

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

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

**«Б1.Б.55.04 ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ВЫСОТНЫХ И БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»**

Специальность: 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Квалификация (степень) выпускника – Инженер-строитель

Специализация № 1 "Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений".

Чебоксары
2017

Методические материалы разработаны на основе рабочей программы дисциплины, предусмотренной образовательной программой высшего образования (ОП ВО) по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, специализация №1 "Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений"

СОСТАВИТЕЛЬ:

Старший преподаватель
кафедры теплотехники и гидравлики _____ Т.В. Щенникова
Старший преподаватель
кафедры теплотехники и гидравлики _____ Н.Г. Русинова

СОГЛАСОВАНО:

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

Декан факультета _____ А.Н. Плотников

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

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

Компетенция по ФГОС	Основные показатели освоения
ПК-1 - знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест;	Знать - нормативные документы по проектированию систем теплогасоснабжения и вентиляции
	Уметь - применять нормативные документы для расчета и проектирования
	Владеть - методикой расчета с использованием нормативных документов
ПК-3 способностью проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов техническому заданию;	Знать - Знать устройство инженерных систем, основные элементы, принцип работы, состав и свойства воздушной среды; физиологическое воздействие на человека окружающей среды; приборы и методы измерения параметров микроклимата; способы определения расчетных воздухообменов в вентилируемых помещениях;
	Уметь - уметь выполнять самостоятельно все расчеты, связанные с проектированием инженерных систем; принимать принципиальные и конструктивные решения систем вентиляции, самостоятельно углублять свои знания и применять на практике достижения науки и техники в области проектирования инженерных систем.
	Владеть - владеть методикой расчета инженерных систем; навыками определения тепловой мощности зданий и сооружений;
ПК-13 знанием правил и технологий монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов	Знать - правила и технологию монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию инженерных систем и оборудования строительных объектов;
	Уметь - осуществлять организацию и планирование технической эксплуатации зданий и сооружений, объектов жилищно-коммунального хозяйства
	Владеть - технологий монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов
ПСК-1,3 владением методами расчета систем инженерного оборудования высотных и большепролетных зданий и сооружений	Знать - основные принципы расчета инженерных систем и оборудования
	Уметь - выполнять расчеты инженерных систем высотных и большепролетных зданий и сооружений
	Владеть методами расчета систем инженерного оборудования высотных и большепролетных зданий и сооружений.

II. Методические указания обучающимся по выполнению самостоятельной работы

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

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

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

II.1. Методические рекомендации по подготовке к экзамену

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

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

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

II.2. Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы

Критерии оценки расчетно-графической работы:

«Зачтено» - работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса, студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме работы. Оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. При защите работы обучающийся свободно владел материалом и отвечал на вопросы.

«Не зачтено» - если работа выполнена не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса, обучающимся не сделаны выводы по теме работы, имеются грубые недостатки в оформлении работы, при защите работы обучающийся не владел материалом, не отвечал на вопросы, то работа направляется на дальнейшую доработку.

При определении уровня достижений студентов при защите расчетно-графической работы необходимо обращать особое внимание на:

- усвоение программного материала;
- умение излагать программный материал доступным научным языком;
- умение связывать теорию с практикой;
- умение выполнять чертежи тепловой сети в соответствии с требованиями ГОСТ и ЕСКД;
- владение навыками поиска, систематизации необходимых источников литературы по изучаемой проблеме;
- умение обосновывать принятые решения.

Варианты заданий для выполнения расчетно-графической работы

№п/п	Объект	Этажи	Город/ t-ра теплон
1.	Адм. здание промпредприятия	1,2;подвал не экспл-й	Воронеж/ 150-70°C
2.	Адм. здание налоговой	1,2;подвал не экспл-й	Наб.Челны/ 105-70°C
3.	Административное здание РОВД	1,2;подвал не экспл-й	Курск/ 130-70°C
4.	Адм. здание со встроенным магазином	1,2;подвал не экспл-й	Ульяновск/ 95-70°C

5.	Аптечный магазин	1,2;подвал не экспл-й	Пенза/ 150-70°C
6.	Деловой центр	Подвал, 1	Саратов/ 130-70°C
7.	Дом юстиции	1,2;подвал не экспл-й	Самара/ 95-70°C
8.	ЗАГС планы	2;подвал не экспл-й	Тверь/ 105-70°C
9.	Здание гимназии	1,2;подвал не экспл-й	Вологда/ 130-70°C
10.	Здание курсов повышения квали- фикации	1,2;подвал не экспл-й	Брянск/ 150-70°C
11.	Здание МТС	1;подвал не экспл-й	Владимир/ 95-70°C
12.	Здание прокуратуры	1; без под- вала	Альметьевск/ 130-70°C
13.	Культурный центр для села	1,2;подвал не экспл-й	Ярославль/ 105-70°C
14.	Пристроенный 2-х этажный мага- зин	1,2;подвал не экспл-й	Ижевск/ 150-70°C
15.	Пристроенный офис	1,2;подвал не экспл-й	Орел/ 95-70°C
16.	Спортзал	3,4;подвал не экспл-й	Йошкар- Ола/ 105-70°C
17.	Статуправление	1;подвал не экспл-й	Калуга/ 130-70°C
18.	Торгово- офисный центр	1,2;подвал не экспл-й	Казань/ 95-70°C
19.	Торговый дом	1,2;подвал не экспл-й	Владимир/ 105-70°C
20.	Универсам	1,2;подвал не экспл-й	Липецк/ 130-70°C
21.	Учебно-спортивный корпус	1,2;подвал не экспл-й	Саранск/ 150-70°C
22.	Фитнес центр	1,2;подвал не экспл-й	Чебоксары/ 130-70°C
23.	Центр- досуга	1,2;подвал не экспл-й	Киров/ 105-70°C
24.	Здание гимназии	1,2;подвал не экспл-й	С.- Петербург / 95-70°C

Методические указания выполнены на основании СП 131 13330.2012 Строительная климатология, СП 60 13330.2012. «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Расчёт воздухообмена является ответственным этапом при проектировании систем вентиляции, без его правильного расчёта дальнейшее проектирование бессмысленно.

Общеобменная вытяжная вентиляция предназначена для удаления тех вредных выделений, которые попадают в воздух вследствие несовершенства местных отсосов, недостаточной эффективности их работы или возможно их устройства. Вытяжку следует организовывать от мест максимальной концентрации вредных выделений и так, чтобы

потоки загрязнённого воздуха не протекали через рабочие места. Из верхней зоны воздух удаляют при избытках явного тепла и влаги с учётом требований для газов и паров, образующих с воздухом взрывоопасные смеси, а также при выделении пыли и тепла высокотемпературными источниками. При незначительных избытках явного тепла, отсутствии высокотемпературных источников и рассредоточенном размещении оборудования воздух рекомендуется удалять из нижней и верхней зон помещения в зависимости от плотности вредных веществ, характера их выделения и т.д.

Местная вытяжная вентиляция является эффективным средством локализации вредных выделений, является полным укрытием источника их образования. Полное укрытие следует применять там, где оно не мешает технологическому процессу. Его конструкция должна содержать съёмные детали для производства ремонтных работ. Размещение патрубков для отсоса воздуха из-под укрытия пылящего оборудования должно гарантировать минимальный унос продукта.

Укрытия, в которых рабочие проёмы относительно велики, являются полуоткрытыми местными отсосами. К ним относят вытяжные шкафы, окрасочные камеры, укрытия шлифовальных и полировальных станков и т.п. Отсос воздуха от вытяжных шкафов устраивают от верхней и нижней зон. Если невозможно применить укрытия, прибегают к открытым местным отсосам в виде зонтов панелей и др. Приточные системы вентиляции должны компенсировать количество удаляемого воздуха.

I ПОНЯТИЕ ВОЗДУХООБМЕНА

Воздухообмен – это количество воздуха, подаваемое или удаляемое из помещения, способное обеспечить санитарно-гигиенические или технологические требования к воздуху рабочей зоны.

1.1 Расчёт воздухообмена по кратности

Кратность воздухообмена – это отношение приточного или вытяжного воздуха к объёму вентилируемого помещения:

$$n = \frac{L}{V}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1)$$

где n – кратность воздухообмена, $\text{м}^3/\text{ч}$

L – Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$

V – Объём вентилируемого помещения, м^3

Значения кратности воздухообмена для конкретных помещений определяются по приложению 1.

1.2 Расчёт воздухообмена по нормативным данным

Нормативный воздухообмен – это количество воздуха на один измерительный прибор (на одну газовую плиту, на один унитаз и т.д.).

$$L = L_i \cdot N, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2)$$

где L_i – нормативный воздухообмен на один прибор, $\text{м}^3/\text{ч}$

N – Количество приборов, шт.

1.3 Расчёт воздухообмена на разбавление избытков тепла

1.3.1 Воздухообмен на разбавление избытков тепла определяется по формуле:

$$L = 3,6 \cdot Q_{\text{я}} / C_p \cdot (t_{\text{yx}} - t_{\text{пр}}), \text{ м}^3/\text{ч} \quad (3)$$

где $Q_{\text{я}}$ – явное тепло, Вт

C_p – удельная теплоёмкость воздуха при постоянном давлении (в расчётах принимается $1,3 \text{ Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{°C}$)

t_{yx} – температура уходящего воздуха, °C

$$t_{\text{yx}} = t_{\text{р.з}} + \Delta t (H-2), \text{ °C} \quad (4)$$

где $t_{\text{р.з}}$ – температура рабочей зоны, °C

Δt – это коэффициент, который показывает изменение температуры на каждый метр высоты помещения (0,2 – 0,9).

