местной вентиляции относятся устройства, в которых отсасывающие отверстия (панели) расположены на некотором расстоянии от источника вредных выделений.

В местной вентиляции закрытого типа источники вредных выделений расположены внутри укрытия, в котором создается разрежение и за счет этого ограждается распространение вредных веществ в рабочей зоне (вытяжные витринные отсосы, кожухи, кабины и т.д.).

#### Вытяжные зонты.

Вытяжные зонты предназначены для удаления вредных веществ, распространяющихся вверх (т.е. легче воздуха) на большой площади как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости.

Расход отсасывающего воздуха, м<sup>3</sup>/с:

$$L = 3600 S V_{cp} \quad (6.11)$$

где  $S$  - площадь входного сечения зонта (м<sup>2</sup>),

$V_{cp}$  - необходимая скорость для удаления вредных веществ в плоскости всасывания зонта (м/с):

$$V_{cp} = 4,8 \cdot V_x \cdot x / d_{экр} \cdot \sqrt{1 + 1,1 \cdot (x / d_{экр})^2} \quad (6.12)$$

где  $V_x$  - скорость воздуха в зоне образования вредных веществ,

$x$  - расстояние от источника вредных выделений до входного сечения зонта,

$d_{экр}$  - эквивалентный диаметр.

Зонты рекомендуется устанавливать и над источником тепловых излучений.

В зависимости от конструкции зонты бывают различных типов:

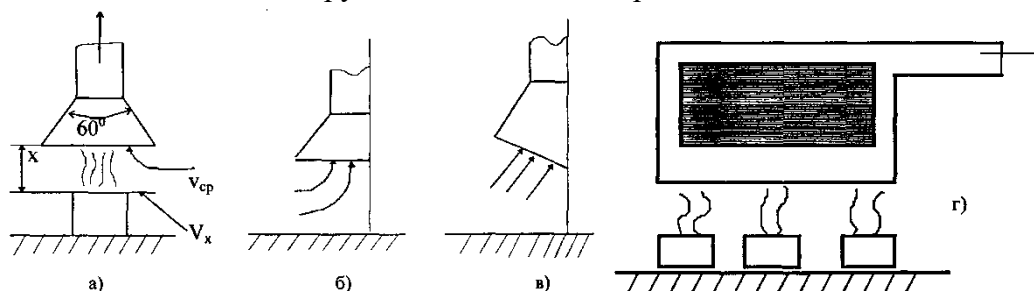


схема общего отсоса над несколькими источниками

Зонты устанавливают над нагретыми источниками образования вредностей, которые способствуют образованию тепловых.

Расход отсасывающего воздуха, м<sup>3</sup>/ч определяется для случая а) - в):

$$L = L_K \cdot \frac{F_3}{F_{II}} \quad (6.13)$$

$F_3$  - площадь сечения зонта;

$F_u$  - площадь источника тепла;

$L_k$  - количество воздуха, подтекаемого к зонту с конвективной струей:

$$L_k = 22,3 \cdot \lambda^{\frac{1}{3}} \cdot Q^{\frac{1}{3}} \cdot x^{\frac{1}{3}} \quad (6.14)$$

где  $\lambda$  - коэффициент, представляющий собой отношение тепла за счет конвекции к общему теплу, выделяемому источником:

$$\lambda = \frac{Q_k}{Q_\Sigma} \quad (6.15)$$

где  $Q_\Sigma$  - общее количество выделяемого тепла, Вт;

$x$  - расстояние от низа нагретой поверхности до входного сечения зонта, м;

г) для зонта, удаляющие вредные вещества от нескольких источников одинаковой мощности, количество воздуха, подтекаемого к конвективной струе:

$$L_k = 22,3 \cdot \lambda^{\frac{2}{3}} \cdot Q^{\frac{1}{3}} \cdot x^{\frac{5}{3}} \quad (6.16)$$

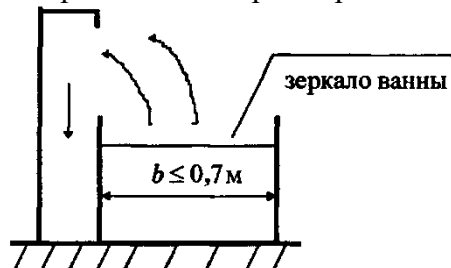
где  $n$  - количество источников вредных выделений.

#### **Бортовые отсосы.**

Применяются преимущественно над ваннами с горячими растворами и выделяющими вредностями тяжелее воздуха (гальванические, травильные и т.д. ванны).

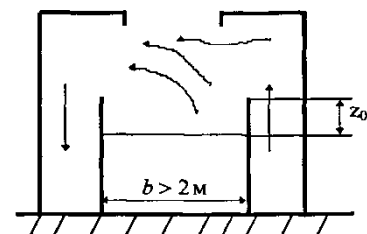
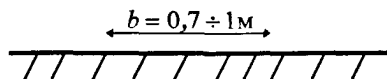
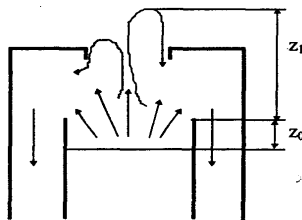
В зависимости от конструкции бортовые отсосы бывают:

*односторонние бортовые:* применяются при ширине ванны  $b < 0,7$  м



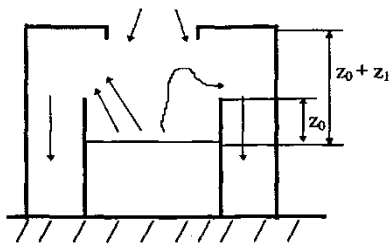
Выделяющиеся пары всасываются вместе с воздухом через щелевое всасывающее отверстие.

*двусторонние бортовые:* при ширине ванны  $b = 0,7 - 1$  м



$Z_1$  - допустимая высота подъема вредных выделений над верхней кромкой ванны с нагретым раствором, определяется по таблице (принимается 40—160 мм и зависит от токсичности вредных веществ), \* двусторонние со сдувкой: при ширине ванны  $b > 2$  м

$Z_0$  - расстояние от поверхности испарения раствора в ванне до низа вытяжного отверстия отсоса (100-200 мм), \* опрокинутые бортовые отсосы



Расход воздуха в бортовых отсосах зависит от токсичности выделяющихся вредных веществ, размеров ванн, уровня раствора, температуры раствора и т.п.

Расход удаляемого воздуха равен для двусторонних отсосов:

$$L = K \cdot \frac{F}{Q} \cdot \sqrt[3]{b} \cdot \sqrt{t_p - t_b} \quad (6.17)$$

Где К - коэффициент, равный 600 - для обычных отсосов, 450 - для опрокинутых отсосов;

Q - величина, зависящая от  $Z_0/b$ , и  $Z_0+Z_1/b$ :

$Q = f\left(\frac{Z_0}{b}, \frac{Z_0 + Z_1}{b}\right)$  - выбирают по графикам;

F - поверхность нагрева раствора ванны, м<sup>2</sup>;

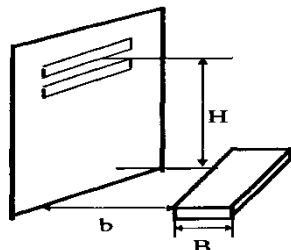
$t_p$  - температура раствора, °С;

$t_b$  - температура воздуха, °С.

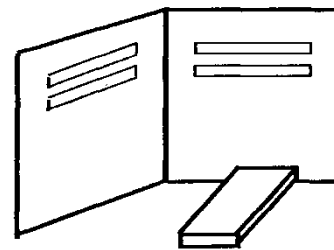
#### Боковые отсосы.

Применяются, когда по типу производства нельзя применять вытяжной шкаф или отсасывающие отсосы закрытого типа. В зависимости от конструкции боковые отсосы бывают:

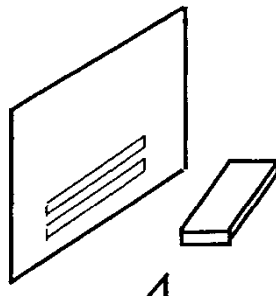
- 1) верхние односторонние
- 2) угловые
- 3) нижние односторонние
- 4) комбинированные



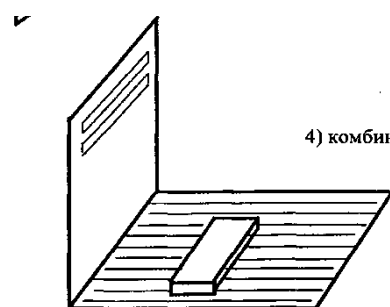
1) верхний односторонний



2) угловой



3) нижний односторонний



4) комбинированный.

Расход удаляемого воздуха определяется:

$$L = C \cdot (3,975 - 1,87 \cdot 10^{-3} \cdot t) \cdot \sqrt{Q \cdot (H + B)^5} \text{ [м}^3/\text{ч]},$$

Где t - температура поверхности источника, °С;

Q - количество тепловыделений от источника, Вт;

$H$  - расстояние от верхней плоскости источника до центра всасывающей поверхности, м;

$B$  - ширина источника, м;

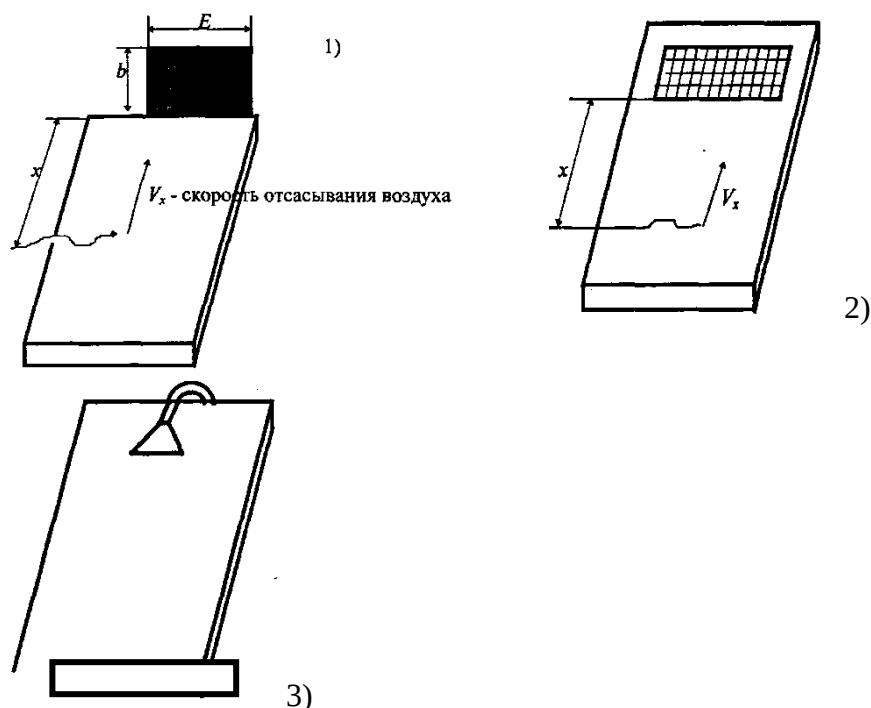
$C$  - коэффициент, учитывающий конструкцию отсоса и взаимное расположение источника вредных веществ (или тепла) и плоскости всасывания [260 - 345].

