

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям
по дисциплине

Основы обеспечения микроклимата зданий (включая теплофизику зданий)

для студентов, обучающихся по направлению подготовки
08.03.01 – Строительство
Профиль – «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Практическое занятие №1

Расчет теплопроводности в плоских стенках.

Цель: Изучить основные закономерности кондуктивного теплообмена и научиться их применять для расчетов в практических случаях.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

Знать: основные сведения об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии (ОПК-3)

Уметь: выбирать метод или методику решения задачи профессиональной деятельности (ОПК-3)

Владеть: навыком решения задачи профессиональной деятельности (ОПК-3)

Актуальность темы

Знание процессов теплопроводности необходимо для расчета теплозащитных свойств ограждающих конструкций, грамотного проектирования инженерных систем обеспечения микроклимата зданий и сооружений.

1.1. Теоретическая часть

Плотность теплового потока, проходящего через тело, прямо пропорциональна градиенту температуры внутри этого тела (закон Фурье).

$$\vec{q} = -\lambda \cdot \overrightarrow{\text{grad } t}, \quad (1.1)$$

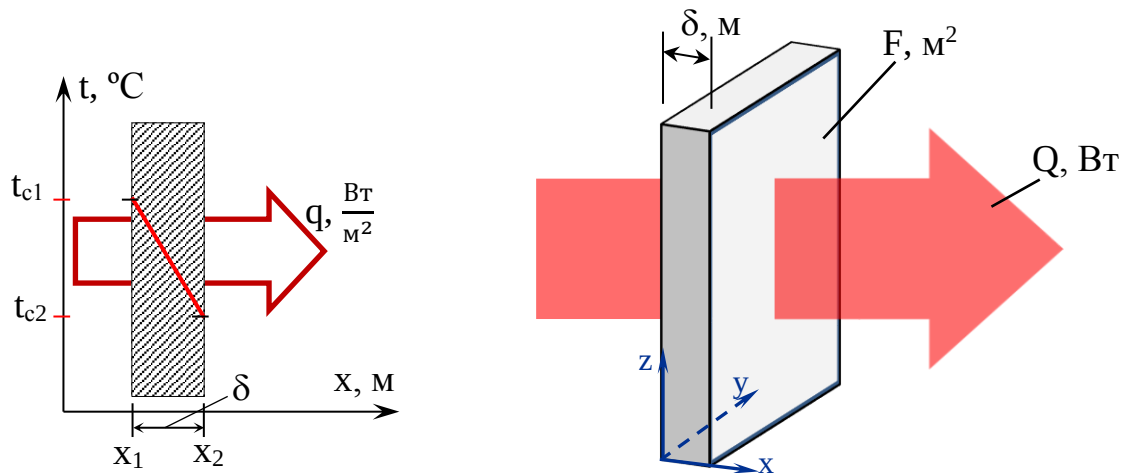
где q – удельный тепловой поток (плотность теплового потока), $Вт/м^2$; $\text{grad } t$ – градиент температуры, характеризующий напряженность температурного поля в теле, $^{\circ}C/м$.

В практических инженерных расчетах используются уравнения в интегральном виде.

Для случая теплопроводности в плоской стенке, уравнение имеет следующий интегральный вид:

$$q = \lambda \cdot \frac{\Delta t}{\delta}, \left(\frac{Вт}{м^2} \right) \quad (1.2)$$

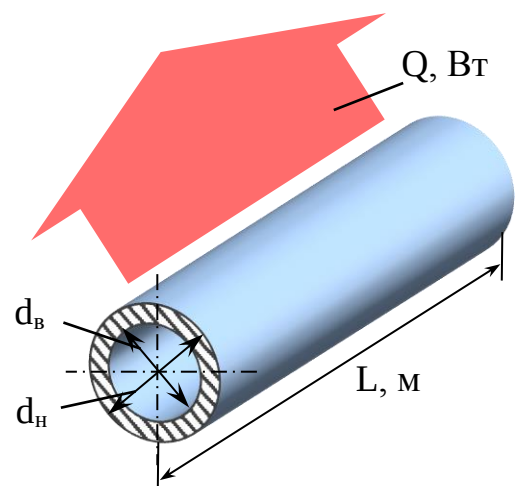
где $\Delta t = (t_{c1} - t_{c2})$ – разность температур между поверхностями стенки, °C;
 $\delta = (x_2 - x_1)$ – толщина плоской стенки, м.