H – Высота помещения, м

$t_{пр}$ – температура приточного воздуха, °С

$\sum Q_{я}$ – для летнего периода:

$$\sum Q_{я} = Q_{обор} + Q_{л} + Q_{осв.} + Q_{окон.} + Q_{покр}, \text{ Вт} \quad (5)$$

$\sum Q_{я}$ – для зимнего периода:

$$\sum Q_{я} = Q_{обор.} + Q_{л} + Q_{осв}, \text{ Вт} \quad (6)$$

1.3.2 Определение теплоступлений

1.3.2.1 Теплоступления от электрического оборудования (подходит под освещение):

$$Q_{обор.} = 1000 \cdot N \cdot \eta_3 \cdot \eta_{п} \cdot \eta_{од}, \text{ Вт} \quad (7)$$

где N – мощность электрического оборудования, Вт

η_3 – КПД загрузки

$\eta_{п}$ – КПД перехода из электрической в тепловую мощность

$\eta_{од}$ – КПД одновременности работы оборудования

1.3.2.2. Теплоступления от электрических печей, ванн и сушилок:

$$Q_{эп} = 1000 N \cdot \eta \cdot \eta, \text{ Вт} \quad (8)$$

где N_x – мощность холостого хода, кВт

η_x – коэффициент учитывающий загрузку печей (0,65-0,7)

η – коэффициент одновременности работы печей

1.3.2.3. Эта формула зависит от мощности холостого хода.

$$Q_{эп} = A N_{у\eta}, \text{ кВт} \quad (9)$$

где A – коэффициент зависящий от типа печи (для камерных, шахтных и методических печей $A=200$, колокольных – 130, муфельных – 150, печей-ванн – 400, сушилок – 300, печей без указания типа – 250)

$N_{у}$ – установочная мощность, кВт

η – коэффициент одновременности работы печей

$$Q_{эп} = 0,28 N_{э} (1 - \eta_{п}) \eta, \text{ кВт} \quad (10)$$

где $N_{э}$ – расход электроэнергии, кВт

$\eta_{п}$ – КПД перехода из электрической в тепловую мощность

η – коэффициент, учитывающий энергию, не реализованную в данном помещении (принимается по данным технологов)

1.3.2.4 Теплоступления от осветительных приборов:

$$Q_{осв} = N \cdot n \cdot \eta_{л}, \text{ Вт} \quad (11)$$

где N – мощность осветительных приборов, Вт

n – количество ламп, шт;

$\eta_{л}$ – коэффициент, учитывающий долю теплоты, отдаваемой конвекцией и теплопроводностью, для люминесцентных светильников = 0,4 – 0,7 для ламп накаливания = 0,8 – 0,9

1.3.2.5 Теплоступления от трансформаторов:

$$Q_{тр} = 1000 N_{у} (1 - \eta) \eta_3, \text{ кВт} \quad (12)$$

где $N_{у}$ – установочная мощность, кВт

η – КПД=0,98

η_3 – КПД загрузки

1.3.2.6 Теплоступления от остывающего материала, находящегося в твёрдой фазе:

$$Q_{мт} = 0,28 G_{м} c B (t_{н} - t_{к}), \text{ кВт} \quad (13)$$

где $G_{м}$ – расход материала, кг/ч

c – теплоёмкость, кДж/ кг

B – коэффициент, учитывающий интенсивность выделения тепла во времени и принимается по графику в зависимости от критерия Фурье.

$t_{н} - t_{к}$ – начальная и конечная температура, °С

1.3.2.7 Теплоступления от материала, находящегося в двухфазном состоянии:

$$Q_M = 0,28 G_M [c_{ж}(t_H - t_{пл}) + i + c_{тв}(t_{пл} - t_K)] Z, \text{ кВт} \quad (14)$$

где G_M – количество остывающего материала, кг

$c_{ж}$ – теплоёмкость в жидком состоянии, кДж/(кг⁰С)

$c_{тв}$ – теплоёмкость в твёрдом состоянии, кДж/(кг⁰С)

$t_{пл}$ – температура плавления, ⁰С

t_H – начальная температура, ⁰С

t_K – конечная температура, ⁰С

i – теплота плавления, ⁰С

Z – время остывания материала в данном помещении, ч

1.3.2.8 Теплопоступления от оконных проёмов:

$$Q_{\text{окон}} = g_o A_o F_o, \text{ Вт} \quad (15)$$

где g_o – удельная величина солнечной радиации через остекление, Вт/м² или коэффициент радиации, зависящий от расположения объекта по сторонам света (см. табл. 1)

A_o – коэффициент учитывающий характер остекления (для одинарного остекления=0,48; для матовых стёкл=0,4; для сильно загрязнённых стёкол=0,7; для двойного остекления в спаренных переплетах – 0,7; для двойного остекления в отдельных переплетах – 0,6)

F_o – поверхность остекления, м²

Таблица 1 – Количество тепла, поступающего от солнечной радиации (прямой и рассеянной) в зависимости от географической широты

Географическая широта,	Количество тепла, g ₀ , Вт/м ²								Эквивалентная разность температур,
	На вертикальные поверхности в 13-14 ч				На вертикальную поверхность западной ориентации		На горизонтальные поверхности		
	З	ЮЗ	Ю	В	Минимальное	Средне-суточное	Максимальное	Средне-суточное	
38	386	321	337	200	720	163	942	304	27,6
40	386	357	367	216	740	169	929	333	27,4
42	387	380	398	234	746	175	915	332	27,2
44	387	403	428	253	765	179	892	330	26,7
46	390	425	460	272	753	182	880	329	26,4
48	392	447	490	294	764	185	865	328	26,2
50	393	472	520	316	775	187	857	328	26,0
52	394	489	547	335	781	193	851	329	25,9
54	384	509	567	354	787	199	836	329	25,6
56	384	520	603	362	786	202	836	327	25,6
58	378	538	633	370	785	205	795	312	24,7
60	373	549	656	391	780	207	766	319	24,2
62	369	564	680	411	776	210	740	314	23,6
64	368	582	700	433	799	215	718	318	23,2
66	374	606	730	455	805	228	704	325	22,9
68	380	630	758	473	811	240	697	331	22,8

1.3.2.9 Теплопоступления от покрытия кровли здания:

Теплопоступления от покрытия кровли здания вычисляются по следующей формуле:

$$Q_{\text{пок}} = K_{\text{пок}} \cdot (t_H + \rho \cdot J_{\text{ср}} / \alpha_n \cdot t_{\text{в}}) \cdot F_{\text{пок}}, \text{ Вт} \quad (16)$$

где $K_{\text{пок}}$ – коэффициент теплопередачи покрытия, Вт/м (в расчётах принимается $K_{\text{пок}} = 1$ Вт/м² ⁰С);

$F_{\text{пок}}$ – площадь покрытия, м²

ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности покрытия (для рубероида с песчаной посыпкой=0,9; для стали кровельной оцинкованной=0,65);

$J_{\text{ср}}$ – среднее суточное количество теплоты от солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м, (принимается по таблице 1)

α_n – коэффициент теплопередачи наружной поверхности покрытия в тёплый период года, Вт/м² °С

$$\alpha_n = 5,8 + 11,6 \cdot \sqrt{V}, \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С} \quad (17)$$

где V – расчётная скорость ветра летом, м/с (принимается по таблице 4.1 [6])

1.3.2.10 Теплопоступления от людей:

Теплопоступления от людей определяются по таблице 2 в зависимости от категории работ и температуры окружающего воздуха.

$$Q_{\text{л}} = Q_{\text{я}} N, \text{ Вт} \quad (18)$$

где $Q_{\text{я}}$ – по таблице 2

N – количество людей или количество рабочих мест.

Принято считать, что женщина выделяет 85%, а ребенок – 75% от тепловыделений мужчины.

Таблица 2 – Выделение человеком влаги в W , г/ч, явного тепла $Q_{\text{я}}$, Вт и углекислого газа CO_2

Категория работ	CO_2	Температура окружающего воздуха									
		10		15		20		25		30	
		W	$Q_{\text{я}}$	W	$Q_{\text{я}}$	W	$Q_{\text{я}}$	W	$Q_{\text{я}}$	W	$Q_{\text{я}}$
Легкая	25	40	150	55	120	75	100	115	65	150	40
Ср. тяжести	35	70	165	110	135	140	105	185	70	230	40
Тяжелая	45	135	200	185	165	240	130	295	95	355	50

где выделение человеком:

W – влаги, г/ч;

$Q_{\text{я}}$ – тепловыделения одного взрослого мужчины, Вт;

CO_2 – углекислого газа, г/ч.

1.4. Расчет воздухообмена на разбавление избытков вредностей

Расчет воздухообмена на разбавление избытков вредности определяется по формуле:

$$L = 1,2 M / (Z_{\text{yx}} - Z_{\text{пр}}), \text{ м}^3/\text{ч} \quad (19)$$

где M – суммарное количество паров и газов (мг/ч)

$Z_{\text{yx}} - Z_{\text{пр}}$ – концентрация вредного вещества уходящего и приточного воздуха (мг/м³)

Z_{yx} – не более Предельно Допустимой Концентрации (ПДК) вредного вещества

$Z_{\text{пр}}$ – составляет 30% ПДК вредного вещества в рабочей зоне

Вредные вещества могут быть однонаправленного и разнонаправленного действия.

Расчет ведется для каждого направления, выбирается максимальный воздухообмен. Если однонаправленного действия то воздухообмен суммируется.

1.5. Расчет воздухообмена на разбавление избытков влаги

$$L = W / \rho(d_{\text{yx}} - d_{\text{пр}}), \text{ м}^3/\text{ч} \quad (20)$$

где W – суммарное количество влаги, гр/ч.

$(d_{\text{yx}} - d_{\text{пр}})$ – влагосодержание в уходящем и приточном воздухе (определяется по id-диаграмме)

ρ – плотность воздуха $\rho = 353 / T$ (К)

Количество влаги поступающей в помещение (W) определяется по формуле:

$$W = 25,2 \cdot 10(P_{\text{п}} - P_{\text{о}})F/B, \text{ гр/ч} \quad (21)$$

где $P_{\text{п}}$ – давление паров

$P_{\text{о}}$ – парциальное давление паров в окружающем воздухе.

F – площадь поверхности испарения, м².

B – барометрическое давление, кПа

Эта формула применяется в условиях неподвижного воздуха и интенсивности испарения.

При движении воздуха над источником испарения со скоростью в м/с с учетом температуры поверхности воды в градусах по Цельсию.

$$W=(6,9+0,4t+13,1v) 10^3 (P_{п}-P_{o})F/B, \text{ гр/ч} \quad (22)$$

Если испарение происходит в условиях адиабатного теплообмена с окружающим воздухом, интенсивность влаговыделений рассчитывают по формуле:

$$W=6,1(t_c - t_m)F, \text{ гр/ч} \quad (23)$$

где t_c и t_m – температура воздуха по сухому и мокрому термометру;

F – площадь мокрого пола, м^2

Испарение с открытой поверхности воды проникает в цех по желобу в количестве (G), кг/час, с начальной температурой (t_n) и конечной температурой (t_k), °С, интенсивность испарения.

$$W=1,67G(t_n-t_k), \text{ гр/ч} \quad (24)$$

При работе станок с выделением эмульсии, выделение влаги зависит от условий мощности ($N_{уст.}$), кВт

$$W=150N_{уст} \quad (25)$$

1.6 Расчет воздухообмена на создании скорости в живом сечении воздухоприемного устройства

$$L = f_{жс} V \cdot 3600 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (26)$$

где $f_{жс}$ – площадь живого сечения, м^2

V – скорость в живом сечении, м/с

Формула приемлема для расчета общеобменных и местных систем.