### Отсосы, встроенные в рабочие места.

При пайке, сварке и др. технологических процессах применяются указанные отсосы.

Различают отсосы с приемными отверстиями:

- 1) с вертикально расположенной отсасывающей поверхностью;
- 2) расположенные в плоскости стола;
- 3) расположенные над столом.



$x$  - расстояние от места гайки до панели.

Приемные отверстия отсасывающих панелей могут быть выполнены прямоугольной формы с острыми кромками или круглыми.

Объем отсасываемого воздуха для прямоугольных отверстий с острыми кромками:

$$L = \left( S + 7,7 \cdot E^{0,63} \cdot x^{1/5} \right) \cdot V_x, \text{ [м}^3/\text{ч]},$$

Где  $S$  - площадь всасывающего отверстия, м<sup>2</sup>;

$E$  - длина большей стороны прямоугольного всасывающего отверстия, м;

$x$  - расстояние от плоскости всасывающего отверстия до рассматриваемой зоны пайки, м;

$V_x > 0,5 \text{ м/с}$  - осевая скорость в зоне пайки.

Меньшая сторона всасывающего отверстия определяется из зависимости:

$$b/E = 0,24 \cdot \left( x/E \right)^{0,36}$$

Формула справедлива для соотношений  $b/E = 0,01K1$ .

Для круглого отверстия расход отсасываемого воздуха:

$$L = \pi/4 \cdot \left( d^2 + 9,1 \cdot d^{0,6} \cdot x^{1/4} \right) \cdot V_x, \text{ [м}^3/\text{ч]}, \text{ где}$$

$d$  - диаметр всасывающего отверстия, м.

Объем отсасываемого воздуха для схемы 3) определяется:

$$L = 6800 \cdot \pi \cdot V_x \cdot \frac{(x^2 + h^2)^{3/2}}{x}, \text{ где}$$

$h$  - уровень центра всасывающего отверстия над поверхностью стола, м;

$x$  - расстояние от заданной точки на поверхности стола до проекции на нее центра всасывающего отверстия, м.

### Отсосы, встроенные в инструмент (паяльник).

Могут быть:

\* кольцевой



1 - всасывающее отверстие трубы;

2 - паяющий стержень.

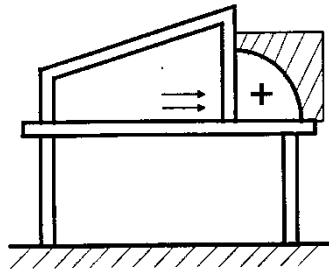
Кольцевой отсос с помощью полый трубки и гибкого шланга соединяют с магистральным воздуховодом диаметром 70 - 76 мм.

Количество удаляемого воздуха при диаметре паяльного стержня  $d < 3,0$  мм при кольцевом отсосе равно  $1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; при диаметре стержня до 6 мм - количество удаляемого воздуха равно  $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

При верхнем отсосе при диаметре паяющего стержня до 6 мм:  $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

### Отсосы витринного типа.

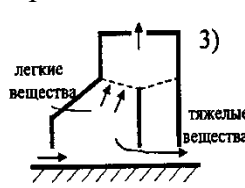
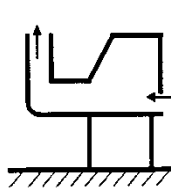
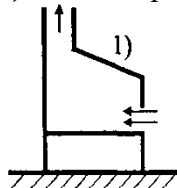
Представляют собой низкие вытяжные шкафы с остекленной верхней крышкой. Применяются при пайке, лужении, работе с эпоксидными смолами; операции с особо вредными веществами.



Вытяжные шкафы применяются при термической и гальванической обработке металлов, окраске, развеске и расфасовке сыпучих материалов.

Различают вытяжные шкафы:

- 1) с верхним отсосом
- 2) с нижним отсосом
- 3) комбинированный для лабораторий.



Формула расхода:  $L = 3600 \cdot S \cdot V_{cp}$ , [ $\text{м}^3/\text{ч}$ ].

1. Скорость удаления вредных веществ из мест их образования  $V_x$  устанавливается отраслевыми требованиями техники безопасности или санэпидемстанциями и принимается равной:

-при работе со свинцово-оловяным припоем для удаления аэрозолей Pb, канифоли, спирта

$$V_x = 0,7 \text{ К } 0,8 \text{ м/с};$$

-при работе с эпоксидными смолами:

а) холодными  $V_x = 1 \text{ м/с}$ ;

б) нагретыми  $V_x = 1,5 \text{ м/с}$ ;

с) нагретыми с твердыми включениями  $V_x = 0,3 \text{ м/с}$ ;

-при удалении паров бензина  $V_x = 0,5 \text{ м/с}$ ;

2. При выполнении технологических процессов местная вентиляция должна быть сблокирована технологическим оборудованием (включение вентиляции за 15 минут до начала работы и выключение через 15 минут до конца).

#### **Воздушные и воздушно-тепловые завесы (приточная вентиляция).**

Предусматриваются у открывающихся технологических ворот, у дверей, которые открываются не менее 5 раз за смену или более, чем на 40 минут.

Воздушные и воздушно-тепловые завесы на время открытия ворот, технологических проемов должны обеспечить температуру воздуха на рабочих местах при легких работах -  $+14^\circ\text{C}$ , при средней тяжести -  $+12^\circ\text{C}$ , при тяжелых работах - температуру  $+8^\circ\text{C}$ .

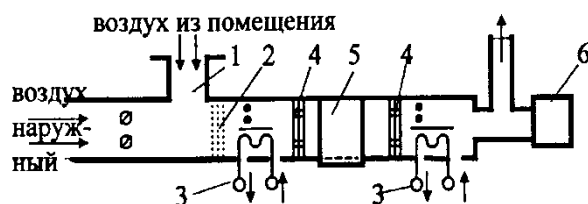
#### **Аварийная вентиляция.**

Предусматривается в тех производственных помещениях, где возможен выброс вредных веществ в больших количествах. Должна быть только вытяжной, включаться автоматически. Датчики аварийной вентиляции настраиваются на  $C_{\text{пдк}}$ . Вытяжные трубы не должны располагаться в местах возможного скопления людей или вблизи всасывающих устройств вентиляционных систем. Кратность воздухообмена должна быть не менее 8 раз в час, но устанавливается санслужбами в зависимости от вредности вещества ( $Hg$ - 60-100 раз).

#### **Кондиционеры.**

В приборостроении широкое применение имеют кондиционеры - аппараты для автоматической обработки воздуха, подаваемого в помещение. Они обеспечивают оптимальные параметры микроклимата и чистоту воздуха в помещении независимо от внешних условий.

#### Местные:



теплоноситель

1 – корпус, 2 – фильтр очистки воздуха, 3 – калорифер, 4 – каплеулавливатель, 5 – увлажнительная камера (для повышения влажности), 6 – электродвигатель вентилятора.

#### **Основы расчета воздухообмена.**

Расчет воздухообмена производится в зависимости от количества работающих, от наличия в воздухе рабочей зоны вредных паров, газов, пыли, избытков влагосодержания и избытков явного тепла.

В зависимости от количества работающих количество воздуха определяется зависимостью:

$$L_B = n \cdot L, [\text{м}^3/\text{ч}], \text{ где}$$

$n$  - количество работающих;

$L$  - расход воздуха на одного работающего.

В соответствии с санитарными нормами СН 245 - 71 расход воздуха на одного работающего может быть:

- при  $V < 20 \text{ м}^3$  на одного работающего  $L = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ , где  $V$  - объем помещения;

- при  $V = 20 - 40 \text{ м}^3$   $L = 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

- при  $V > 40 \text{ м}^3$  и при отсутствии выделений вредных веществ воздух рабочей зоны допускается естественная вентиляция, если не предъявляются дополнительные требования к воздуху в производственном процессе. При отсутствии окон и открывающихся створок  $L > 60 \text{ м}^3/\text{ч}$  на одного человека.

При выделении в воздух рабочей зоны избытков влаги расход воздуха определяется зависимостью:

$$L_{\text{вл}} = \frac{G_{\text{вл}}}{(K_2 - K_1) \cdot 10^{-3}}, [\text{м}^3/\text{ч}], \text{ где}$$

$G_{\text{вл}}$  - избыток влаги, поступающей в помещение, кг/ч;

$K_2$  - количество влаги, удаляемое воздухом помещения;

$K_1$  - количество влаги, поступающее в воздух в помещении.

При выделении в воздух рабочей зоны вредных веществ расход воздуха определяется зависимостью:

$$L_{\text{в}} = \frac{\Psi G_{\text{вв}}}{(C_2 - C_1) \cdot 10^{-6}}, [\text{м}^3/\text{ч}]$$

Где  $\Psi = 1,2 - 2$  - коэффициент неравномерности распределения вредных веществ в воздухе рабочей зоны;

$C_2$  - концентрация вредных веществ в воздухе, удаляемом из производственного помещения  $[\text{мг}/\text{м}^3]$ ;  $C_2 > C_{\text{пдк}}$ ;

$C_1$  - концентрация вредных веществ в воздухе, поступающем в рабочую зону;  $C_1 < 0,3 \cdot C_{\text{пдк}}$ ;

$G_{\text{вв}}$  - количество вредных веществ, поступающих в рабочую зону  $[\text{кг}/\text{ч}]$ .

Если в воздухе рабочей зоны находятся вещества одонаправленного действия, то суммарный (общий) расход воздуха равен сумме расходов воздуха для удаления каждого вещества в отдельности.

При наличии в воздухе рабочей зоны избытков явного тепла расход воздуха определяется зависимостью:

$$L_{\text{в}} = \frac{3600 Q_{\text{ият}}}{\rho \cdot C \cdot (t_2 - t_1)}, [\text{м}^3/\text{ч}], \text{ где}$$

$Q_{\text{ият}}$  - избыток явного тепла. Для теплого периода года

$$Q_{\text{ият}} = \sum Q + Q_{\text{ср}} - Q_{\text{н}}, \text{ где}$$

$\sum Q$  - суммарное тепло от технологического оборудования;

$Q_{\text{ср}}$  - тепло от солнечной радиации (для теплого периода года); для холодного периода года  $Q_{\text{ср}} = 0$ , тогда  $Q_{\text{ср}} = \sum Q - Q_{\text{н}}$ ;

$Q_{\text{н}}$  - тепловые потери;

$\rho$  - плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ; для нормальных условий при  $t = 20^\circ\text{C}$   $\rho = 1,205 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

$C$  - теплоемкость воздуха;

$t_2 - t_1$  - разность температур удаляющего и поступающего воздуха;

$K = L_{\text{в}}/V$  - коэффициент краткости воздухообмена;

$V$  - объем производственного помещения.

Кратность воздухообмена устанавливается в зависимости от вредности вещества.

$K = 10 - 15$  - для многих веществ;

$K_{\text{Hg}} > 60$ .

**Очистка вентиляционного воздуха.**

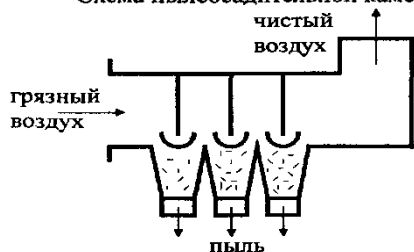
Многие технологические процессы в приборостроении предъявляют повышенные требования к воздуху, поступающему в рабочую зону и выбрасываемому в атмосферу. Т.о. очистка - неотъемлемая часть технологического процесса (см. сх. вентиляции).