Для случая теплопроводности в цилиндрической стенке, уравнение имеет следующий интегральный вид:

$$Q = \frac{\Delta t}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{d_n}{d_s}\right)} \cdot L, \quad (Bm) \quad (1.3)$$

где d_n и d_s – наружный и внутренний диаметры цилиндрической стенки, м;
 $\Delta t = (t_{c1} - t_{c2})$ – разность температур между внутренней и наружной поверхностью цилиндрической стенки, °C; L – длина цилиндра, м; Q – полный поток проходящий через стенку цилиндра длиной L , Вт.



Основные расчетные уравнения теплопроводности для плоских и цилиндрических стенок сведены в таблицу:

№ п/п	Плоская стенка	Цилиндрическая стенка
	Термическое сопротивление слоя	

	$R = \frac{\delta}{\lambda}, \left(\frac{m^2 K}{Bm} \right)$	$R = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \left(\frac{d_n}{d_e} \right), \left(\frac{m^\circ C}{Bm} \right)$
	Удельный тепловой поток $q = \frac{\Delta t}{R}, \left(\frac{Bm}{m^2} \right)$	$q = \frac{\Delta t}{R}, \left(\frac{Bm}{m} \right);$
	Полный тепловой поток $Q = q \cdot F, Bm$ где F – площадь стенки, м ²	$Q = q \cdot L, (Bm)$ где L – длинна трубы, м ²
	Для однослойной стенки $Q = \frac{\Delta t}{R} \cdot F, (Bm)$	$Q = \frac{\Delta t}{R} \cdot L (Bm).$
	Для многослойной стенки $Q = \frac{\Delta t}{\Sigma R} \cdot F, (Bm)$ где Δt – разность температур между крайними поверхностями многослойной плоской стенки, °C.	$Q = \frac{\Delta t}{\Sigma R} \cdot L (Bm).$ где Δt – разность температур между крайними поверхностями многослойной цилиндрической стенки, °C.

1.2. Вопросы и задания

Задачи по теплопроводности в плоской стенке

Задание 1.

Вычислить плотность теплового потока через плоскую однородную стенку, толщина которой значительно меньше ширины и высоты, если стенка выполнена: а) из стали [$\lambda = 40 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$]; б) из бетона [$\lambda = 1,1 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$]; в) из диатомитового кирпича [$\lambda = 0,11 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$]. Во всех трех случаях толщина стенки $\delta = 50 \text{ мм}$. Температуры на поверхностях стенки поддерживаются постоянными: $t_{c1} = 100^\circ\text{C}$ и $t_{c2} = 90^\circ\text{C}$.

Ответ. Для стальной стенки $q = 8000 \text{ Вт/м}^2$; для бетонной стенки $q = 220 \text{ Вт/м}^2$; для стенки из диатомитового кирпича $q = 22 \text{ Вт/м}^2$.

Задание 2.

Плотность теплового потока через плоскую стенку толщиной $\delta = 50$ мм $q = 70$ Вт/м². Определить разность температур на поверхностях стенки и численные значения градиента температуры в стенке, если она выполнена: а) из латуни [$\lambda = 70$ Вт/(м°С)]; б) из красного кирпича [$\lambda = 0,7$ Вт/(м°С)]; в) из пробки [$\lambda = 0,07$ Вт/(м°С)].