1.7 Расчет воздухообмена от металлообрабатывающих станков.

Для заточных и шлифовальных станков с абразивными кругами, количество удаляемого воздуха по формуле:

$$L=2d, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (27)$$

где d – диаметр круга станка, мм.

Для полировальных станков с войлочными кругами:

$$L=4d, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (28)$$

Для полировальных станков с матерчатými кругами:

$$L=6d, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (29)$$

Для любого круга:

$$L=F v_o 3600, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (30)$$

где F – площадь живого сечения отверстия кожуха, м^2

v_o – 0,25 $v_{кр}$ при направлении пылевого факела вдоль кожуха.

V_o – (0,3-0,4) $v_{кр}$ при направлении пылевого факела вдоль всасывающего отверстия кожуха.

1.8 Расчет воздухообмена от бортовых отсосов

Одно – бортовые отсосы принимаются при ширине ванн до 0,7 м.

Двух – бортовые принимаются при ширине ванн 0,7-1 м.

Одно – бортовые отсосы с поддувом принимаются при ширине ванн до 1,2 м.

Двух - бортовые отсосы с поддувом принимаются при ширине ванн до 2 м.

Количество воздуха $\text{м}^3/\text{ч}$, удаляемого бортовыми отсосами

$$L= L_0 k_t k_T k_1 k_2 k_3 k_4, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (31)$$

где L_0 – расход воздуха, удаляемого щелью отсоса, $\text{м}^3/\text{ч}$, для ванн без поддува определяется по формуле:

$$L_0=1400(0,53(B_p \cdot l/B_p+1)+H_p)^{1/3} B_p \cdot l, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (32)$$

Для ванн с поддувом:

$$L_0=1200 B_p^{3/2} l, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (33)$$

где B_p – расчетная ширина ванны, м

l – расчетная длина ванны, м

H_p – расчетное расстояние от зеркала раствора до борта ванны и оси щели, м

k_t – коэффициент, учитывающий разность температур раствора и воздуха в помещении (таблица 3)

k_T – коэффициент, учитывающий токсичность и интенсивность вредных выделений (для отсосов с поддувом $k_T=1$, для обычных по табл. 5.6[8])

k_1 – коэффициент учитывающий тип отсоса (таблица 5.7[8])

k_2 – коэффициент воздушного перемешивания (таблица 5.7[8])

k_3 – коэффициент укрытия зеркала раствора плавающими телами (таблица 5.7[8])

k_4 – коэффициент укрытия поверхности раствора пеной поверхностно-активных веществ (таблица 5.7[8])

Количество воздуха необходимое для поддува, $m^3/ч$, определяется по формуле:

$$L_{п} = 60 \cdot V_p \cdot k_T, m^3/ч \quad (34)$$

Таблица 3 –

Δt	10	20	30	40	50
k_t	0,614	0,580	0,540	0,480	0,440

1 Расчет воздухопроводов естественной вентиляции

1.1 Расчет воздухопроводов естественной вентиляции начинается с определения располагаемого давления по формуле:

$$P_{расп.} = 9,8 h (\rho_n - \rho_{в}), Па \quad (1.1)$$

где h – вертикальное расстояние от центра вытяжного отверстия до устья шахты м. (для вытяжных систем без притока). При наличии притока в помещении – от середины высоты помещения до устья шахты. Для приточных воздухопроводов – от середины высоты приточных камер до середины высоты помещения.

$\rho_n - \rho_{в}$ – плотность наружного и внутреннего воздуха, $\frac{кг}{м^3}$ по приложению 6 данной разработки.

Располагаемое давление рассчитывается для естественного побуждения на температуру наружного воздуха $t_n = +5^{\circ}C$.

Сопrotивление воздухопроводов системы естественной вентиляции определяется по формуле:

$$H_{сист} = \sum (RL + Z) \quad (1.2)$$

где R – удельные потери давления на трение, $\frac{Па}{м}$ по приложению 7, приложению 10

L – длина участка, м

Z – потеря давления на местное сопротивление по приложению 10 или по формуле:

$$Z = \sum \varepsilon \cdot P_{дин}, Па \quad (1.3)$$

где $\sum \varepsilon$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений; подсчитывается по приложению 8 виду сопротивлений

$$P_{дин} = \frac{v^2 \rho}{2g} Па \quad (1.4)$$

где $P_{дин}$ – динамическое давление по приложению 7

V – скорость, $\frac{м}{с}$, принимается в пределах по [1]

- 1.2 В результате расчета должно получиться неравенство: $P_{расч} \geq H_{сист}$, но при этом желательно использовать не менее 80% располагаемое давление. В противоположном случае необходимо выполнить перерасчет или установить дефлектор.
- 1.3 Порядок расчета:
 - 1.3.1 Вычерчивается расчетная схема, на которой обозначаются длины и расчетный воздухообмен
 - 1.3.2 Выбирается главная расчетная ветка по наиболее удаленному и нагруженному участку системы.
 - 1.3.3 Расчетная ветка разбирается на участки, которые изменяются с изменением расхода или сечения.
 - 1.3.4 Выполняется расчет главной расчетной ветки. Результаты расчетов сводятся в таблицу. Форма таблицы по приложению 9.
 - 1.3.5 Выполняется расчет увязки ответвлений. Увязка заключается в равенстве сопротивлений в точках схода или равенстве сопротивлений любой расчетной ветки.
- 1.4 Если в результате расчета получили $P_{расч} \leq H_{сист}$, то необходимо выполнить перерасчет с увеличением поперечного сечения воздуховода, или рекомендовать установку дефлектора на вытяжной шахте.
- 1.5 Радиус действия вытяжных естественных систем допускается применять не более 10м.

2 Расчет воздуховодов приточных и вытяжных систем механической вентиляции

- 2.1 Системы вентиляции общего назначения служат для подачи и удаления не запыленного воздуха с температурой до 80°C.
- 2.2 Задача расчета воздуховодов сводится к определению диаметров воздуховодов и потерь напора в сети для дальнейшего подбора вентиляционного оборудования.
- 2.3 Общие потери давления сети воздуховодов определяются по формуле:

$$H = \sum (RL + Z), \text{ Па} \quad (2.1)$$

где R- удельные потери давления на трение, $\frac{\text{Па}}{\text{м}}$ по приложению 7 ,
приложению 10

L – длина участка, м

Z – потеря давления на местное сопротивление по приложению 10 или по формуле:

$$Z = \sum \varepsilon \cdot P_{дин}, \text{ Па} \quad (2.2)$$

где $\sum \varepsilon$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений; подсчитывается по приложению 8 виду сопротивлений

$$P_{дин} = \frac{v^2 \rho}{2g} \text{ Па} \quad (2.3)$$

где $P_{дин}$ - динамическое давление по приложению 7

Скорость принимается для главной расчетной ветки:

$V = 5-8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - для вентиляции общественных зданий, учебных заведений и т.д.

При увязке могут быть и другие скорости.

2.4 Порядок расчета:

$V=8-16$ м/с – для вентиляции производственных зданий

2.4.1 Вычерчивается расчетная схема, на которой обозначаются длины и расчетный воздухообмен.

2.4.2 Выбирается главная расчетная ветка по наиболее удаленному и нагруженному участку системы.

2.4.3 Расчетная ветка разбивается на участки, которые изменятся с изменением расхода или сечения.

2.4.4 Выполняется расчет главной ветки. Результаты расчетов сводятся в таблицу. Форма таблицы по приложению 9.

2.4.5 Выполняется расчет увязки ответвлений. Увязка заключается в равенстве сопротивлений в точках схода или равенстве сопротивлений любой расчетной ветки.

2.5 По результатам расчета ведутся подбор оборудования.

2.6 По этим же рекомендациям рассчитывается воздуховоды для транспортирования запыленного воздуха при весовой концентрации пыли

$$\mu < 0,01 \frac{кг}{кг}$$

$$H = 1.1 \cdot \sum (H_{yч} (1 + K\mu)), \quad (2.4)$$

где $H_{yч}$ - потери давления на трение подсчитываются по формуле 2.1

K – опытный коэффициент, зависящий от характера запыления

μ - весовая концентрация транспортируемой пыли.

Величины K и μ принимаются по нормативным документам для соответствующей отрасли.

2.7 В случае невозможности увязки системы в пределах до 15% устанавливаются диафрагмы.

II.4 Методические рекомендации по выполнению практических работ

Практическое занятие – это одна из форм учебной работы, которая ориентирована на закрепление изученного теоретического материала, его более глубокое усвоение и формирование умения применять теоретические знания в практических, прикладных целях. Особое внимание на практических занятиях уделяется выработке учебных или профессиональных навыков. Такие навыки формируются в процессе выполнения конкретных заданий – упражнений, задач и т. п. – под руководством и контролем преподавателя. Ведущей целью практических занятий является формирование умений и приобретение практического опыта, направленных на формирование профессиональных компетенций (способности выполнять определенные действия, операции, необходимые в профессиональной деятельности) или общих компетенций (общие компетенции необходимы для успешной деятельности как в профессиональной, так и во внепрофессиональной сферах).

Содержанием практических занятий являются решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.), выполнение вычислений, расчетов, чертежей, работа с измерительными приборами, оборудованием, аппаратурой, работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками, составление проектной, плановой и другой технической и специальной документации и другое.

Для подготовки к практическому занятию студенту необходимо изучить теоретический материал по данной теме, запомнить основные определения и правила, разобрать данные в лекциях решения задач. Для закрепления пройденного материала студенту необходимо выполнить домашнюю работу в соответствии с заданием, полученным на предыдущем практическом занятии. В случае возникновения затруднений при ее выполнении рекомендуется обратиться за помощью к преподавателю в отведенное для консультаций время.

Этапы подготовки к практическому занятию:

- изучение теоретического материала, полученного на лекции и в процессе самостоятельной работы;
- выполнение домашнего задания;
- самопроверка по контрольным вопросам темы.