Для очистки воздуха от вредных газов применяются следующие физико-химические методы:

- 1) промывка газов растворами реагентов, связывающих примеси химически (химическая абсорбция);
- 2) промывка газов растворителями - поглощение вредных веществ (физическая абсорбция);
- 3) поглощение газов твердыми веществами (сорбентами) - адсорбция;
- 4) физическое разделение газов - конденсация компонентов;
- 5) термический метод очистки (прямое или каталитическое сжигание).

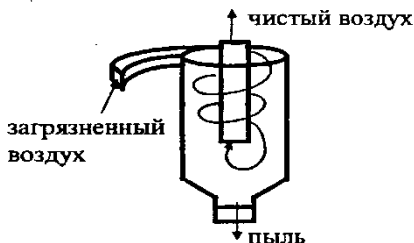
Для очистки воздуха от пыли применяются пылеосадительные камеры (гравитационный тип пылеулавливателей); циклоны (инерционный тип пылеулавливателей); рукавные фильтры (тканевый тип пылеулавливателей); электрофильтры (электрический тип пылеулавливателей).

Схема пылеосадительной камеры:



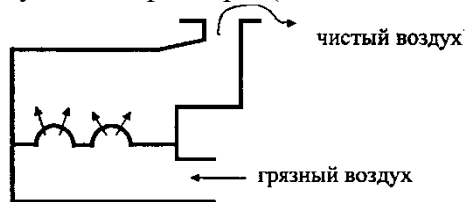
Скорость движения - 0,2 м/с; удаляет частицы до 20 мкм; класс очистки - V.

Циклоны:



Класс очистки - II-V; удаляет частицы размером (2- 20) мкм; КПД = 95%. При применении мокрой очистки эффективность повышается (до II класса очистки).

Рукавные фильтры (как в пылесосе):



### Ионизация воздуха.

Это процесс превращения нейтральных частиц в заряженные частицы.

Ионизация может быть:

- \* естественная
- \* технологическая
- \* искусственная.

Естественная - проходит повсеместно и постоянно во времени за счет воздействия на воздушную среду космических излучений и частиц, выбрасываемых радиоактивными веществами при распаде.

Технологическая - происходит под воздействием на воздух рабочей зоны радиоактивного, рентгеновского, ультрафиолетового излучений, при термоэмиссии, фотоэффекте. Имеет место в машинных залах ЭВМ, в помещениях для дисплеев,

электроустановок, возле электровыпрямителей, высоковольтных линиях электропередач, при кондиционировании воздуха и др.

Искусственная - осуществляется специальными устройствами - ионизаторами, которые обеспечивают в ограниченном объеме воздушной среды заданную концентрацию ионов необходимой полярности.

Ионы характеризуются подвижностью и зарядом.

В зависимости от подвижности ионы различают: легкие, тяжелые, Лонжевена и сверхтяжелые.

Процесс образования ионов сопровождается одновременно и их исчезновением.

В зависимости от соотношения ионизации и деионизации устанавливается определённая степень ионизованности воздуха. В соответствии с ГОСТ 12.0.003 - 74 ССБТ как избыток, так и недостаток как положительных, так и отрицательных ионов относится к вредным производственным факторам.

Степень ионизованности воздуха - определяется количеством ионов обеих полярностей в одном см<sup>3</sup> воздуха и показателем полярности:

$$\Pi = \frac{\Pi^+ - \Pi^-}{\Pi^+ + \Pi^-}$$

где  $\Pi^+$ ,  $\Pi^-$  - количество "+" и "-" ионов.

Количество ионов в рабочей зоне нормируется СН 2152 - 80.

Устанавливается нормированное число ионов:

| показатель   | количество ионов в 1 см <sup>3</sup> воздуха |           | показатель |
|--------------|----------------------------------------------|-----------|------------|
|              | $\Pi^+$                                      | $\Pi^-$   |            |
| минимально-  | 400                                          | 600       | .0,2       |
| оптимальные  | 1500-3000                                    | 3000-5000 | -0,5-0     |
| максимально- | 50000                                        | 50000     | -0,05-0,05 |

Для нормализации ионного состава воздуха применяется:

- \* приточно-вытяжная вентиляция;
- \* удаление рабочих мест из зон образования ионов;
- \* автоматическое регулирование ионного состава;
- \* групповые или индивидуальные ионизаторы. Согласно ОСТ 11.296.019 - 76

компенсация ионной

недостаточности осуществляется искусственной ионизацией за счет применения аэроонизаторов:

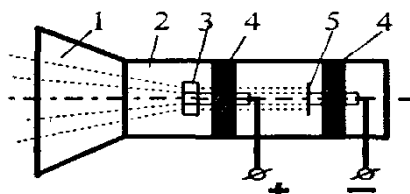


Схема искусственного ионизатора:

- 1 - воздухораспределитель; 2 - воздуховод; 3 - управляющий электрод; 4 - изолятор;  
5 - коронирующий электрод.

Питается от высоковольтного источника: 5000 В и выше I= при совмещении в одну систему двух униполярных аэроионизаторов образуется биполярный регулируемый аэроионизатор, который обеспечивает нормированный уровень ионизации. Для измерения ионов применяются счетчики аэроионов типа САИ - ТГУ или АСИ.

Испытания и наладку систем вентиляции и кондиционирования воздуха осуществляет при их приемке и в процессе эксплуатации. При приемке испытание проводят после окончания строительно-монтажных работ до установки технологического оборудования или при его частичной загрузке.

**В соответствии с проектом проверяют:**

производительность и полное давление вентилятора; объемный расход воздуха, проходящего через отдельные воздухоприемные и воздуховыпускные устройства, теплопроизводительность калориферных установок, режим работы насосов оросительных камер; параметры воздуха, поступающего в помещение.

Для оценки эффективности вентиляции в процессе эксплуатации системы проводят техническое и санитарно-гигиеническое испытание установки.

**При техническом испытании вентиляционной установки определяет:**

- а) производительность и полное давление вентилятора, а также частоту вращения колеса вентилятора и ротора электродвигателя;
- б) расходы удаляемого и подаваемого воздуха, скорости движения воздуха в вентиляционных каналах, выпуска его из приточных насадок и отверстий, всасывания в сечениях вытяжных отверстий, а также распределение, расхода воздуха по отдельным участкам вентиляционной сети;
- в) температуру приточного и удаляемого воздуха, сопротивление и теплопроизводительность калориферов;
- г) пропускную способность и сопротивление пылеулавливателей и фильтров;
- д) охлаждающую мощность воздухоохладителей и холодильных установок;
- е) характер работы оросительных камер (расход и температуру воды, количество испаряющейся и конденсирующейся влаги);
- ж) наличие подсосов или утечек воздуха по отдельным элементам системы (воздуховоды, фланцы, камеры, фильтры и кондиционеры).

**При санитарно-гигиеническом испытании вентиляционных систем определяют** обеспечивает ли вентиляционная система:

- а) заданные значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха как в рабочей зоне помещения, так и на рабочих местах;
- б) требуемую чистоту воздуха как в отношении содержания пыли, так и газов, паров вредных веществ и влаги;
- в) необходимую чистоту, температуру и относительную влажность поступающего в помещение воздуха;
- г) заданные значения температуры, относительной влажности и допустимой запыленности и загазованности воздуха удаляемого из помещения в атмосферу.

Эффективность санитарно-гигиенической вентиляции следует определять в теплое и в холодное времена года, так как она зависит от наружных метеорологических условий.

В данной работе санитарно-гигиенические испытания не предусмотрены.

**Аппаратура для технического контроля за работой вентиляционных систем**

Согласно ГОСТ 12.3.018-79 "Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний" для измерения давлений и скоростей движения воздуха в воздуховодах (каналах) должны быть выбраны участки с расположением мерных сечений на расстояниях не менее шести гидравлических диаметров ( $D_h$ , м) за местом

возмущения потока (отводы, шиберы, диафрагмы и т.п.) и не менее двух гидравлических диаметров перед ним.

При отсутствии прямолинейных участков необходимой длины допускается располагать мерное сечение в месте, делящем выбранный для измерения участок в отношении 3:1 в направлении движения воздуха. Гидравлический диаметр определяется по формуле

$$Dh = \frac{4F}{\Pi}$$

где  $F$  - площадь,  $m^2$ ,  $\Pi$  — периметр сечения,  $m$ .

Допускается размещать мерное сечение непосредственно в месте внезапного расширения или сужения потока. Его размер в этом случае принимают соответствующим наименьшему размеру канала.

Координаты точек измерений давлений и скоростей, а также количество точек определяются формой и размерами мерного сечения по рис.1. Максимальное отклонение координат точек измерений от указанных на чертеже не должно превышать  $\pm 10\%$ .

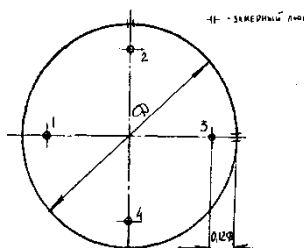


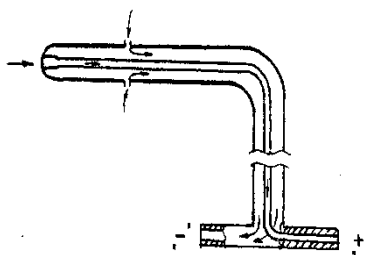
Рис.1 Координаты точек измерений давлений и скоростей в воздуховодах цилиндрического сечения при  $100 < D < 300$  мм

Количество измерений в каждой точке должно быть не менее трех.

При использовании анемометров время измерения в каждой точке должно быть не менее 10 с.

Для аэродинамических испытаний вентиляционных систем применяется следующая аппаратура:

а) комбинированный приемник давления - для измерения динамических давлений потока при скоростях движения воздуха более 5 м/с и статических давлений в установившихся потоках (рис.2);



Комбинированный приемник давления (пневмометрическая трубка Пито-Прандтля)

б) дифференциальные манометры класса точности от 0,5 до 1,0 по ГОСТ 11161-71, ГОСТ 18140-77 и тягомеры по ГОСТ 2648-78 - для регистрации перепадов давлений;

в) анемометры по ГОСТ 6376-74 и термоанемометры - для измерения скоростей воздуха не менее 5 м/с;

г) барометры класса точности не ниже 1,0 - для измерения давления в окружающей среде;

д) ртутные термометры класса точности не ниже 1,0 по ГОСТ 13646-68 и термопары - для измерения температуры воздуха;

е) психометры класса точности не ниже 1,0 по ГОСТ 112-78 - для измерения влажности воздуха.

**Трубка Пито-Прандтля** состоит из двух трубок, вставленных одна в другую: внутренняя - соединена с полушаровой головкой, имеющей отверстие на конце, предназначена для измерения полного давления; наружная - имеет на согнутом участке два отверстия для измерения статического давления.

При проведении измерений трубку вставляют внутрь через измерительные лючки в стенках воздухопроводов. Трубка устанавливается перпендикулярно к оси воздуховода так, чтобы наконечник ее был направлен против потока воздуха, а ось наконечника была бы параллельна потоку воздуха (см. плакат на стенде).