Ответ. Для латунной стенки $\Delta t = 0,05$ °С и $|\text{grad}t| = 1$ °С/м; для кирпичной стенки $\Delta t = 5$ °С и $|\text{grad}t| = 100$ °С/м; для пробковой стенки $\Delta t = 50$ °С и $|\text{grad}t| = 1000$ °С/м.

Задание 3.

Определить потерю теплоты Q , Вт, через стенку из красного кирпича длиной $l = 5$ м, высотой $h = 4$ м и толщиной $\delta = 0,25$ м, если температуры на поверхности стенки поддерживаются $t_{c1} = 110$ °С и $t_{c2} = 40$ °С. Коэффициент теплопроводности красного кирпича $\lambda = 0,7$ Вт/(м°С).

Ответ. Потери теплоты $Q = 3920$ Вт.

Задание 4.

Определить коэффициент теплопроводности материала стенки, если при толщине ее $\delta = 40$ мм и разности температур на поверхностях $\Delta t = 20$ °С плотность теплового потока $q = 145$ Вт/м².

Ответ. Коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,29$ Вт/(м°С).

Задание 5.

Плоскую поверхность необходимо изолировать так, чтобы потери теплоты с единицы поверхности в единицу времени не превышали 450 Вт/м². Температура поверхности под изоляцией $t_{c1} = 450$ °С, температура внешней поверхности изоляции $t_{c2} = 50$ °С. Определить толщину изоляции для двух случаев: а) изоляция выполнена из совелита, для которого

$$\lambda = 0,09 + 0,0000874 \cdot t ; \quad (1.4)$$

б) изоляция выполнена из асботермита, для которого

$$\lambda = 0,109 + 0,000146 \cdot t . \quad (1.5)$$

Задачи по теплопроводности в цилиндрической стенке

Задача №1:

Трубопровод теплотрассы имеет слой теплоизоляции с теплопроводностью $0,086 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$. Стальная труба с наружным диаметром 200 мм , имеет толщину стенки 7 мм , с коэффициентом теплопроводности $20 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$. Наружный диаметр слоя изоляции составляет 300 мм . Средняя температура воды и внутренней стенки трубопровода составляет 120°С , средняя температура наружной поверхности изоляции составляет 30°С . Определить теплотери трубопровода теплотрассы на участке длиной 1 км . Определить на сколько градусов снизится температура воды в трубопроводе на этом участке в результате теплотерь, если скорость воды в трубопроводе составляет $1,2 \text{ м/с}$.

Решение:

Уравнение Фурье для многослойных цилиндрических стенок

$$Q = \frac{\Delta t}{\sum R} L, \text{ Вт}$$

$$\sum R = R_{\text{тр}} + R_{\text{из}}$$

Определяем термические сопротивления слоев:

$$R_{\text{тр}} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{тр}}} \ln\left(\frac{d_{\text{тр}}^{\text{н}}}{d_{\text{тр}}^{\text{в}}}\right)$$

$$d_{\text{тр}}^{\text{в}} = d_{\text{тр}}^{\text{н}} - 2 \cdot \delta_{\text{тр}} = 200 - 2 \cdot 7 = 186 \text{ мм}$$

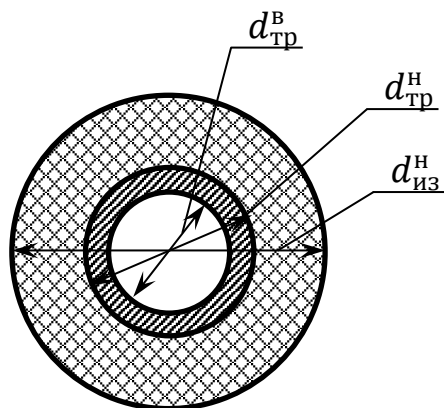
$$R_{\text{тр}} = \frac{1}{2\pi \cdot 20} \ln\left(\frac{200}{186}\right) = 0,578 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^2\text{С}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{из}} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{из}}} \ln\left(\frac{d_{\text{из}}^{\text{н}}}{d_{\text{из}}^{\text{в}}}\right)$$