Практическое занятие 1. Расчет расходов воды на вводе в здание.

1. Средний суточный расход $Q_{сут}$ [1], м³/сут:

Для группы однородных (одинаковых) потребителей:

$$Q_{сут} = 1,1q_u \cdot U / 1000, \quad (1.3)$$

где q_u – нормативный средний за год суточный расход воды на одного потребителя (л/с на потребителя), принимаемая по табл. А.2 прил. А [1].

I строительно-климатический район – для Чувашии:

$$q_u^{tot} = 250 \text{ л/сут на чел.}$$

$$q_u^c = 250 - 100 = 150 \text{ л/сут на чел.}$$

$$Q_T^c = 27 \text{ м}^3/\text{сут}, \quad Q_T^{tot} = 45 \text{ м}^3/\text{сут},$$

2. Средний часовой расход q_T [1], м³/ч:

$$q_T = Q_{сут} / T, \quad (1.4)$$

где T – продолжительность периода, для которого установлены значения Q_T .

$$q_T^c = 27 / 24 = 1,125 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad q_T^{tot} = 1,875 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3. Определяется максимальный секундный расход воды на вводе в здание

$$q^c = 5 \times q_0^c \times \alpha \quad (1.5)$$

где, q_0^c – секундный расход холодной воды, л/с, санитарно-техническим прибором, применяемый согласно обязательному приложению А [1];

α – коэффициент, определяемый по приложению Б [1], в зависимости от общего числа санитарно-технических приборов N , установленных в здании и вероятности одновременности их действия P^c

Вероятность одновременности действия санитарно-технических приборов P^c определяют по формуле

$$P^c = \frac{q_{hr.u}^c \cdot U}{3600 \cdot q_0^c \cdot N} \quad (1.6)$$

где, $q_{hr.u}$ – норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/ч, согласно обязательному приложению А, табл. А 2 [1];

N – количество санитарно-технических приборов, установленных в здании, согласно заданию;

3600 – перевод часов в сек.;

Примечания:

1. Значение α^c принимается по табл.Б1 приложения Б [1], если $P^c > 0,1$ и $N \leq 200$

2. Значение α^c принимается по табл.Б2 приложения Б [1], если $P^c < 0,1$ при любом числе N , а также при $P^c > 0,1$ и числе $N > 200$, в зависимости от произведения $P^c \cdot N$

4. Максимальный часовой расход $q_{hr} [1], \text{м}^3/\text{ч}$:

$$q_{hr}^c = 0,005 \cdot q_{0hr} \cdot \alpha_{hr}^c \quad (1.7)$$

где, q_{hr}^c – часовой расход холодной воды прибором, л/ч, принимаем согласно приложению А, табл. А 2 [1];

α_{hr}^c – коэффициент, определяемый согласно приложению Б [1], в зависимости от общего числа санитарно-технических приборов N и вероятности их использования в течение часа P_{hr}^c (аналогично коэффициенту α^c).

Вероятность использования приборов в течение часа максимального потребления P_{hr} определяется по формуле (1.8)

$$P_{hr}^c = 3600 \cdot P^c \cdot q_0^c / q_{0hr} \quad (1.8)$$

где P^c - вероятность, определенная по формуле (1.6);

q_{0hr} — часовой расход холодной воды, л/ч, санитарно-техническим прибором, принимаются по табл. А.2 прил. А [1].

5. Минимальный часовой расход $q_{hr \min} [2], \text{м}^3/\text{ч}$,

$$q_{hr \min} = q_T K_{\min}, \quad (1.5)$$

где K_{\min} – принимается по табл. 1 [1] в зависимости от величины:

$$K_{\max} = q_{hr} / q_T.$$

$$q_{hr \min}^c = 0,045 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad q_{hr \min}^{\text{tot}} = 0,263 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Практическое занятие 2. Проверка пропускной способности канализационных выпусков.

Диаметры и уклоны отводных линий и магистральных трубопроводов принимаются без расчета. Отводные линии от унитазов имеют диаметр 100 мм, от остальных приборов – 50 мм. При прокладке отводных линий назначается уклон в сторону стояков: для $d = 50 \text{ мм}$ $i = 0,03$, для $d = 100 \text{ мм}$ $i = 0,02$.

По всей высоте канализационные стояки принимаются одинакового диаметра.

Расчетный расход бытовых сточных вод:

$$q^s = q^{\text{tot}} + q_0^s, \text{ л/с} \quad (2.1)$$

где q^{tot} – общий максимальный секундный расход воды для группы канализуемых приборов или здания, $q^{\text{tot}} = 1,866 \text{ л/с}$.

q_0^s – наибольший секундный расход стоков от прибора, равный 1,6 – для унитаза [4].

$$q^s = 1,866 + 1,6 = 3,466 \text{ л/с}.$$

Таблица 2.1. Расчетные расходы сточных вод на горизонтальных участках сети

Номер уч-ка	Кол-во приборов	Вероятность действия	Произведение	Коэффициент	Расход воды прибором	Расход водопроводной воды	Расход стоков от прибора	Расход стоков на уч-ке
№	N^{tot}	P^{tot}	$N^{\text{tot}} P^{\text{tot}}$	α	q_0^{tot} л/с	q^{tot} л/с	q_0^s л/с	q^s л/с

Таблица 2.2. Проверка принятых диаметров сети.

Номер уч-ка	Расход стоков на уч-ке	Принятый диаметр	Уклон	Наполнение	Скорость	Расчетный диаметр
№	q^s л/с	\varnothing , мм	i	H/d	v , м/с	\varnothing , мм

Для исключения засоров диаметры и уклоны канализационных выпусков должны быть подобраны так, чтобы соблюдалось условие:

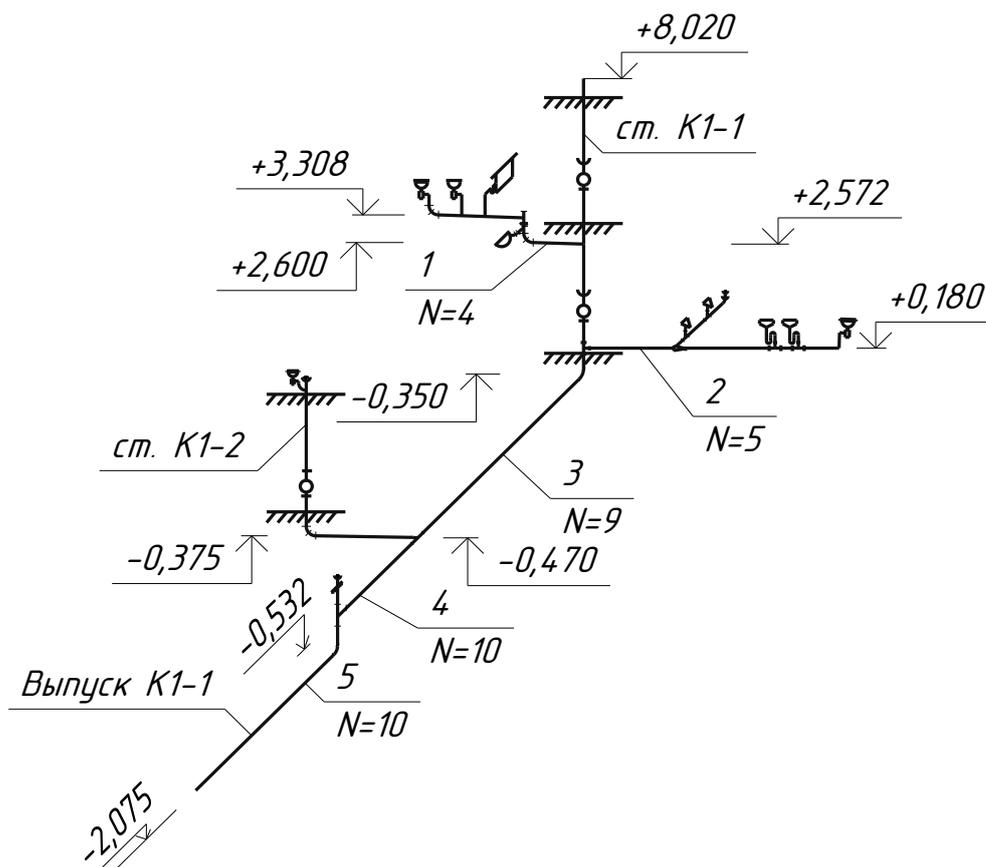
$$V \cdot \sqrt{\frac{h}{d}} > 0,6 \quad (2.2)$$

где V – скорость, м/с;

h/d – наполнение в трубах.

Практическое занятие 3.

Расчет количества приточного и вытяжного воздуха по помещениям.



Вариант №1

Цель занятия:

Выполнить расчет воздухообмена во вспомогательных зданиях и помещениях промышленных предприятий и заполнить таблицу.

1. Помещения управлений, конструкторских бюро, общественных организаций с размерами помещения 12×4×3,3 м.
2. Уборные с тремя раковинами и двумя унитазами с размерами помещения 3×4×3,3 м.
3. Душевые с двумя ваннами с размерами помещения 8×3×3,3 м.
4. Гардеробные спецодежды с размерами помещения 10×4×3,3 м.
5. Помещения для ремонта обуви с размерами помещения 8×8×3,3 м.

Порядок выполнения работы:

1. Заполнить таблицу 1 – расчет воздухообмена.
2. Заполнить графы 1, 3 по данным задания и графы 2, 4, 5 по справочным данным (таблицы 3.1-3.13).
3. Выполнить расчет воздухообмена и заполнить графы 6, 7 таблицы.

$$L = \pm n * V_{\text{пом}}, \text{М}^3/\text{ч}$$

где n – кратность, ч^{-1}

V – объем помещения, м^3

$$L = L_i * N, \text{М}^3/\text{ч}$$

где L_i – воздухообмен на один измеритель, $\text{М}^3/\text{ч}$

N – количество измерителей

Таблица. Расчет воздухообмена

Помещения	Т (°С)	V _{пом} (м ³)	Кратность		Воздухообмен	
			приток	вытяжка	приток	вытяжка
1	2	3	4	5	6	7

Форма отчета: представить на проверку и оценку тетрадь для практических заданий.

Литература:

- (1) Павлов Н. Н., Шиллер Ю. И. Внутренние сантехнические устройства. 4-е издание, часть 3.. 1992;
- (2) АВОК Стандарт. Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена. Москва, 2002
- (3) Справочник проектировщика

II.4 Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ

Лабораторное занятие 1. Изучение работы повысительных установок для системы водоснабжения.