Используемый в работе  $U$ -образный водяной манометр позволяет измерять давление в  $\text{кгс/м}^2$ . Для получения давления в Па измеренное значение давления следует умножить на  $9,81 \text{ м/с}^2$ . На рис.3 показана схема измерения полного, статического и динамического давлений с помощью трубки Пито-Прандтля и трех водяных  $U$ -образных манометров.

При скоростях воздуха в воздуховодах менее 5 м/с используются микроманометры. Схема присоединения трубки Пито-Прандтля к микроманометрам показаны на рис 4.

В левой части рис.4 показана схема присоединения шлангов приемника давления к микроманометру при измерении давлений на всасывающей стороне вентиляционной установки. Так как при этом внутри воздуховода давление меньше атмосферного, то нижний манометр, соединенный шлангом с концом трубки статического давления, покажет статическое давление в миллиметрах водяного столба (или в килограмм-силах на квадратный метр), и столбик жидкости в нем будет поднят атмосферным давлением на уровень пониженного давления в воздуховоде. На всасывающей стороне вентилятора статическое давление  $P_s$  будет максимальным, но с отрицательным знаком.

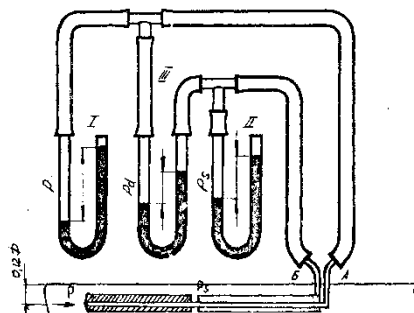


Рис.3. Схема измерения полного, статического и динамического давлений с помощью трубки Пито-Прандтля

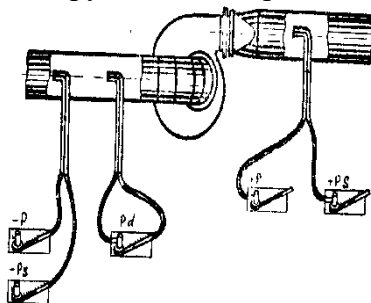


Рис.4. Схема соединения трубок Пито-Прандтля с микроманометрами

Динамическое давление  $P_d$  (независимо от того, при каком избыточном статическом давлении движется воздух - положительном или отрицательном) всегда положительно. Поэтому полное давление, равное алгебраической сумме статического и

динамического давлений, по показанию левого манометра будет по абсолютному значению меньше статического и по знаку отрицательно.

Правый манометр присоединен к двум концам приемников давления и показывает разность полного и статического давлений:

$$P_d = -P - (-P_s) = P_s - P = P_d,$$

Тем самым подтверждается, что  $P_d$  положительно.

В правой части рис.4 показано распределение давления в вентиляционной сети за вентилятором, где в воздуховоде давление воздуха больше атмосферного. Согласно этому условию максимальная разность высот уровней жидкости будет при измерении полного давления на левом манометре, так как

$$P = P_s + P_d.$$

При положительном знаке  $P_s$  эта сумма увеличивается, показываемое правым манометром  $P_s$  больше атмосферного.

**Частота вращения колеса вентилятора и вала электродвигателя определяется** с помощью тахометра и счетчика оборотов.

Согласно ГОСТ 12.3.018-79 испытания следует проводить не ранее чем через 15 мин после пуска вентиляционного агрегата,

При испытаниях измеряют:

барометрическое давление окружающей воздушной среды  $P_a$ , Па(кгс/м<sup>2</sup>);

температуру перемещаемого воздуха сухим и влажным термометрами соответственно  $t$  и  $t_{\phi}$ , °C;

температуру воздуха в рабочей зоне помещения  $t_a$ , °C;

динамическое давление потока воздуха в точке мерного сечения  $P_{di}$ , Па(кгс/м<sup>2</sup>);

статическое давление воздуха в точке мерного сечения  $P_s$ , Па(кгс/м<sup>2</sup>);

полное давление воздуха в точке мерного сечения  $P_i$ , Па (кгс/м<sup>2</sup>);

время перемещения анемометра по площади мерного сечения,  $\tau$ , с;

число делений счетного механизма оборотов механического анемометра за время  $\tau$  обвода сечения  $n_a$ ;

число оборотов  $n$  колеса вентилятора и вала электродвигателя, рад(об/мин).

### Назначение и характеристики воздухораспределителей

В этом разделе рассмотрены назначение, устройство и принцип действия воздушного душа и воздухораспределителя пристенного.

Воздушные души - наиболее эффективное средство обеспечения на постоянных рабочих местах нормативных параметров микроклимата. Особенно эффективно применение воздушных душей при тепловом облучении рабочих у промышленных печей, при работах с нагретыми слитками, заготовками.

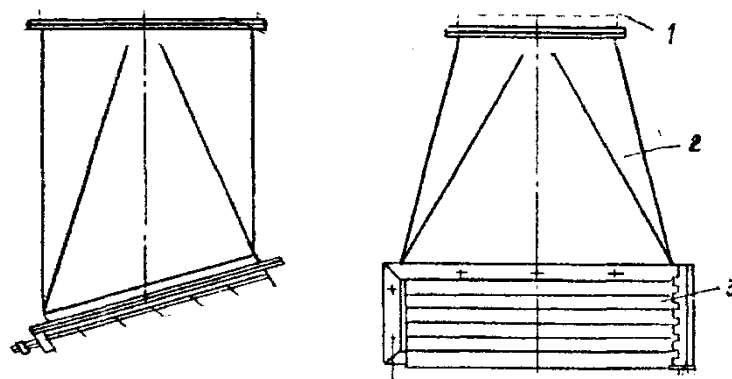


Рис.5. Душевой патрубок с верхним подводом воздуха типа ПДВ: 1 - воздуховод; 2 - корпус; 3 - направляющая решетка

Системы, подающие воздух для воздушных душей, нельзя совмещать с системами приточной вентиляции.

Для обеспечения на рабочем месте заданных температур и скоростей воздуха ось воздушного потока направляют на грудь человека горизонтально или сверху под углом  $45^\circ$ , а для обеспечения допустимых концентраций вредных веществ ее направляют в лицо (зону дыхания) горизонтально или сверху под углом  $45^\circ$ .

При душировании по способу ниспадающего потока воздух подается на рабочее место сверху с минимально возможного расстояния струёй большого сечения и с малой скоростью, при этом требуется меньший расход воздуха и меньшая степень его охлаждения по сравнению с обычным воздушным душем.

Кроме стационарных, промышленность выпускает передвижные аэраторы типа ПАМ-24 и др., которые применяют для обслуживания площадок, на которых работают несколько человек.

**Воздухораспределители** различных типов используются для распределения приточного воздуха для вентиляции, нагрева и охлаждения помещений, как правило, неизотермическими турбулентными струями (компактными: веерными или закрученными).

В практике используются цилиндрические и конические, пристенные, панельные, жалюзийные и щелевые, приколонные, потолочные и другие типы воздухораспределителей в зависимости от их назначения и условий применения.

На рис.8 показан трехсторонний пристенный воздухораспределитель типа ВП, предназначенный для подачи воздуха непосредственно в рабочую зону.

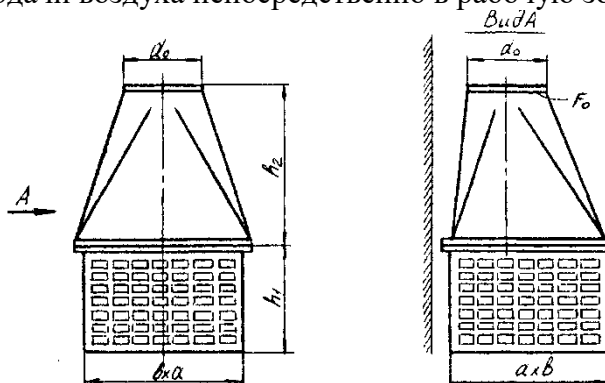


Рис.6. Пристенный воздухораспределитель типа ВП

Трехсторонние пристенные воздухораспределители типов ВП и НВ устанавливаются на уровне 0,7-2,5 м от пола. При выходе струя отклоняется от горизонтали на  $8-10^\circ$  в направлении движения воздуха в воздуховоде. Расчет пристенных воздухораспределителей приведен в [5] и другой специальной литературе.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретический материал.
2. Определить основные технические параметры вентиляционной установки: производительность вентилятора,  $L_v$ , полный напор вентилятора,  $P_v$  при заданной частоте вращения колеса вентилятора  $n$  и расходуемую электродвигателем вентилятора мощность,  $N$ .
3. Построить характеристику вентиляционной сети.

**Техника безопасности при выполнении лабораторных работ.**

1. Все студенты, связанные с работой в лаборатории, обязаны пройти инструктаж по безопасному выполнению работ, о чем расписываются в журнале инструктажа по технике безопасности.

2. К работам по эксплуатации электроустановок до 1000 В (установочных, осветительных, технических средств обучения и электрических машин) допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр и инструктаж по охране труда. Не электротехническому персоналу, эксплуатирующему электроустановки до 1000 В, прошедшему инструктаж и проверку знаний по электробезопасности, присваивается I квалификационная группа допуска с оформлением в журнале установленной формы с обязательной росписью проверяющего и проверяемого.

3. Все лица, связанные с работой в лаборатории, должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, установленные режимы труда и отдыха.

#### **Вопросы для собеседования:**

1. Типы вентиляции.
2. Основы расчета воздухообмена.
3. Очистка вентиляционного воздуха.
4. Ионизация воздуха.
5. Требования предъявляемые при техническом испытании вентиляционной установки.
4. Санитарно-гигиенические нормы предъявляемые при техническом испытании вентиляционных систем.
5. Аппаратура для технического контроля за работой вентиляционных систем

### **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

#### **1. Перечень основной литературы:**

1. Современные материалы и системы в строительстве [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов всех форм обучения направлений подготовки 08.03.01 Строительство и 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 40 с.
2. Капустин, Ф.Л. Свойства строительных материалов и изделий: лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / Ф.Л. Капустин, А.М. Спиридонова, И.В. Фомина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 93 с.
3. Дворкин, Л.И. Строительное материаловедение / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. - М. : Инфра-Инженерия, 2013. - 832 с.

#### **2. Перечень дополнительной литературы**

1. Долгополов, С.П. Современный справочник по гипсокартону: С. П. Долгополов- Ростов н/Д: Феникс, 2009.1. Бадьин, Г.М. Справочник строителя: справочник/ Г. М. Бадьин, В. В. Стебаков- М.: АСВ, 2007.
2. Картрайт, П. Кирпичная кладка. Уроки мастера: [пер. с англ.]/ П. Картрайт- СПб.: БХВ-Петербург, 2011.
3. М.М. Гаппоев, И.М. Гуськов, Л.К. Ермоленко, В.И. Линьков, Е.Т. Серова, Б.А. Степанов, Э.В. Филимонов. Строительные материалы. Учебник. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 440 с.
4. Чавчанидзе, А.Ш. Металловедение: конспект лекций/ А. Ш. Чавчанидзе- М.: ДеЛи принт, 2008.
5. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение: Учеб. пособие для строит. спец. вузов/ И.А. Рыбьев- М.: Высшая школа, 2004.
6. Попов, К.Н. Оценка качества строительных материалов: Учеб. пособие/ К.Н. Попов, М.Б. Каддо, О.В. Кульков- М.: Высшая школа, 2004.

7. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: Учебник для вузов/ Ю.М.Баженов, Л.А.Алимов, В.В.Воронин и др- М.: Изд-во АСВ, 2004.
8. Попов, К.Н. Строительные материалы и изделия: Учебник/ К.Н. Попов, М.Б. Каддо- М.: Высшая школа, 2002.
9. Современные отделочные и облицовочные материалы/ под ред. А.Н. Юндина.- Ростов н /Дону. Феникс, 2005.

**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...

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

**Методические указания**  
по организации и проведению самостоятельной работы  
по дисциплине ««Инженерные системы зданий и сооружений (теплогазоснабжение с  
основами теплотехники)»  
для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                     |  |
|---------------------------------------------------------------------|--|
| МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....                                         |  |
| Введение .....                                                      |  |
| 1. Общая характеристика самостоятельной работы студента .....       |  |
| 2. План - график выполнения самостоятельной работы.....             |  |
| 3. Контрольные точки и виды отчетности по ним .....                 |  |
| 4. Методические указания по изучению теоретического материала ..... |  |
| 5. Методические указания .....                                      |  |
| СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....                               |  |

### **Введение**

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

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

В данном методическом указании приведены темы и вопросы для самостоятельного изучения.

## 1. Общая характеристика самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, выполняемый учащимся без непосредственного контакта с преподавателем или управляемый преподавателем опосредовано через специальные учебные материалы; неотъемлемое обязательное звено процесса обучения, предусматривающее прежде всего индивидуальную работу учащихся в соответствии с установкой преподавателя или учебника, программы обучения.

На современном этапе самостоятельную работу студента следует разделить на работу с бумажными источниками информации, т.е. учебниками, методическими пособиями, монографиями, журналами и т.д. и электронными источниками информации, т.е. доступ к электронным ресурсам через Интернет.

Сегодня самостоятельную работу студента невозможно представить без использования информационной сети – Интернет. Необходимость использования Интернета возникает не только при подготовке к практическим и семинарским занятиям, но, в большей степени, при написании различных исследовательских и творческих работ. Многие современные монографии, периодические журналы изданы только в электронном виде и с ними можно познакомиться только в Интернете.

**Цели и задачи самостоятельной работы:** формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

### Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Индекс | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3  | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4  | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

## 2. План - график выполнения самостоятельной работы

| Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)                       | Вид деятельности студентов          | Средства и технологии оценки | Объем часов, в том числе |                                    |       |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------|
|                                                                    |                                     |                              | СРС                      | Контактная работа с преподавателем | Всего |
| Очная форма обучения                                               |                                     |                              |                          |                                    |       |
| 1 семестр                                                          |                                     |                              |                          |                                    |       |
| ОПК-3<br>(ИД-1 ОПК-3;<br>ИД-2 ОПК-3;<br>ИД-3 ОПК-3)<br>ОПК-4 (ИД-1 | Подготовка к практическим занятиям  | Отчёт (письменный)           | 4,5                      | 0,5                                | 5     |
|                                                                    | Самостоятельное изучение литературы | Собеседование                | 63                       | 7                                  | 70    |

|                                                                    |                                          |                       |     |     |    |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|-----|-----|----|
| ОПК-4;<br>ИД-2 ОПК-4;<br>ИД-4 ОПК-4;<br>ИД-5 ОПК-4;<br>ИД-6 ОПК-4) | по темам<br>№ 1-6                        |                       |     |     |    |
|                                                                    | Подготовка к<br>лабораторным<br>занятиям | Отчёт<br>(письменный) | 4,5 | 0,5 | 5  |
|                                                                    | Выполнение<br>контрольной работы         | Контрольная<br>работа | 4,5 | 0,5 | 5  |
|                                                                    | Тест                                     | Тестирование          | 4,5 | 0,5 | 5  |
| Итого за 5 семестр                                                 |                                          |                       | 81  | 9   | 90 |
| Итого                                                              |                                          |                       | 81  | 9   | 90 |

### 3. Контрольные точки и виды отчетности по ним

#### Текущий контроль

Рейтинговая оценка знаний студента (в случаях, предусмотренных нормативными актами СКФУ).

| № п/п              | Вид деятельности студентов | Сроки<br>выполнения | Количество<br>баллов |
|--------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|
| 1                  | Практическое занятие       | 4 неделя            | 20                   |
| 2                  | Практическое занятие       | 8 неделя            | 20                   |
| 3                  | Контрольная работа         | 12 неделя           | 15                   |
| Итого за 5 семестр |                            |                     | 55                   |

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

| <b>Уровень выполнения контрольного задания</b> | <b>Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)</b> |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <i>Отличный</i>                                | <b>100</b>                                                                  |
| <i>Хороший</i>                                 | <b>80</b>                                                                   |
| <i>Удовлетворительный</i>                      | <b>60</b>                                                                   |
| <i>Неудовлетворительный</i>                    | <b>0</b>                                                                    |

#### Промежуточная аттестация в форме зачета

Процедура зачета как отдельное контрольное мероприятие не проводится, оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

Зачет выставляется по результатам работы в семестре, при сдаче всех контрольных точек, предусмотренных текущим контролем успеваемости. Если по итогам семестра обучающийся имеет от 33 до 60 баллов, ему ставится отметка «зачтено». Обучающемуся, имеющему по итогам семестра менее 33 баллов, ставится отметка «не зачтено».

Количество баллов за зачет ( $S_{зач}$ ) при различных рейтинговых баллах по дисциплине по результатам работы в семестре

| Рейтинговый балл по дисциплине<br>по результатам работы в семестре ( $R_{сем}$ ) | Количество баллов за зачет ( $S_{зач}$ ) |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| $50 \leq R_{\text{сес}} \leq 60$ | 40 |
| $39 \leq R_{\text{сес}} < 50$    | 35 |
| $33 \leq R_{\text{сес}} < 39$    | 27 |
| $R_{\text{сес}} < 33$            | 0  |

*Шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине  
в оценку по 5-балльной системе*

| <i>Рейтинговый балл по дисциплине</i> | <i>Оценка по 5-балльной системе</i> |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 88 – 100                              | Отлично                             |
| 72 – 87                               | Хорошо                              |
| 53 – 71                               | Удовлетворительно                   |
| < 53                                  | Неудовлетворительно                 |

#### 4. Методические указания по изучению теоретического материала

При самостоятельном изучении теоретического материала по дисциплине "Инженерные системы зданий и сооружений (теплогазоснабжение с основами теплотехники)" следует придерживаться следующих общих указаний:

##### **Указания по организации работы с литературой**

Работа с литературой - обязательный компонент любой научной деятельности. Сама научная литература является высшим средством существования и развития науки. За время пребывания в высшей школе студент должен изучить и освоить много учебников, статей, книг и другой необходимой для будущего специалиста литературы на родном и иностранном языках. В связи с этим перед студентами стоит большая и важная задача - в совершенстве овладеть рациональными приемами работы с книжным материалом.

Приступая к работе над книгой, следует сначала ознакомиться с материалом в целом: оглавлением, аннотацией, введением и заключением путем беглого чтения-просмотра, не делая никаких записей. Этот просмотр позволит получить представление обо всем материале, который необходимо усвоить.

После этого следует переходить к внимательному чтению - штудированию материала по главам, разделам, параграфам. Это самая важная часть работы по овладению книжным материалом. Читать следует про себя. (При этом читающий меньше устает, усваивает материал примерно на 25% быстрее, по сравнению с чтением вслух, имеет возможность уделить больше внимания содержанию написанного и лучше осмыслить его). Никогда не следует обходить трудные места книги. Их надо читать в замедленном темпе, чтобы лучше понять и осмыслить.

Рекомендуем возвращаться к нему второй, третий, четвертый раз, чтобы то, что осталось непонятным, дополнить и выяснить при повторном чтении.

Изучая книгу, надо обращать внимание на схемы, таблицы, карты, рисунки: рассматривать их, обдумывать, анализировать, устанавливать связь с текстом. Это поможет понять и усвоить изучаемый материал.

При чтении необходимо пользоваться словарями, чтобы всякое незнакомое слово, термин, выражение было правильно воспринято, понято и закреплено в памяти.

Надо стремиться выработать у себя не только сознательное, но и беглое чтение. Особенно это умение будет полезным при первом просмотре книги. Обычно студент 1-2 курса при известной тренировке может внимательно и сосредоточенно прочитать 8-10 страниц в час и сделать краткие записи прочитанного. Многие студенты прочитывают 5-6 страниц. Это крайне мало. Слишком медленный темп чтения не позволит изучить многие важные и нужные статьи книги. Обучаясь быстрому чтению (самостоятельно

или на специальных курсах), можно прочитывать до 50-60 страниц в час и даже более. Одновременно приобретает способность концентрироваться на важном и схватывать основной смысл текста.

Запись изучаемого - лучшая опора памяти при работе с книгой (тем более научной). Читая книгу, следует делать выписки, зарисовки, составлять схемы, тезисы, выписывать цифры, цитаты, вести конспекты. Запись изучаемой литературы лучше делать наглядной, легко обозримой, расчлененной на абзацы и пункты. Что прочитано, продумано и записано, то становится действительно личным достоянием работающего с книгой.

Основной принцип выписывания из книги: лишь самое существенное и в кратчайшей форме.

Различают три основные формы выписывания:

1. Дословная выписка или цитата с целью подкрепления того или иного положения, авторского довода. Эта форма применяется в тех случаях, когда нельзя выписать мысль автора своими словами, не рискуя потерять ее суть. Запись цитаты надо правильно оформить: она не терпит произвольной подмены одних слов другими; каждую цитату надо заключить в кавычки, в скобках указать ее источник: фамилию и инициалы автора, название труда, страницу, год издания, название издательства.

Цитирование следует производить только после ознакомления со статьей в целом или с ближайшим к цитате текстом. В противном случае можно выхватить отдельные мысли, не всегда точно или полно отражающие взгляды автора на данный вопрос в целом.

Ксеро- и фотокопирование (сканирование) заменяет расточающее время выписывание дословных цитат!

2. Выписка "по смыслу" или тезисная форма записи.

Тезисы - это кратко сформулированные самим читающим основные мысли автора. Это самая лучшая форма записи. Все виды научных работ будут безупречны, если будут написаны таким образом. Делается такая выписка с теми же правилами, что и дословная цитата.

Тезисы бывают краткие, состоящие из одного предложения, без разъяснений, примеров и доказательств. Главное в тезисах - умение кратко, закончено (не теряя смысл) сформулировать каждый вопрос, основное положение. Овладев искусством составления тезисов, студент четко и правильно овладевает изучаемым материалом.

3. Конспективная выписка имеет большое значение для овладения знаниями. Конспект - наиболее эффективная форма записей при изучении научной книги. В данном случае кратко записываются важнейшие составные пункты, тезисы, мысли и идеи текста. Подробный обзор содержания может быть важным подспорьем для запоминания и вспомогательным средством для нахождения соответствующих мест в тексте.

Делая в конспекте дословные выписки особенно важных мест книги, нельзя допускать, чтобы весь конспект был "списыванием" с книги. Усвоенные мысли необходимо выразить своими словами, своим слогом и стилем. Творческий конспект - наиболее ценная и богатая форма записи изучаемого материала, включающая все виды записей: и план, и тезис, и свое собственное замечание, и цитату, и схему.