$d_{\text{из}}^{\text{в}} = d_{\text{тр}}^{\text{н}} = 200 \text{ мм}$ – внутренний диаметр изоляции соответствует наружному диаметру трубы, на поверхность которой уложена эта изоляция.

$$R_{\text{из}} = \frac{1}{2\pi \cdot 0,086} \ln\left(\frac{300}{200}\right) = 0,751 \frac{\text{м}^2\text{С}}{\text{Вт}}$$

Определяем теплотери трубопровода на участке длиной 1 км



$$Q = \frac{120 - 30}{0,578 \cdot 10^{-3} + 0,751} \cdot 1000 = 120 \cdot 10^3 \text{ Вт (120 кВт)}$$

Снижение температуры при остывании воды можно определить с помощью значения теплоемкости. При средней температуре воды 75 °С теплоемкость составляет $4,191 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$.

Т.о. тепловой поток при остывании воды определяется как произведение теплоемкости на массовый расход и разность температур воды (снижение температуры при остывании).

$$Q = c_v \cdot G \cdot \Delta t, \text{ Вт} \quad (1.6)$$

$$\left[\text{Вт} = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{с}} \cdot ^\circ\text{С} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \right]$$

При известном внутреннем диаметре и скорости воды можно определить объемный расход воды в трубопроводе

$$V = w \cdot f, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

где f – площадь сечения потока воды

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \text{ м}^2$$

$$V = w \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 1,2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,186^2}{4} = 0,0326 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Зная плотность воды можно объемный расход перевести в массовый расход. Плотность воды при средней температуре воды 75 °С составляет $975 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

$$G = V \cdot \rho = 0,0326 \cdot 975 = 31,8 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Тогда по формуле (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) снижение температуры воды Δt в трубопроводе при ее остывании за счет тепловых потерь Q составит

$$\Delta t = \frac{Q}{c_v \cdot G} = \frac{120 \cdot 10^3}{4191 \cdot 31,8} = 0,9 \text{ } ^\circ\text{С}$$

Задача №2:

На трубопровод с наружным диаметром 150 мм уложен слой изоляции с коэффициентом теплопроводности $0,0725 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$. Определить толщину слоя изоляции, если его термическое сопротивление составляет $0,853 \frac{\text{м}^2\text{С}}{\text{Вт}}$.

(Математическая справка: $e^{\ln(x)} = x$)

Задача №3:

Определить коэффициент теплопроводности тепловой изоляции, если изоляционный слой толщиной 50 мм уложен на трубу диаметром 200 мм, а термическое сопротивление изоляционного слоя составляет $1 \frac{\text{м}^2\text{С}}{\text{Вт}}$.

Задача №4:

Из котельной в теплосеть поступает горячая вода с температурой 150°С . Вода движется по теплотрассе теплосети со скоростью $1,8 \text{ м/с}$. Надземный участок теплотрассы протяженностью $1,5 \text{ км}$ выполнен из стальной трубы ($d_n = 325 \text{ мм}$, $\delta_{ст} = 8 \text{ мм}$). Для обеспечения нормируемых теплопотерь в размере 130 Вт/м трубопровод покрывается слоем тепловой изоляции с коэффициентом теплопроводности $0,0725 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$. Определить необходимую толщину изоляции, если температура ее наружной поверхности должна быть 30°С . Термическим сопротивлением стальной трубы пренебречь. Температуру внутренней поверхности трубы принять равной температуре воды.

Задача №5:

Для условий задачи №4 определить температуру наружной поверхности изоляции, если толщина слоя изоляции будет 50 мм .