Цель: - Закрепить устройство и принцип работы насосного оборудования;

- Научиться устранять характерные ошибки при эксплуатации насосных агрегатов;

- Овладеть технически-грамотными и безопасными приемами устранения неполадок в работе насосных агрегатов.

Для подготовки к работе необходимо изучить соответствующие разделы следующих литературных источников

- 1. Лямаев Б.Ф. Системы водоснабжения и водоотведения зданий [Электронный ре-сурс] : учебное пособие / Б.Ф. Лямаев, В.И. Кириленко, В.А. Нелюбов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Политехника, 2016. — 305 с. — 978-5-7325-1091-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/59999.html>

Вопросы для закрепления:

- 1. Устройство и принцип работы центробежного насоса.
- 2. Основные характеристики насосов.
- 3. Из чего складывается требуемый напор.
- 4. Единицы измерения напора и расхода.
- 5. Классификация насосов.

Лабораторное занятие 2. Исследование гидравлических параметров потоков в безнапорных трубопроводах.

Цель: -научиться определять максимальные расчетные расходы сточных вод на участках внутренней канализационной сети;

- закрепить навыки пользования нормативно-справочной литературой.

Для подготовки к работе необходимо изучить соответствующие разделы следующих литературных источников

- 1. Лямаев Б.Ф. Системы водоснабжения и водоотведения зданий [Электронный ре-сурс] : учебное пособие / Б.Ф. Лямаев, В.И. Кириленко, В.А. Нелюбов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Политехника, 2016. — 305 с. — 978-5-7325-1091-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/59999.html>

Задание:

1 описать порядок конструирования системы канализации здания;

2 определить максимальные расчетные расходы на внутренней и внутриквартальной водоотводящей сети;

3 произвести гидравлически расчет системы от первого выпуска до первого колодца уличной водоотводящей сети;

4 ответить письменно на контрольные вопросы;

5 по результатам работы составить отчет.

Вопросы для закрепления:

1. Какие трубопроводы считаются безнапорными.
2. Перечислите гидравлические параметры потока.
3. Что такое наполнение трубопроводов.
4. Как можно изменить параметры потока.
- 5.

Лабораторное занятие 3. Испытание калорифера.

Цель: Определение величины сопротивления калорифера прохождению воздуха производится на установке.

Для подготовки к работе необходимо изучить соответствующие разделы следующих литературных источников

1. Кононова М.С. Теплогазоснабжение с основами теплотехники [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / М.С. Кононова, Ю.А. Воробьева. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 60 с. — 978-5-89040-497-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30850.html>

Для определения величины аэродинамического сопротивления калорифера достаточно знать величины полных давлений в сечении II перед калорифером и в сечении III после калорифера. Разность полных давлений в сечениях II и III будет искомой величиной:

$$P = P_{n,II} - P_{n,III}, \quad (3.1)$$

Величины полных давлений в сечениях II и III вычисляются как суммы статических и динамических давлений:

$$P_{n,II} = P_{ст,II} + P_{д,II}, P_{n,III} = P_{ст,III} + P_{д,III}. \quad (3.2)$$

Статические давления измеряются микроманометрами с пневмометрическими трубками в сечении II (диффузор) $P_{ст,II}$ и в сечении III (конфузор) $P_{ст,III}$.

Динамические давления определяются расчетным путём по выражениям:

$$P_{д,II} = \frac{v_{II}^2}{2} \cdot \rho_n; P_{д,III} = \frac{v_{III}^2}{2} \cdot \rho_k, \quad (3.3)$$

где: v_{II} - средняя скорость движения воздуха перед калорифером в сечении II, м/с;

v_{III} - средняя скорость движения воздуха после калорифера в сечении III, м/с;

ρ_n - плотность воздуха до калорифера при t_n , кг/м³;

ρ_k - плотность воздуха после калорифера при t_k , кг/м³.

Средние скорости движения воздуха до и после калорифера v_{II} и v_{III} определяются так:

$$v_{II} = \frac{L}{F_{II}}; v_{III} = \frac{L}{F_{III}}, \quad (3.4)$$

где: L - расход воздуха, прошедшего через калорифер, м³/с;

F_{II}, F_{III} - площади поперечных сечений диффузора в сечении II и конфузора в сечении III, м².

Расход воздуха:

$$L = v_I F_I, \quad (3.5)$$

где: v_I - средняя скорость воздуха в сечении I воздуховода, м/с;

F_I - площадь поперечного сечения воздуховода в сечении I, м².

Для определения средней скорости воздуха в сечении I измеряют динамические давления, разбивая его на ряд равновеликих площадок по известной методике. По полученному среднему по сечению динамическому давлению находят среднюю скорость:

$$v_I = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{д,сп.I}}{\rho}}.$$

1. Классификация калориферов.

2. Способы обвязки калориферов.
3. Приборы для определения скорости потока воздуха.
4. Потери давления в калорифере.
- 5.

Лабораторное занятие 4. Измерение параметров состояния влажного воздуха

Исследование процессов во влажном воздухе

Цель работы

Целью настоящей работы является изучение свойств влажного воздуха и определение влажности воздуха, а также определение температуры «точки росы».

Для подготовки к работе необходимо изучить соответствующие разделы следующих литературных источников:

1. Тихомиров К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция, 1974. §19.
2. Гусев В.Н. Теплоснабжение и вентиляция, 1975, §30.

Теоретические основы.

Температура и связанная с ней влажность воздуха помещений, а также температура внутренней поверхности наружных ограждений имеет большое санитарно-гигиеническое значение.

Для обеспечения нормальной терморегуляции человек должен отдавать тепло в окружающую среду. Тепло, отдаваемое телом человека, передается в окружающую среду: теплопроводностью, конвекцией, мочеиспусканием и через испарение влаги с поверхности тела. Любой из способов связан с температурой и влажностью окружающего воздуха. А температура на внутренних поверхностях ограждений должна обеспечивать невыпадение конденсата (росы) на поверхностях. Таким образом, для удовлетворения санитарно-гигиенических требований необходимо обеспечить температурный и влажностный режим бытовых и общественных помещений согласно нормативных требований при проектировании систем отопления, вентиляции и установок кондиционирования воздуха.

Рассмотрим свойства воздуха.

Окружающий нас атмосферный воздух является смесью газов. Он практически всегда бывает влажным. Водяные пары могут находиться в воздухе как в перегретом, так и в насыщенном состоянии. Сухая часть воздуха обычно содержит 78% азота (по объему), около 21% кислорода и небольшое количество других газов. Содержание водяных паров в атмосферном воздухе определяется в основном его температурой. В большинстве случаев водяной пар в воздухе находится в перегретом состоянии, и такая пароводяная смесь может быть отнесена к идеальным газам подчиняющихся закону Дальтона: давление влажного воздуха (барометрическое давление для нашего случая) равно сумме парциальных давлений сухого воздуха и пара.

$$P_0 = P_{c..в} + P_{п} \quad (4.1)$$

Если температура влажного воздуха t больше температуры насыщенного воздуха t_s , соответствующей парциальному давлению пара, то пар в таком воздухе не насыщает пространство и является перегретым, такая смесь сухого воздуха с перегретым паром называется насыщенным воздухом. Если понижать температуру насыщенного воздуха, то может наступить такой момент, когда температура пара $t_{п}$, равная температуре влажного воздуха t окажется равной также и температуре насыщения $t_{п} = t = t_s$, а $P_{п} = P_s$. В этом случае пар во влажном воздухе оказывается сухим насыщенным. При дальнейшем охлаждении влажного воздуха пар начинает конденсироваться, т.е будет наблюдаться образование тумана (выпадения росы).

Температура, равная температуре насыщения при парциальном давлении пара во влажном воздухе, называется температурой точки росы.

Основными характеристиками влажного воздуха являются следующие:

1. Относительная влажность воздуха ϕ , которая определяет степень насыщения воздуха водяным паром:

$$\varphi = \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{с}}} = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{с}}} \quad (4.2)$$

$\rho_{\text{п}}, \rho_{\text{с}}$ - плотность пара соответственно ненасыщенного и насыщенного воздуха при одной и той же температуре.

$P_{\text{п}}, P_{\text{с}}$ - парциальные давления пара в ненасыщенном и насыщенном воздухе при одной и той же температуре.

Для насыщенного воздуха $\varphi = 1$ и 100%, а для ненасыщенного влажного воздуха $\varphi < 1$.

Относительную влажность определяют с помощью прибора, называемого психрометром. Психрометр состоит из двух термометров, один из которых обернут батистовой тканью для постоянного смачивания резервуара термометра водой. С поверхности резервуара термометра постоянно происходит испарение влаги. Интенсивность испарения зависит от влажности и температуры окружающего воздуха: чем меньше насыщен влагой воздух, тем интенсивнее испарение «мокрого» термометра и ниже его показания, так как на испарение расходуется тепло. По показаниям сухого и «мокрого» термометров с помощью *I-d*- диаграммы можно определить относительную влажность воздуха.

2. Абсолютная влажность D , которая определяет массу водяного пара содержащегося в 1 м³ влажного воздуха. Однако, чаще используют для характеристики воздуха понятие влагосодержания.

3. Влагосодержание воздуха d – есть отношение массы водяного пара (в граммах) к единице массы сухого воздуха

$$d = \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{с.в}}} \cdot 1000 \frac{\text{г}}{\text{кг с.в.}} \quad (4.3)$$

Выразив массы пара и сухого воздуха через их молекулярные массы, парциальные давления и относительную влажность получим:

$$d = \frac{\mu_{\text{п}} P_{\text{п}}}{\mu_{\text{с.в}} P_{\text{с.в}}} \cdot 1000 = \frac{18,016 P_{\text{п}}}{28,95 P_{\text{св}}} \cdot 1000 = 622 \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{с}} - P_{\text{п}}} \quad (4.4)$$

$$\text{или } d = 622 \frac{\varphi \cdot P_{\text{с}}}{P_{\text{с}} - \varphi \cdot P_{\text{с}}} \quad (4.5)$$

4. Теплосодержание влажного воздуха (энтальпия) I – есть количество тепла, содержащееся во влажном воздухе отнесенное к единице массы сухого воздуха. Энтальпия влажного воздуха равна сумме энтальпий сухого воздуха и водяного пара, Дж/кг.с.в.

$$I = I_{\text{с.в.}} + I_{\text{п}}$$

$$I = 1,0005t + (2500 + 1,8t) \frac{d}{1000} \quad (4.6)$$

На основе уравнений 4,5 и 6 проф. Л.К.Рамзиным в 1918 году была составлена *I-d*- диаграмма, широко используемая для расчетов связанных с изменением состояния влажного воздуха. Диаграмма имеется в указанных ранее литературных источниках, а также имеется на лабораторном стенде. Фрагменты диаграммы приведены на рисунках ниже.