Обзор текста можно составить также посредством логической структуры, вместо того, чтобы следовать повествовательной схеме.

С помощью конспективной выписки можно также составить предложение о том, какие темы освещаются в отдельных местах разных книг. Дополнительное указание номеров страниц облегчит нахождение этих мест.

При составлении выдержек целесообразно последовательно придерживаться освоенной системы. На этой базе можно составить свой архив или картотеку важных специальных публикаций по предметам.

Конспекты, тезисы, цитаты могут иметь две формы: тетрадную и карточную. При тетрадной форме каждому учебному предмету необходимо отвести особую отдельную тетрадь.

Если используется карточная форма, то записи следует делать на одной стороне карточки. Для удобства пользования вверху карточки надо написать название изучаемого вопроса, фамилию автора, название и УДК (универсальная десятичная классификация) изучаемой книги.

Карточки можно использовать стандартные или изготовить самостоятельно из белой бумаги (полуватмана). Карточки обычно хранят в специальных ящиках или в конвертах. Эта система конспектирования имеет ряд преимуществ перед тетрадной: карточками удобно пользоваться при докладах, выступлениях на семинарах; такой конспект легко пополнять новыми карточками, можно изменить порядок их расположения, добиваясь более четкой, логической последовательности изложения.

И, наконец, можно применять для этих же целей персональный компьютер. Сейчас существует великое множество самых различных прикладных программ (органайзеров и пр.), которые значительно облегчают работу при составлении выписок из научной и специальной литературы. Используя сеть Internet, можно получать уже готовые подборки литературы.

#### **Методические указания по самостоятельному изучению литературы по темам**

Важным этапом является подбор и изучение литературы по исследуемой теме. Помимо учебной и научной литературы, обязательно использование и нормативно-правовых актов. Нельзя подменять изучение литературы использованием какой-либо одной монографии или лекции по избранной теме. Так же рекомендуется использовать информацию, размещенную на официальных сайтах сети Интернет, ссылки на которые указаны в списке рекомендуемой литературы. В процессе работы над реферативным исследованием и сбором литературы студент также может обращаться к преподавателю за индивидуальными консультациями.

Для более эффективного усвоения информации студенту предлагаются следующие способы обработки материала:

1. **Аннотация** - краткая обобщенная характеристика источника, включающая иногда и его оценку. Это наикратчайшее изложение содержания первичного документа, дающее общее представление. Основное ее назначение - дать некоторое представление о научной работе с тем, чтобы руководствоваться своими записями при выполнении работы исследовательского, реферативного характера. Поэтому аннотации не требуется изложения содержания произведения, в ней лишь перечисляются вопросы, которые освещены в первоисточнике (содержание этих вопросов не раскрывается). Аннотация отвечает на вопрос: «О чем говорится в первичном тексте?», дает представление только о главной теме и перечне вопросов, затрагиваемых в тексте первоисточника.

2. **Конспектирование** - процесс мысленной переработки и письменной фиксации информации, в виде краткого изложения основного содержания, смысла какого-либо текста. Результатом конспектирования является запись, позволяющая конспектирующему немедленно или через некоторый срок с нужной полнотой восстановить полученную информацию. По сути, конспект представляет собой обзор изучаемого источника, содержащий основные мысли текста без подробностей и второстепенных деталей. Для того чтобы осуществлять этот вид работы, в каждом конкретном случае необходимо грамотно решить следующие задачи:

- сориентироваться в общей композиции текста (уметь определить вступление, основную часть, заключение);
- увидеть логико-смысловую суть источника, понять систему изложения автором информации в целом, а также ход развития каждой отдельной мысли;
- выявить основу, на которой построено все содержание текста;
- определить детализирующую информацию;
- лаконично сформулировать основную информацию, не перенося на письмо все целиком и дословно.

Изучая литературу, необходимо самостоятельно анализировать точки зрения авторов, провести самостоятельную оценку чужих суждений. На основе исследования теоретических позиций студент должен сделать собственные выводы и обосновать их.

Не менее важным является анализ существующих нормативно-правовых актов: международных договоров, соглашений, конвенций, документов, принятых в рамках межправительственных организаций и на международных конференциях, национального законодательства государств.

### **Методические указания по подготовке к тестированию**

Тестирование является формой промежуточного, а также итогового контроля знаний студентов. Тестирование стимулирует систематическую работу студентов в течение нескольких семестров, что повышает познавательно-творческую направленность самообразования. При подготовке к тестированию необходимо наряду с основной учебной литературой использовать справочную, дополнительную литературу.

Выполнение тестовых заданий требует применения базовых теоретических знаний.

#### ***Указания для успешного тестирования:***

1. Внимательно прочитайте вопрос, поставленный в задании.
2. Убедитесь, что вопрос понят правильно.
3. Выберите правильный ответ, основываясь на своих знаниях.
4. Если это открытый вопрос теста, проверьте свою грамотность, точность формулировки.
5. Если затрудняетесь ответить, пропустите вопрос, не теряя времени, перейдите к следующему. Если останется время, вернётесь к трудным вопросам.
6. Если точно не знаете ответ, размышляйте, используя метод исключения, метод сравнений, знания по смежным дисциплинам.

На выполнение 1 задания теста отводится 1 – 2 минуты.

#### ***Критерии оценивания итогов тестирования:***

- 90% правильных ответов – оценка «отлично»,
- 80% правильных ответов – оценка «хорошо»,
- 70% правильных ответов – оценка «удовлетворительно»,
- менее 60% правильных ответов – оценка «неудовлетворительно».

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### 1. Перечень основной литературы:

1.Современные материалы и системы в строительстве [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов всех форм обучения направлений подготовки 08.03.01 Строительство и 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 40 с.

2.Капустин, Ф.Л. Свойства строительных материалов и изделий: лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / Ф.Л. Капустин, А.М. Спиридонова, И.В. Фомина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 93 с.

3.Дворкин, Л.И. Строительное материаловедение / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. - М. : Инфра-Инженерия, 2013. - 832 с.

### 2. Перечень дополнительной литературы

1. Долгополов, С.П. Современный справочник по гипсокартону: С. П. Долгополов- Ростов н/Д: Феникс, 2009.1. Бадьин, Г.М. Справочник строителя: справочник/ Г. М. Бадьин, В. В. Стебаков- М.: АСВ, 2007.

2. Картрайт, П. Кирпичная кладка. Уроки мастера: [пер. с англ.]/ П. Картрайт- СПб.: БХВ-Петербург, 2011.

3. М.М. Гаппоев, И.М. Гуськов, Л.К. Ермоленко, В.И. Линьков, Е.Т. Серова, Б.А. Степанов, Э.В. Филимонов. Строительные материалы. Учебник. – М.: Из-дательство АСВ, 2004. – 440 с.

4. Чавчанидзе, А.Ш. Металловедение: конспект лекций/ А. Ш. Чавчанидзе- М.: ДеЛи принт, 2008.

5. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение: Учеб. пособие для строит. спец. вузов/ И.А. Рыбьев- М.: Высшая школа, 2004.

6. Попов, К.Н. Оценка качества строительных материалов: Учеб. пособие/ К.Н. Попов, М.Б. Каддо, О.В. Кульков- М.: Высшая школа, 2004.

7. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: Учебник для вузов/ Ю.М.Баженов, Л.А.Алимов, В.В.Воронин и др- М.: Изд-во АСВ, 2004.

8. Попов, К.Н. Строительные материалы и изделия: Учебник/ К.Н. Попов, М.Б. Каддо- М.: Высшая школа, 2002.

9. Современные отделочные и облицовочные материалы/ под ред. А.Н. Юндина.- Ростов н /Дону. Феникс, 2005.

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

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

4. [www.tehlit.ru](http://www.tehlit.ru)- Электронная библиотека технической литературы

5. [dic.academic.ru](http://dic.academic.ru) – Online словари и энциклопедии

6. [www.techdocument.info](http://www.techdocument.info) – Техдокумент - Документы для инженера, строителя, проектировщика, студента...

## **Методические указания к зачету:**

### **Вопросы к зачету**

#### **Базовый уровень**

Вопросы (задача, задание) для проверки уровня обученности

##### **Знать**

1. Основные понятия и определения технической термодинамики.
2. Уравнение состояния термодинамической системы.
3. Первый и второй законы термодинамики.
4. Термодинамические процессы идеальных газов.
5. Прямой и обратный цикл Карно.
6. Уравнение состояния реальных газов
7. Основные понятия и определения процесса обмена теплотой.
8. Теория теплопроводности. Закон Фурье.
9. Теплопередача.
10. Тепловая изоляция.
11. Критерии подобия. Виды критериальных уравнений.
12. Теплопередача при конденсации.
13. Излучение.
14. Микроклимат помещения.
15. Нормативные требования к микроклимату помещений различного назначения.
16. Тепловой баланс помещений.
17. Теплозатраты на отопление зданий.
18. Теплотери через ограждающие конструкции.
19. Классификация систем отопления.

##### **Уметь, владеть**

1. Теплоносители.
2. Системы водяного отопления.
3. Системы парового отопления.
4. Системы воздушного отопления.
5. Системы панельно-лучистого отопления.
6. Местное отопление.
7. Классификация систем водяного отопления.
8. Размещение, устройство и монтаж основных элементов систем водяного отопления.
9. Циркуляционное давление в системах водяного отопления.
10. Основы гидравлического расчета теплопроводов систем водяного отопления.
11. Присоединение систем горячего водоснабжения к тепловым сетям.
12. Воздухообмен в помещении и способы его определения.
13. Классификация систем вентиляции, основные схемы подачи и удаления воздуха из помещений.
14. Естественная вентиляция жилых и общественных зданий.
15. Механическая вентиляция общественных и производственных зданий.
16. Вентиляторы.
17. Системы кондиционирования воздуха.
18. Классификация и оборудование систем кондиционирования воздуха.

#### **Повышенный уровень**

Вопросы (задача, задание) для проверки уровня обученности

##### **Знать**

1. Отопительные приборы систем водяного отопления.
2. Размещение и установка отопительных приборов.
3. Присоединение их к теплопроводам.
4. Тепловые сети. Способы прокладки теплопроводов.
5. Присоединение теплопотребляющих систем к тепловым сетям.
6. Тепловые пункты.
7. Строительные требования к подземным каналам и помещениям ЦТП.
8. Тепловая изоляция и антикоррозийная защита.
9. Классификация систем горячего водоснабжения

**Уметь, владеть**

1. Отопительные приборы систем водяного отопления.
2. Размещение и установка отопительных приборов.
3. Присоединение их к теплопроводам.
4. Тепловые сети. Способы прокладки теплопроводов.
5. Присоединение теплопотребляющих систем к тепловым сетям.
6. Тепловые пункты.
7. Строительные требования к подземным каналам и помещениям ЦТП.
8. Тепловая изоляция и антикоррозийная защита.
9. Классификация систем горячего водоснабжения
10. Понятие о противодымной защите зданий различного назначения.
11. Требования пожарной безопасности при вентиляции помещений с производствами категорий А, Б и В.
12. Устройство внутренних газопроводов.
13. Правила испытания и приемки систем газоснабжения.
14. Топливо, теплота сгорания, условное топливо.
15. Характеристики топливных устройств.
16. Котельные установки малой и средней мощности.
17. Конструкция котлов для теплоснабжения зданий.
18. Требования к помещениям котельных

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

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

**Методические указания**  
по выполнению контрольных работ  
по дисциплине «Инженерные системы зданий и сооружений (теплогазоснабжение с  
основами теплотехники)»  
для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство

## Содержание

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

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

В данном методическом указании 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 указания по подготовке контрольной работы, составить план работы, который должен включать основные вопросы, охватывающие в целом всю прорабатываемую тему.

## Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Наименование компетенции |                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Индекс                   | Формулировка:                                                                                                                                                                                                        |
| ОПК-3                    | Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства                                       |
| ОПК-4                    | Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства |

## 2. Формулировка задания и его объем

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

**Тема 1-6.** Тепловлажностный режим и воздушный режим здания, методы и средства их обеспечения

### Вариант 1.

|                           |           |                                                                                                                                         |
|---------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Базовый уровень</i>    | 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.                                        |
|                           | Задание 4 | Теплотехнический расчет наружного ограждения (покрытия).<br>Расчет толщины утепляющего слоя конструкции полов над подвалом и подпольем. |
|                           | Задание 5 | Теплотехнический расчет утепленных полов, расположенных непосредственно на лагах.                                                       |
|                           | Задание 6 | Теплотехнический расчет утепленных полов, расположенных непосредственно на грунте.<br><br>Теплотехнический расчет световых проемов.     |
|                           | Задание 7 | Теплотехнический расчет наружных ограждений.<br>Теплотехнический расчет наружных дверей.                                                |
| <i>Повышенный уровень</i> | Задание 9 | Теплотехнический расчет конструкции полов над подвалом и подпольями                                                                     |

### 3. Методические указания 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

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

- б) средняя температура наружного воздуха за отопительный сезон

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

- в) продолжительность отопительного сезона

$$n = \text{_____} \text{ сут};$$

- г) расчетная зимняя температура наружного воздуха для проектирования систем вентиляции

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

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

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

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

$$\delta_{\text{шт}} = 0,02 \text{ м}.$$

Тип кирпичной кладки наружных стен принять по табл. 1.

Таблица 1

| Характеристика<br>наружных      | Последняя цифра учебного шифра |   |       |   |       |   |                   |   |       |   |
|---------------------------------|--------------------------------|---|-------|---|-------|---|-------------------|---|-------|---|
|                                 | 1                              | 2 | 3     | 4 | 5     | 6 | 7                 | 8 | 9     | 0 |
| Тип<br>кирпичной                | Из глиняного кирпича           |   |       |   |       |   | Из<br>силикатного |   |       |   |
| Коэффициент<br>теплопроводности | 0,82                           |   | 0,814 |   | 0,812 |   | 0,871             |   | 0,842 |   |

Коэффициент теплопроводности штукатурки

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

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.

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

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

Таблица 2

| Размеры<br>здания            | Последняя цифра учебного шифра |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                              | 1                              | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
| Полная ширина<br>здания А, м | 16                             | 14  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 13  | 15  | 12  |
| Высота<br>этажей, Н, м       | 3,5                            | 3,4 | 3,3 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,5 | 3,3 | 3,2 | 3,4 |

|                               |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |
|-------------------------------|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| Ориентация<br>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 вари-анту, согласно табл. 3.



Рис.1

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 $CO_2$ 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 $CO_2$ 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 \_\_\_\_\_  $t_{pH} =$  \_\_\_\_\_ °C (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 | $\Delta t^H_{CT} = 7^\circ\text{C}$ | $\Delta t^H_{ПГ} = 5,5^\circ\text{C}$ | $\Delta t^H_{ПЛ} = 2,5^\circ\text{C}$ |

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

$$k_{\max} = \frac{q_{\max}}{t_B - t_{pH}} \times \Psi$$

где  $\Psi$ — поправочный коэффициент на расчетную разность температур ( $t_B$  —  $t_{pH}$ ), 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  $\Psi_{ПГ} = 0,9$ ;
  - 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,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ,

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

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

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

Имеем

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

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

5. Расчетный коэффициент теплопередачи для наружных стен,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,

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

6. Расчетное термическое сопротивление теплопередаче,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

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

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

Однако запас не должен превышать 15%.

Допускается и  $k_{\text{расч}}^{\text{нс}} > k_{\max}^{\text{нс}}$ , 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  $k_{\text{расч}}^{\text{нл}} = k_{\max}^{\text{нл}}$ ;

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

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

Для окон и наружной двери принять:

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

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,  $\text{м}^2$ .

Измерение площади поверхности наружного ограждения  $F$ ,  $\text{м}^2$ , производят по чертежам плана и разреза здания (см. рис. 1).

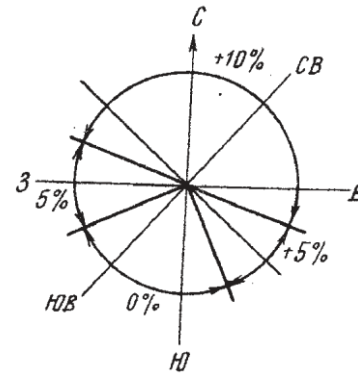
Величину  $F$  для потолков и полов определяют по размерам между осями внутренних стен и от внутренней поверхности

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  $Q_{осн}$ , Вт, 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  $k_{до}$  и  $k_{дд}$  вписывают разности  $k_{до} - k_{дд}$  и  $k_{дд} - k_{нс}$ .

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

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

Поэтому ее надо вычесть при расчете теплотерь через окна т.е. вычислять  $Q_{\text{ДО}}$  по формуле

$$K_{\text{расч}}^{\text{НС}} F_{\text{ДО}} (t_{\text{В}} - t_{\text{Н}}) \Psi - k_{\text{расч}}^{\text{НС}} F_{\text{ДО}} (t_{\text{В}} - t_{\text{Р}^{\text{Н}}}) \Psi = (k^{\text{ДО}} - k_{\text{расч}}^{\text{НС}}) F_{\text{ДО}} (t_{\text{В}} - t_{\text{Н}}) \Psi.$$

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

$$q_{\text{от}} = \frac{Q_{\text{полн}}}{V_{\text{зд}} (t_{\text{В}} - t_{\text{Н}}^{\text{Р}})}$$

где  $Q$  — полные теплотери через наружные ограждения для здания в<sub>полн.</sub> целом, Вт;

$V$  — объем здания по наружному обмеру, м<sup>3</sup>, определяют умножением площади здания по внешнему очертанию стен

| № помещения | Наименование помещения | Внутренняя температура помещения $t_{\text{в}}$ , °С | Поверхность охлаждения |                              |                                                     | Площадь, м <sup>2</sup> | Разность температур $t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$ , °С |
|-------------|------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------|
|             |                        |                                                      | обозначение            | ориентация по сторонам света | расчетные размеры $a \times b$ , м, и их количество |                         |                                                        |
| 1           | 2                      | 3                                                    | 4                      | 5                            | 6                                                   | 7                       | 8                                                      |
|             |                        |                                                      |                        |                              |                                                     |                         |                                                        |

|  |  |  |                                    |  |  |
|--|--|--|------------------------------------|--|--|
|  |  |  | Добавка к основной потере тепла, % |  |  |
|--|--|--|------------------------------------|--|--|

| Поправочный коэффициент $\alpha$ | Коэффициент теплопередачи $k$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К) | Основная потеря тепла, $Q$ , Вт | на ориентацию | на обдувание ветром | другие | Всего добавочных потерь $Q$ , Вт | Общая потеря тепла $S Q$ , Вт |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------|---------------------|--------|----------------------------------|-------------------------------|
| 9                                | 10                                                     | 11                              | 12            | 13                  | 14     | 15                               | 16                            |
|                                  |                                                        |                                 |               |                     |        |                                  |                               |

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.  $_{тс}$

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,  $S_э$ , руб. /кВт·ч;

д) дать оценку годовых затрат на теплоснабжение, и топливной составляющей  $S_T^{год}$ , 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  $Q_{усл} = 29330$  кДж / кг (у. т.) или (МДж/т (у. т.)

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

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

Для пересчета расхода условного топлива в натуральное используют тепловой эквивалент

$$\mathcal{E}_т = \frac{Q_{н}^p}{Q_{усл}}$$

Следовательно:

$$B_{н} = \frac{B_{усл}}{\mathcal{E}_т}$$

## 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  $F$ ,  $\text{м}^2$ .

Расчетную тепловую мощность отопительных приборов  $Q_{\text{пр}(i)}$ , Вт определяют, исходя из полных потерь теплоты  $Q_i$ , Вт, для каждого  $i$ -го помещения. Из уравнения теплового баланса следует:

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

где  $Q_{i(\text{тр})}$  — теплоотдача открыто расположенных в пределах помещения труб системы отопления, Вт (в данной курсовой работе величину  $Q_{i(\text{тр})}$  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 тепло-передачи:

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

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

Расчет ведут в следующей последовательности:

1. Расчетный расход воды через отопительный прибор  $G_{\text{пр}}$ , кг/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:

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

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

$$\Delta t = \frac{t_r + t_o}{2} - t_s$$

где  $q_{ном}$  — номинальная плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup> (см. табл. 4).

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

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

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

при  $\Delta t = (t_r - t_o) / 2 - t_s = (95 + 70) / 2 - 18 = 64,5$  К; расчетная плотность теплового потока

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

#### 4. Коэффициент теплопередачи:

$$k_{пр} = \frac{q_{пр}}{\Delta t_{ср}} = \frac{681}{64,5} = 10,56 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Для упрощения расчетов в данной курсовой работе значение

$k_{пр} \approx 10,3$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) можно принять одинаковым для этого типа отопительного прибора независимо от расхода теплоносителя  $G_{пр}$ .

#### 5. Требуемая площадь теплообменной поверхности отопительного прибора, м<sup>2</sup>:

$$F_{пр(i)} = \frac{Q_{пр(i)}}{k_{пр(i)} \Delta t_{ср}} \beta_1 \beta_2$$

где  $\beta_1$  — поправочный коэффициент на число секций в приборе (уточняется в конце расчета, когда известно число секций, по табл. 8);

$\beta_2$  — коэффициент, учитывающий характер установки отопительного прибора.

Для чугунных секционных радиаторов, устанавливаемых у наружных стен, в том числе под световым проемом  $\beta_2 = 1,02$  [3, табл. 8.3]

Т а б л и ц а 8

| Поправочный коэффициент $\beta_1$ | Число секций в приборе |
|-----------------------------------|------------------------|
| 0,95                              | До 5                   |
| 1                                 | 6-10                   |
| 1,05                              | 11-20                  |
| 1,1                               | Более 20               |

#### 6. Требуемое число секций в отопительном приборе,

где  $f_c$  — площадь теплообменной поверхности одной секции, м<sup>2</sup> (табл. 4).

Для двусветного зала 101 целесообразно установить отопительные приборы в два яруса. При этом принимают:

$$Q_{101}^{\text{нижн}} = 0,65 Q_{101}$$

$$Q_{101}^{\text{вехн}} = 0,35 Q_{101}$$

В остальном расчет аналогичен вышеизложенному. Результаты расчетов по определению тепловой мощности отопительных приборов и числу секций в каждом из них для всех помещений здания сводят в табл. 9.