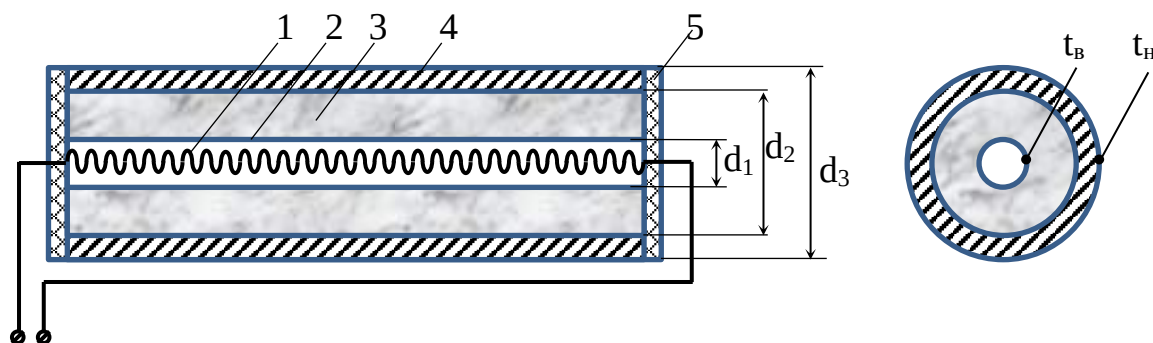
Задача №6:

Для условий задачи №5 определить температуру воды на выходе из надземного участка теплотрассы.

Задача №7:

Проводится эксперимент по определению коэффициента теплопроводности материала «методом трубы». Такой метод применяется для исследования сыпучего материала (например, строительный песок).

Экспериментальная установка представляет собой две трубы различного диаметра, причем одна труба помещена в другую. Во внутреннюю трубу вставлена спираль электронагревателя, а в межтрубное пространство помещен исследуемый сыпучий материал. Т.о. исследуемому материалу придана форма цилиндрического слоя. Электронагреватель включается в сеть и фиксируется его тепловыделение. Тепловой поток от нагревателя, проходит через внутреннюю трубу, через исследуемый материал, через наружную трубу и затем уходит в окружающую среду. При этом, на внутренней и наружной поверхности этой многослойной конструкции со временем устанавливаются какие-то постоянные температуры: внутренняя температура выше (которая ближе к нагревателю), а наружная температура – ниже. Эта разность температур зависит от теплопроводности исследуемого материала – чем меньше его коэффициент теплопроводности, тем больше получается разность температур.



1 – электронагреватель; 2 – цилиндрическая труба ($d_{\text{н}} = 20$ мм); 3 – исследуемый материал; 4 – наружная труба ($d_{\text{в}} = 130$ мм, $d_{\text{н}} = 140$ мм, коэффициент теплопроводности $23 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$); 5 – тепловая изоляция торцов.

По данным эксперимента определены следующие параметры установившегося теплового режима:

- тепловой поток, проходящий от электронагревателя через многослойную цилиндрическую конструкцию 70 Вт ;
- внутренняя и наружная температуры: $t_{\text{в}} = 120^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{н}} = 50^{\circ}\text{C}$.

По полученным экспериментальным данным рассчитайте коэффициент теплопроводности исследуемого материала.

1.3. Приложения

Приложение 1.1

Физические свойства воды при атмосферном давлении

t, °C	ρ , кг/м ³	C_p , Дж/(кг·°C)	λ , Вт/(м·°C)	$\alpha \cdot 10^8$, м ² /с	$\mu \cdot 10^6$, Па·с	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\beta \cdot 10^4$, °C ⁻¹	Pr
0	999,8	4217	0,569	13,2	1788	1,789	-0,63	13,5
10	999,7	4191	0,574	13,7	1306	1,306	0,7	9,52
20	998,3	4183	0,599	14,3	1004	1,006	1,82	7,02
30	995,7	4174	0,618	14,9	801,5	0,805	3,21	5,42
40	992,3	4174	0,635	15,3	653,3	0,659	3,87	4,31
50	988	4181	0,648	15,7	549,4	0,556	4,49	3,54
60	983,2	4182	0,659	16	469,9	0,478	5,11	2,93
70	977,7	4187	0,668	16,3	406,1	0,415	5,7	2,55
80	971,6	4195	0,674	16,6	355,1	0,365	6,32	2,21
90	965,2	4208	0,68	16,8	314,9	0,326	6,95	1,95
100	958,1	4220	0,683	16,9	282,5	0,295	7,52	1,75