Она построена (для лучшего использования площади диаграммы) в косоугольной системе координат.

По оси ординат отложены значения энтальпии I , по оси абсцисс, направленной под углом 135° к оси I , отложены значения влагосодержания d (рис.1). Для удобства значения влагосодержаний спроектировано на горизонтальную ось.

Поле диаграммы разбито линиями постоянных энтальпий $I = const$ и влагосодержаний $d = const$. На него также нанесены линии постоянных значений температуры $t = const$ и значений относительной влажности $\varphi = const$. В нижней части диаграммы расположена линия имеющая самостоятельную ось ординат. Она связывает в соответствии с выражением (4) влагосодержание d , с парциальным давлением пара. Ось ординат этого графика является шкала парциального давления водяного пара $P_{\text{п}}$.

Поле $I-d$ -диаграммы разделено линией $\varphi = 100\%$ на две части. Выше этой линии расположена область ненасыщенного воздуха. Линия $\varphi = 100\%$ соответствует состоянию воздуха, насыщенного водяными парами. Ниже этой линии – область перенасыщенного воздуха (область тумана).

Каждая точка в поле диаграммы соответствует определенному тепловлажностному состоянию воздуха. Положение точки определенному тепловлажностному состоянию воздуха. Положение точки определены по

$I-d$ -диаграмме, как производные. Кроме того, можно определить температуру «точки росы» t_p и температура мокрого термометра t_m .

Температурой точки росы называется наименьшая температура до которой можно охладить воздух при сохранении его влагосодержания постоянным. Для получения этой температуры нужно на $I-d$ -диаграмме (рис.2) от точки (А) соответствующей данному состоянию воздуха (например t и φ) опуститься по линии $d = const$ до пересечения с линией $\varphi = 100\%$ (точка В)

Проходящая через точку пересечения (В) линия $t = const$ будет соответствовать значению t_p .

Температура мокрого термометра равна температуре насыщенного водными парами воздуха при данной энтальпии. На $I-d$ -диаграмме температура t_m соответствует линия $t = const$ проходящая через точку пересечения линии $I = const$ заданного состояния (А) с линией $\varphi = 100\%$. Точка (С) будет соответствовать значению t_m .

Задание

В настоящей работе по показаниям сухого и мокрого термометров t и t_m необходимо определить относительную влажность воздуха в лаборатории, его влагосодержание, энтальпию и температуру точки росы t_p , используя при этом $I-d$ -диаграмму.

Для определения на диаграмме точки (А), характеризующее свойства влажного воздуха необходимо:

1) нанести на диаграмму точку (С) соответствующую значению t_m ; для этого найдем линию $t = const$, где $t = t_m$; пересечение изотермы с линией $\varphi = 100\%$ дает искомую точку (С).

(Рис.2)

2) состояние в $I = const$, исходящей из точки (С), с изотермой $t = const$, где t берется по показанию сухого термометра.

Для определения t_p находим точку (В). Она лежит на пересечении линий $d = const$, исходящей из точки (А), и линии $\varphi = 100\%$. Изотерма $t = const$, проходящая через точку (В) даст нам значение t_p .

После определения всех параметров сделать выводы.

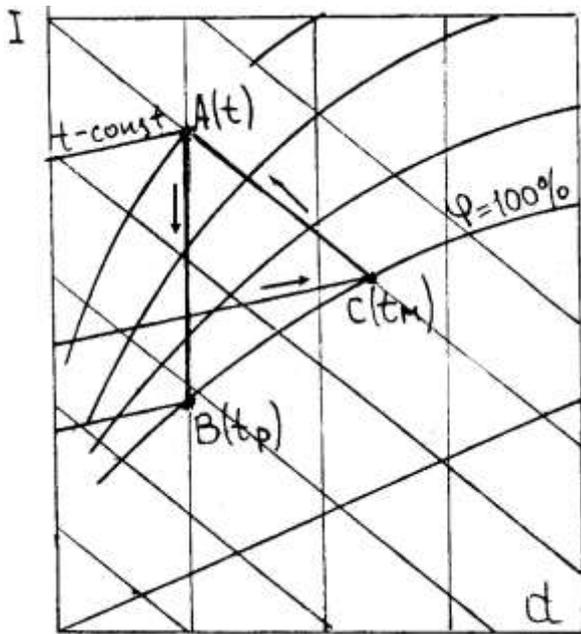


Рис. 2 Процесс обработки $I-d$ -диаграммы

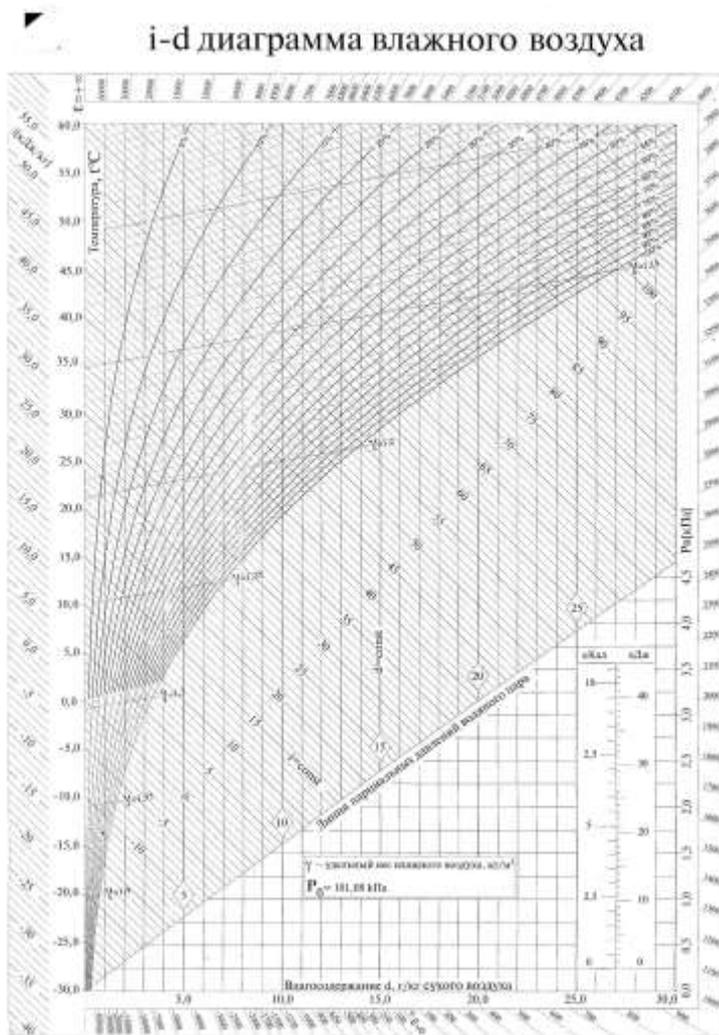


Рис 1. $I-d$ -диаграмма влажного воздуха

Вопросы для закрепления:

1. Параметры состояния влажного воздуха.
2. Приборы для определения параметров воздуха.
3. Способы определения параметров воздуха.
4. Опишите приборы для определения состояния влажного воздуха.
5. Испарение воды в адиабатных условиях происходит во влажный воздух с параметрами $t=70$ оС, $\varphi=10$ % и давлением, близким к атмосферному. Определить влажгосодержание воздуха в конце процесса испарения, если его температура понизилась до 40оС.
6. Влажный воздух с параметрами $t = 20$ оС, $\varphi = 60$ % и давлением, близким к атмосферному, нагревается до 60 оС. Определить количество тепла, затраченного на нагревание 1 кг воздуха.
7. В сушильную камеру поступает воздух, который первоначально подогревают от 10 до 80 оС при $d = 6$ г/кг. В сушильной камере окончательная влажность воздуха 100 %. Сколько влаги примет каждый килограмм воздуха в процессе сушки?

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Информационные ресурсы, предоставляемые научной библиотекой ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» доступны по ссылке <http://library.chuvsu.ru/>

1. Рекомендуемая основная литература

№	Название
1.	Кононова М.С. Теплогазоснабжение с основами теплотехники [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / М.С. Кононова, Ю.А. Воробьева. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 60 с. — 978-5-89040-497-8. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30850.html
2.	Жерлыкина М.Н. Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Н. Жерлыкина, С.А. Яременко. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 162 с. — 978-5-89040-459-6. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22669.html
3.	Лямаев Б.Ф. Системы водоснабжения и водоотведения зданий [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.Ф. Лямаев, В.И. Кириленко, В.А. Нелюбов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Политехника, 2016. — 305 с. — 978-5-7325-1091-1. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/59999.html

2. Рекомендуемая дополнительная литература

№	Название
1.	Лушин К.И. Теплогазоснабжение и вентиляция. Конструирование и расчет инженерных систем многоквартирных жилых зданий [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие к практическим занятиям и выполнению курсовой работы/проекта / К.И. Лушин, Н.Ю. Плющенко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2018. — 85 с. — 978-5-7264-1844-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/76898.html
2.	Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов 2-4 курсов бакалавриата направлений 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 07.03.04 «Градостроительство», 08.03.01 «Строительство» и магистрантов направлений 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 07.04.04 «Градостроительство», 08.04.01 «Строительство» всех форм обучения / . — Электрон. тексто-

	вые данные. — Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 89 с. — 978-5-7731-0515-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/72948.html
3.	Обеспечение параметров микроклимата в помещениях зданий [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям / . — Электрон. текстовые данные. — Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 44 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/16028.html
5.	СП 73.13330.2016 (СНиП 3.05.01-85) Внутренние санитарно-технические системы зданий Профессиональная справочная система «Техэксперт»
7.	СП 30.13330.2012 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная версия СНиП 2.04.01-85 Профессиональная справочная система «Техэксперт»
8.	СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99* Профессиональная справочная система «Техэксперт»
9.	1. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. Профессиональная справочная система «Техэксперт»

3. Программное обеспечение, профессиональные базы данных, интернет-ресурсы.