Таблица 9

| № помещения | t в помещении | $\Delta t_{\text{ср}}$ | $k_{\text{пр}}$ | $\beta_2$ | $Q \cdot 1,16$ | $F_{\text{пр}}$ | $\beta_2$ | n |
|-------------|---------------|------------------------|-----------------|-----------|----------------|-----------------|-----------|---|
|             |               |                        |                 |           |                |                 |           |   |
|             |               |                        |                 |           |                |                 |           |   |

Значения  $Q_{\text{пр}}$  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  $Q_{\text{уч}}$ , 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:  $\Delta P_{\text{рц}}$ , Н/м<sup>2</sup> (Па):

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

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

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 проходит 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  $t_r = 95^\circ\text{C}$ ;  $\rho_r = 961,9 \text{ кг/м}^3$ );

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

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

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

**б) для систем отопления с насосной циркуляцией**

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

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

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

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

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

Давление, создаваемое насосом, для систем произвольной протяженности

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

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

При обычной протяженности колец системы ( $\Sigma l \approx 120 \text{ м}$ ) 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  $G_o$  из системы отопления (при температуре  $t_o$ ) к количеству сетевой воды  $G_{\text{под}}$ , подаваемой из прямого трубопровода тепловой сети (с температурой  $t_{\text{под}}$ ), для получения требуемой температуры смеси  $t_{\text{см}} = t_r$  (горячей воды, подаваемой в систему отопления), т. е.

$$U = G_o / G_{\text{под}}.$$

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

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

$$G_{\text{под}} c_{\text{под}} t_{\text{под}} + G_o c_o t_o = G_{\text{см}} c_{\text{см}} t_{\text{см}}$$

(входящие в уравнение теплового баланса средние теплоемкости воды  $c_{\text{под}}$ ,  $c_o$

и  $c_{см}$  в соответствующих интервалах температур  $0 - t_r$  считать одинаковыми).

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

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

$$(\Delta P_{с пр} + \Delta P_{с тр}) = 1,3 n_{эт} h_{эт} (t_r - t_0),$$

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

определяют как требуемый тепловой поток теплоносителя

$G_{уч} c_w(t_r - t_0)$ , 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 нагрузки 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,

$$G_{уч} = Q_{уч} 3600 / c_w (t_r - t_0),$$

где  $c_w = 4190$  Дж/(кгК) — средняя теплоемкость воды в интервале температур  $t_0 - t_r$ .

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

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

где  $\beta$  — коэффициент, учитывающий долю потери давления преодоление 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  $R_{уч}$ , (графа 7) должна быть близка к  $R_{ср}$ .

Гидравлический расчет одного расчетного кольца состоит в подборе диаметра трубопровода каждого участка, входящего в это кольцо (исходя из значения  $R_{ср}$ ), 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

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

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

$\Delta P_{м}$  — 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:

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

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  $R_{\text{ст}}$ , и  $G_{\text{уч}}$ , определяют диаметр трубы участка  $d_{\text{уч}}$ , 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 кгс = 9,81 Н, то 1 кгс/м<sup>2</sup> = 9,81 Н/м (Па).

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

$$w_{\text{уч}} = G_{\text{уч}} / \rho \pi d_{\text{уч}}^2 / 4$$

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  $\Delta P_m = Z_{уч}$ , 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.

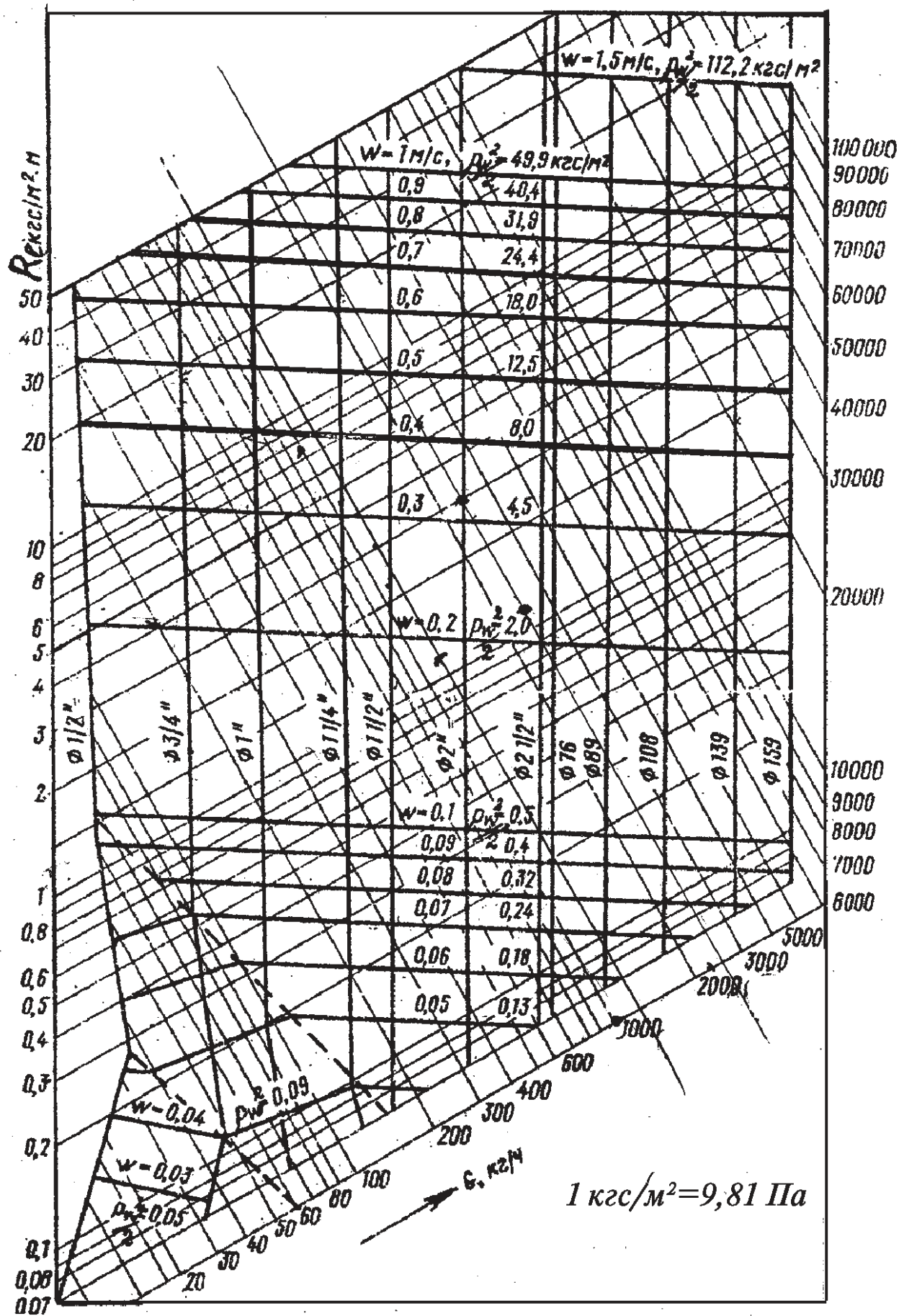
4. Общие потери давления на участке, Па

$$(R_l + Z)_{уч}.$$

Результаты расчетов представляют в виде табл. 11.

Таблица 11

| Номер участка | Предварительный расчет |             |         |             |              |               |              |              |             |                  | Окончательный расчет |
|---------------|------------------------|-------------|---------|-------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-------------|------------------|----------------------|
|               | $Q_{уч}$               | $G$<br>кг/ч | $l$ , м | $d$ ,<br>мм | $w$ ,<br>м/с | $R$ ,<br>Па/м | $Rl$ ,<br>Па | $\sum \zeta$ | $Z$ ,<br>Па | $Rl + Z$ ,<br>Па |                      |
| 1             | 2                      | 3           | 4       | 5           | 6            | 7             | 8            | 9            | 10          | 11               | 12                   |
|               |                        |             |         |             |              |               |              |              |             |                  |                      |



**КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ**  
**□□(ПРИБЛИЖЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ)**

Таблица 12

| Местное сопротивление                               | Значение $\xi$<br>(для всех диаметров) | Местное сопротивление                              | Значение $\chi$ (для всех диаметров) |     |     |     |     |            |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------------|
|                                                     |                                        |                                                    | Условный диаметр $D$ , мм            |     |     |     |     |            |
| Радиаторы двухколонковые                            | 2                                      |                                                    | 15                                   | 20  | 25  | 32  | 40  | 50 и более |
| Котлы чугунные                                      | 2,5                                    | Вентили обыкновенные                               | 16                                   | 10  | 25  | 9   | 8   | 7          |
| Внезапное расширение (относится к большой скорости) | 1                                      | Вентили прямооточные                               | 3                                    | 3   | 3   | 2,5 | 2,5 | 2          |
| Внезапное сужение (относится к большой скорости)    | 0,5                                    |                                                    |                                      |     |     |     |     |            |
| 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<br>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. Указания 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 смысловой 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 (акад.) |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|                                |                                                                        | 1                                          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Выполнение контрольных заданий |                                                                        |                                            |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 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**

### **1. Перечень основной литературы:**

1.Современные материалы и системы в строительстве [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов всех форм обучения направлений подготовки 08.03.01 Строительство и 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 40 с.

2.Капустин, Ф.Л. Свойства строительных материалов и изделий: лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / Ф.Л. Капустин, А.М. Спиридонова, И.В. Фомина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 93 с.

3.Дворкин, Л.И. Строительное материаловедение / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. - М. : Инфра-Инженерия, 2013. - 832 с.

### **2. Перечень дополнительной литературы**

1. Долгополов, С.П. Современный справочник по гипсокартону: С. П. Долгополов- Ростов н/Д: Феникс, 2009.1. Бадьин, Г.М. Справочник строителя: справочник/ Г. М. Бадьин, В. В. Стебаков- М.: АСВ, 2007.

2. Картрайт, П. Кирпичная кладка. Уроки мастера: [пер. с англ.]/ П. Картрайт- СПб.: БХВ-Петербург, 2011.

3. М.М. Гаппоев, И.М. Гуськов, Л.К. Ермоленко, В.И. Линьков, Е.Т. Серова, Б.А. Степанов, Э.В. Филимонов. Строительные материалы. Учебник. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 440 с.

4. Чавчанидзе, А.Ш. Металловедение: конспект лекций/ А. Ш. Чавчанидзе- М.: ДеЛи принт, 2008.

5. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение: Учеб. пособие для строит. спец. вузов/ И.А. Рыбьев- М.: Высшая школа, 2004.

6. Попов, К.Н. Оценка качества строительных материалов: Учеб. пособие/ К.Н. Попов, М.Б. Каддо, О.В. Кульков- М.: Высшая школа, 2004.

7. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: Учебник для вузов/ Ю.М.Баженов, Л.А.Алимов, В.В.Воронин и др- М.: Изд-во АСВ, 2004.

8. Попов, К.Н. Строительные материалы и изделия: Учебник/ К.Н. Попов, М.Б. Каддо- М.: Высшая школа, 2002.

9. Современные отделочные и облицовочные материалы/ под ред. А.Н. Юндина.- Ростов н /Дону. Феникс, 2005.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети**

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

7. [www.tehlit.ru](http://www.tehlit.ru)- Электронная библиотека технической литературы

8. [dic.academic.ru](http://dic.academic.ru) – Online словари и энциклопедии

9. [www.techdocument.info](http://www.techdocument.info) – Техдокумент - Документы для инженера, строителя, проектировщика, студента.