№	Перечень
1.	Пакет офисных программ Microsoft Office
2.	Пакет офисных программ OpenOffice
3.	Операционная система Windows
4.	Autodesk, Autocad, Revit, Autodesk 3ds Max
5.	Профессиональная справочная система «Техэксперт»
1.	Научная библиотека ЧувГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://library.chuvsu.ru
2.	Электронно-библиотечная система IPRBooks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru
3.	Электронная библиотечная система «Юрайт»: электронная библиотека для вузов и ссузов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.biblio-online.ru
4.	ЭБС «Издательство «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/
1.	Минстрой России http://www.minstroyrf.ru/docs/
2.	Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Чувашской Республики http://minstroy.cap.ru/about
3.	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) www.gost.ru
4.	Образовательное сообщество Autodesk http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/pc/index?siteID=871736&id=18409945
5.	Единое окно к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru
6.	Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rsl.ru
7.	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nlr.ru
8.	Научная электронная библиотека «Киберленинка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cyberleninka.ru
9.	Сайт для проектировщиков www.dwg.ru

Приложение А

Таблица А.1 – Расчетная температура и кратность обмена воздуха в помещениях квартирных домов и общежитий.

Помещения	Расчетная температура воздуха, °С		Объем и кратность воздухообмена в 1 ч
		приток	вытяжка
Жилая комната квартиры и общежития	18(20)	-	3 м ³ /ч на 1 м ² площади комнаты
То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) -31 °С и ниже	20(22)	-	То же
Кухня в квартирах и общежитиях	18	-	2:60 м ³ /ч
Сушильный шкаф для одежды и обуви в квартирах	-	-	30 м ³ /ч
Ванная	25	-	25 м ³ /ч
Уборная индивидуальная	18	-	25 м ³ /ч
Совмещенное помещение уборной и ванной	25	-	50 м ³ /ч
То же, с индивидуальным нагревателем	18	-	50 м ³ /ч
Умывальная общая	18	-	0,5
Душевая общая	25		5
Уборная общая	16		50 м ³ /ч на 1 унитаз и 25 м ³ /ч на 1 писсуар
Вестибюль. Общий коридор. Лестничная клетка в квартирном доме	16		-
То же, в общежитии	18	-	1
Помещение для культурно-массовых мероприятий и отдыха, учебных и спортивных занятий. Помещения для администрации и персонала.	18		1
Постирочная	15	По расчету, но не менее 4	7
Гладильная, сушильная в общежитии	15	По расчету, но не менее 2	3
Кладовая для хранения личных вещей, спортивного инвентаря, хозяйственные бельевые в общежитиях	12		0,5
Машинное помещение лифтов	5	-	По расчету, но не менее 0,5 1-через ствол мусоропровода

Примечания: 1) В угловых помещениях квартир и общежитий расчетная температура воздуха должна быть на 2 °С выше указанной в таблице. 2) В лестничных клетках домов для IV климатического района и ШБ климатического подрайона, домов с квартирным отоплением температура не нормируется. 3) Значения в скобках относятся к домам для престарелых и семей с инвалидами.

Таблица А2 – Расчетная температура и кратность обмена воздуха в помещениях административных организаций

Помещения	Расчетная t°-ра воздуха, °С	Объем или кратность воздухообмена в 1 ч		Дополнительные указания
		приток и вытяжка		
Буфеты	16	По расчету - согласно заданию на проектирование, но не менее 3-кратного воздухообмена помещения		
Вестибюли	16	2	-	-
Гардеробные (объем за барьером)	16	-	2	-
Курительные	18	В объеме воздуха, удаляемого из помещения проектных залов и комнат, служебных помещений, но не менее 10-кратного воздухообмена помещения проект		
Санитарные узлы	16	-	100 м ³ /ч на 1 унитаз или писсуар	-
Умывальные	16	Удаление воздуха из санитарных узлов		
Комнаты личной гигиены женщин	23	-	5	-
Помещения обслуживающего персонала	18	2	3	
<i>Ремонтные мастерские:</i>				
столярные	16	3	4	Местные отсосы от верстака, где производится пайка, от клееварки - по заданию на проектирование
механические	16	2	3	
Кладовые инвентаря, оборудования, бумаги и канцелярских принадлежностей	16		1	
Кладовая для химикатов (для копировально-множительных служб)	16		5	Обеспечивается самостоятельной системой вытяжной вентиляции
Кладовые уборочного инвентаря и помещения сбора и переработки макулатуры	16		1,5	

Примечание: 1) Объемы воздуха, удаляемого местными отсосами, следует компенсировать притоком воздуха, учитывая коэффициенты одновременности работы оборудования. В помещениях, где устанавливаются местные отсосы, кратности обмена воздуха относятся к общеобменной вентиляции. 2) В 1А климатическом подрайоне в помещениях с постоянным пребыванием людей расчетную внутреннюю температуру воздуха в холодный период года следует увеличивать на 2°.

Таблица А3 – Расчётная температура и кратность обмена воздуха в помещениях культурно-зрелищных учреждений

Помещения	Расчетная температура воздуха в холодный период года, °С	Объем или кратность воздухообмена в 1 ч		Дополнительные указания
		приток	вытяжка	
Кассовый и входной вестибюли	12	2		При объединении кассового вестибюля с входным, а входного с распределительным расчетную температуру следует при-
Распределительный вестибюль				
Фойе и кулуары	18	По	расчёту	Для кинотеатров ¹ 14°С
Буфет (с подсобными помещениями)	18	-	5	-
Курительная	16	Через смежные помещения	10 (вытяжка из двух зон: верхней-2/3, нижней-1/3 расчетного обмена)	Для кинотеатров ¹ 14°С
Санитарные узлы	16	То же	100 м ³ /ч на 1 унитаз или 1 писсуар	Для кинотеатров ¹ 15°С
Комната для переодевания, помещения для отдыха обслуживающего персонала, комната художника, радиомастера, помещение макетной	18	2	3	
Детская комната	20	1,5	1,5	
Гардеробная, подсобные помещения при выставочном зале, кладовые материалов живописно-декорационной мастерской	16		2	
Кабины кассиров и дежурных администраторов	18	3		

Помещения	Расчетная температура воздуха в холодный период	Объем или кратность воздухообмена в 1 ч		Дополнительные указания
		приток	вытяжка	
Помещение распространения билетов	18	1,5	1,5	-
Зрительный зал вместимостью 800 мест и более с эстрадой, вместимостью 600 мест и более со сценой в кинотеатрах ¹ , клубах и театрах	16	По расчету, но не менее 20 м ³ /ч наружного воздуха на 1 зрителя		В теплый период года не выше 25°С (для кинотеатров ¹ не выше 26°С)
<i>Зрительный зал вместимостью до 800 мест с эстрадой, вместимостью до 600 мест со сценой:</i>				
в кинотеатрах ¹	16	То же		В теплый период года: не более чем на 3°С выше наружной температуры по параметрам А (для IV строительноклиматического района для залов вместимостью 200 мест и более - по аналогии со зрительным залом на 600 мест и более)
в клубах и театрах	20			
Сцена, арьерсцена, карман	22	-		-
Трюм	16		5	Вытяжка периодического действия
Кабины дикторов, переводчиков, студии звукозаписи, выставочный зал (музей)	18	3	3	-
<i>Санитарные узлы:</i>				
уборные	16		50 м ³ /ч на 1 унитаз или 1 писсуар	
душевые	25	-	25 м ³ /ч на 1 кабину	-
Комнаты личной гигиены женщин	23	-	5	-

Помещения	Расчетная температура воздуха в холодный период года, °С	Объем или кратность воздухообмена		Дополнительные указания
		приток	вытяжка	
Кабинет врача	20	2	2	Местный отсос по технологическому зданию
<i>Художественно-производственные мастерские:</i>				
декорационная	18	2	3	То же, от клееварок по технологическому зданию
столярная	16	3	3	
Пошивочная, трикотажная	18	1	2	То же, от технологического оборудования
Слесарно-механическая, ремонтно-подделочная, обувная, фотолаборатория	16	2	3	То же, от верстака для пайки, точильных аппаратов и другого технологического оборудования
Склады декораций, мебели, костюмов, лесоматериалов	15	-	1	-
Построчная, красильная	16	5	6	
Машинный зал отопительно-вентиляционного оборудования	15	2	3	~
Помещения щелочной, аккумуляторной и хранения электролита	15	2	3	
Холодильная станция	15	3	5	-
Помещения кислотной, аккумуляторной	15	8	10	
Звукоаппаратная, аппаратная звукорежиссера, световая аппаратная, перемоточная	18	2	2	
Тиристорная	18	По расчету, но не менее 3		Организация воздухообмена по технологическому заданию
Кинопроекционная ² , световая проекционная	18	3	3	Местные отсосы от проекторов с ксеноновыми лампами мощностью 1 кВт - 300 м ³ /ч, 3 кВт - 600 м ³ /ч, 5 кВт - 800 м ³ /ч, 10 кВт - 1200 м ³ /ч

Помещения	Расчетная температура воздуха в холодный период года, °С	Объем или кратность воздухообмена в 1 ч		Дополнительные указания
		приток	вытяжка	
Агрегатная охлаждения кинопроекторов, насосная пожарного хозяйства, щитовая	15		2	-
Комната киномеханика и радиоузел, книгохранилище	18	-	2	-
Щитовая электроприводов	15	По расчету		-
Артистические уборные ²	20	2	3	С учетом вытяжки из душевых и санузлов
Дежурные костюмерные	18	-	1,5	
Дежурные гримерно-парикмахерские	20	3	5	-
Помещения для занятия музыкантов	18	2	2	-
Помещения для отдыха музыкантов, рабочих сцены	18	3	4	-
Репетиционные залы	18	3, но не менее 60 м ³ /ч наружного воздуха на 1 занимающегося	3	
Помещения для административно-хозяйственного персонала, комнаты общественных организаций	18	2	1,5	
Аппаратные технологической связи, звукозаписи, АТС	18	2	2	-
Кладовые, материальный склад	16	-	1	-
Гостиная	18	-	3	-
Помещения для игровых автоматов, настольных игр, бильярдная	16	3	5	-

Помещения	Расчетная температура воздуха в холодный период года, °С	Объем или кратность воздухообмена в 1 ч		Дополнительные указания
		приток	вытяжка	
Танцевальный зал, зал для занятий физкультурой	16	По расчету, но не менее 20 м ³ /ч наруж-		
Зимний сад	16	1	-	-
Аудитория	18	По расчету, но не менее 20 м ³ /ч		
Методический кабинет	18	1	-	-
Читальный зал	18	3	2	-

Таблица А4 – Расчётная температура и кратность обмена воздуха в помещениях детских дошкольных учреждений

Помещения	Расчетная температура воздуха, °С			Объем или кратность воздухообмена в 1ч			
	в климатических районах и подрайонах						
	I А, I Б, I Г	II, III, IV, I Д	IV	I А, I Б, I Г		во всех кроме I А, I Б, I Г	
приток				вытяжка	приток	вытяжка	
Игральная, приемная младшей ясельной группы	24	23	22	2,5	1,5	-	1,5
Групповая, раздевальная 2-й группы раннего возраста и 1-й младшей группы	23	22	21	2,5	1,5		1,5
<i>Групповая, раздевальная:</i>							
2-й младшей группы	22	21	20	2,5	1,5	-	1,5
средней и старшей группы	21	20	19	2,5	1,5	-	1,5
<i>Спальни:</i>							
ясельных групп	22	21	20	2,5	1,5	-	1,5
дошкольных групп	20	19	18	2,5	1,5	-	1,5
<i>Туалетные:</i>							
ясельных групп	3	22	21	-	1,5	-	1,5
дошкольных групп	21	20	19	-	1,5	-	1,5
Залы для музыкальных и гимнастических занятий	20	19	18	2,5	1,5	-	1,5
Буфетные	16	16	16	-	1,5	-	1,5
Прогулочные веранды	12			По расчету, но не менее 20 м ³ /ч на 1 ребенка			
Помещение бассейна для обучения детей плаванию	30	30	30	По расчету, но не менее 50 м ³ /ч на 1 ребенка			По расчету но не менее 50 м ³ /ч на ребенка
Медицинские помещения	23	22	21	2,5	1,5	-	1
Служебно-бытовые помещения	20	18	17	1,5	1	-	1
Кухня	15	15	15	По расчету		-	По расчету
Стиральная	18	18	18	5		5	5
Гладильная	16	16	16	5	5	5	5
Физиотерапевтический кабинет, кабинет массажа	28	28	-	2,5	1,5	-	1,5

Примечания: 1) В IА, IБ и IГ климатических подрайонах приток воздуха в помещения следует предусматривать механическими вентиляционными установками. 2) В помещениях стиральной гладильной стоит организовывать механический приток и вытяжку воздуха. 3) В туалетах дошкольных групп вытяжку воздуха следует предусматривать из уборной. 4) В туалетах детской группы, проектируемой без естественного освещения, вытяжка должна быть не менее 3 объемов в 1 ч.

Таблица А5 – Расчетная температура и кратность воздухообмена в помещениях школ и училищ

Помещения	Расчетная температура воздуха °С, в климатических районах и			Объем или кратность воздухообмена в 1 ч	
	1 А, 1 Б, 1Г	II, III, IV, 1Д	IV	приток	вытяжка
Классы, кабинеты, лаборатории	21	18	17	16 м ³ /ч на 1 чел.	
Учебные мастерские	17	15	15	20 м ³ /ч на 1 чел.	
Спортивный зал, студия хариографии	17	15	15	80 м ³ /ч на 1 чел.	
Спальные комнаты	18	16	16	-	1,5
Актный зал - киноаудитория и кабинет технических средств	20	18	16	20 м ³ /ч на 1 чел.	
Рекреационные помещения	18	16	16	-	-
Учительская, кружки	21	18	17	-	1,5
Библиотека, кабинеты администрации, комнаты общественных организаций	21	18	17	-	1
Кабинет врача (медицинская комната)	23	22	21	-	1,5
Раздевальные при спортивном зале	22	20	19	-	1,5
Душевые	25	25	25	-	5
Раздевальные при душевых	23	22	20	В объеме вытяжки из душевых	
Уборные	21	18	17	50 м ³ /ч на 1 унитаз. 25 м ³ /ч на 1 писсуар	
Умывальные в отдельном помещении	23	22	20	-	1
Комнаты для чистки одежды и обуви	20	18	17	-	3
Гардеробные и кладовые одежды и обуви	19	16	16	-	1,5
Вестибюль	19	16	16	-	-
<i>Столовая:</i>					
горячий цех	5	5	5	По расчету (в нерабочее время)	
цехи холодный, доготовочный, мясной, рыбный, овощной	16	16	16	3	4
мойка столовой и кухонной посуды	20	20	20	4	6
кладовая овощей	5	5	5	-	2
кладовая сухих продуктов	12	12	12	-	2
загрузочно-тарная	16	16	16	-	-
обеденный зал	16	16	16	Не менее 20 м ³ /ч на 1 посадочное место	
Киноаппаратная	16	16	16	По объему вытяжки от кинопроекторов	
Фотолаборатория, кинофотолаборатория, технический центр	18	18	18	-	2
Уголок живой природы	20	-	-	-	5

Таблица А6 – Расчетная температура и кратность обмена воздуха в помещениях лечебных учреждений

Помещения	Температура, °С	Объем или кратность воздухообмена в 1 ч	
		приток	вытяжка
Палаты для взрослых больных, для матерей детских отделений, палаты для туберкулезных	20		
Палаты для больных гипотиреозом	24	80 м ³ /ч на 1 койку	
Палаты для больных тиреотоксикозом	15		
Манипуляционные-туалетные для новорожденных	25	1.5	2
Послеоперационные палаты, реанимационные залы, палаты интенсивной терапии, родовые, родовые боксы, операционные- диализационные, наркозные палаты на 1-2 койки для Ожеговых больных	22	По расчету, но не менее 10	
Послеродовые палаты	22	80 м ³ /ч на 1 койку	
Палаты на 3-4 койки для Ожеговых больных, палаты для детей	22		
Палаты для недоношенных, травмированных, грудных и новорожденных детей	25	По расчету, но не менее 80 м ³ /ч на 1 койку	
Боксы и полубоксы, фильтр-боксы, предбоксы, палатные секции инфекционного отделения	22	2,5 (подача воздуха в коридор)	2,5
Предродовые, фильтры, приемно-смотровые боксы, смотровые, перевязочные манипуляционные, предоперационные, процедурные, кабинеты для кормления детей в возрасте до 1 года	22	1,5	2
Кабинеты врачей, комнаты персонала, комнаты отдыха для больных, пользующихся процедурами водолечения и грязелечения, кабинеты иглотерапии, кабинеты аудиометрии и антропометрии	20	1	1
Кабинеты ангиографии, процедурные и кабинеты для раздевания при рентгено-диагностических кабинетах, процедурные и раздевальные флюорографических кабинетов, кабинеты электролечения, массажные	20	3	4
Процедурные для рентгеновских снимков зубов, моечные лабораторной посуды патологоанатомистических отделений,	18	3	4

Помещения	Температура, °С	Объем или кратность воздухообмена в I ч	
		приток	вытяжка
Стерилизационные при операционных, лаборатории и помещения для производства анализов, кабинеты радиотелеметрических, эндокринологических и других исследований, помещения для приема, сортировки и взятия проб для лабораторных анализов, монтажные и моечные кабинетов искусственной почки и помещений для аппарата искусственного кровообращения,	18	1	3
Залы лечебной физкультуры	18	50 м ³ /ч на 1 занимающегося в зале	
Кабинеты функциональной диагностики, помещения, для ректо- романоскопии	22	1	3
Помещения	Температура, °С	Объем или кратность воздухообмена в I ч	
		приток	вытяжка
Кабинеты лечебной физической культуры, механотерапии, зубоврачебные кабинеты, комнаты зондирования, помещения для дегельминтизации	20	2	3
Помещения (комнаты) для санитарной обработки больных, душевые, кабины личной гигиены, помещения для субаквальных, сероводородных и др. ванн (кроме радоновых), помещения подогрева парафина и озокерита, лечебн. плавательные бассейны	25	3	5
Помещения для хранения гипсовых бинтов и гипса, центральные бельевые, кладовые инфицированного белья и постельных принадлежностей, кладовые хозяйственного инвентаря, кладовые реактивов и аппаратуры в патолого-анатомических отделениях и др.	16		1
Помещения стерилизационных	16	По расчету	
Помещения для мытья, стерилизации и хранения суден и горшков, мытья сушки клеенок, сортировки и временного хранения грязного белья и твердых отходов	16		5
Регистратуры, справочные, вестибюли, гардеробные, буфетные, столовые для больных, кладовые вещей и одежды больных, пользующихся парком	18		1

Помещения	Температура, °С	Объем или кратность воздухообмена в 1 ч	
		приток	вытяжка
Помещения для мытья, стерилизации столовой и кухонной посуды при буфетных и столовых палатных отделений, парикмахерские для обслуживания больных, муляжные	18	2	3
Хранилища радиоактивных веществ, фасовочные и моечные радиологических отделений, моечные в лабораториях Процедурные в кабинетах для статической и подвижной телегамматерапии; кабинеты: аэроионолечения, теплолечения, помещения приготовления растворов для радоновых ванн, кабинеты лечения ультразвуком	18	5	6
	20	4	5
Раздевальные и кабины для раздевания в отделениях водолечения	23	Приток по балансу вытяжки из залов с ваннами и грязевых процедур	
Помещения для хранения трупов	2		3
Помещения радоновых ванн, грязелечебные залы, душевой зал с кафедрой, кабинеты грязелечения для гинекологических процедур	25	4	5
Помещения для хранения и регенерации грязи	12	2	10
Помещения одевания и выдачи трупов, помещения хранения хлорной извести	14		3
<i>Помещения дезинфекционных камер:</i>			
приемные	16	Из чистого отделения	3
грязные отделения			
разгрузочные (чистые) отделения	16	5	Через грязное отделение
Шлюзы при сероводородных ваннах	25	3	4
Кабинеты для раздевания при сероводородных ваннах	25	3	4
Помещения приготовления растворов сероводородных ванн и хранения реактивов	20	5	6
Помещения для мойки и сушки простыней, холстов, брезентов, грязевые кухни	16	6	10
Ингаляторный (процедурные)	20	8	10
Секционные	16	1	4
Шлюзы перед палатами для новорожденных	20	2	1
Помещения выписки родильниц и облучения детей кварцевой лампой	22	1	1
Уборные и умывальные	20		50 м ³ /ч на 1 унитаз и 20 м ³ /ч на 1 писсуар