Физические свойства воды на линии насыщения

$t, ^\circ\text{C}$	$p \cdot 10^{-5}, \text{Па}$	$\rho', \text{кг/м}^3$	$h', \text{кДж/кг}$	$c_p, \text{кДж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$	$\alpha \cdot 10^8, \text{м}^2/\text{с}$	$\mu \cdot 10^6, \text{Па} \cdot \text{с}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\beta \cdot 10^4, \text{К}^{-1}$	$\sigma \cdot 10^4, \text{Н/м}$	Pr
100	1,0133	958,4	419,1	4,220	68,3	16,9	282,5	0,295	7,52	588,6	1,75
110	1,4326	951,0	461,4	4,233	68,5	17,0	259,0	0,272	8,08	569,0	1,60
120	1,9854	943,1	503,7	4,250	68,6	17,1	237,4	0,252	8,64	548,4	1,74
130	2,7012	934,8	546,4	4,266	68,6	17,2	217,8	0,233	9,19	528,8	1,36
140	3,6136	926,1	589,1	4,287	68,5	17,2	201,1	0,217	9,72	507,2	1,26
150	4,7597	917,0	632,2	4,313	68,4	17,3	186,4	0,203	10,3	486,6	1,17
160	6,1804	907,4	675,4	4,346	68,3	17,3	173,6	0,191	10,7	466,0	1,10
170	7,9202	897,3	719,3	4,380	67,9	17,3	162,8	0,181	11,3	443,4	1,05
180	10,027	886,9	763,3	4,417	67,4	17,2	153,0	0,173	11,9	422,8	1,00
190	12,552	876,0	807,8	4,459	67,0	17,1	144,2	0,165	12,6	400,2	0,96
200	15,551	863,0	852,5	4,505	66,3	17,0	136,4	0,158	13,3	376,7	0,93
210	19,079	852,8	897,7	4,555	65,5	16,9	130,5	0,153	14,1	354,1	0,91
220	23,201	840,3	943,7	4,614	64,5	16,6	124,6	0,148	14,8	331,6	0,89
230	27,979	827,3	990,2	4,681	63,7	16,4	119,7	0,145	15,9	310,0	0,88
240	33,480	813,6	1037,5	4,766	62,8	16,2	114,8	0,141	16,8	285,5	0,87
250	39,776	799,0	1085,7	4,844	61,8	15,9	109,9	0,137	18,1	261,9	0,86
260	46,940	784,0	1135,1	4,949	60,5	15,6	105,9	0,135	19,1	237,4	0,87
270	55,051	767,9	1185,3	5,070	59,0	15,1	102,0	0,133	21,6	214,8	0,88
280	64,191	750,7	1236,8	5,230	57,4	14,6	98,1	0,131	23,7	191,3	0,90
290	74,448	732,3	1290,0	5,485	55,8	13,9	94,2	0,129	26,2	168,7	0,93
300	85,917	512,5	1344,9	5,736	54,0	13,2	91,2	0,128	29,2	144,2	0,97

Практическое занятие №2

Расчет процессов теплопередачи и конвективного теплообмена

Цель: Изучить основные закономерности теплопередачи и конвективного теплообмена и научиться их применять для расчетов в практических случаях.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

Знать: основные сведения об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии (ОПК-3)

Уметь: выбирать метод или методику решения задачи профессиональной деятельности (ОПК-3)

Владеть: навыком решения задачи профессиональной деятельности (ОПК-3)

Актуальность темы

Знание процессов теплопередачи и конвективного теплообмена необходимо для расчета и проектирования оборудования инженерных систем зданий и сооружений.

2.1. Теоретическая часть

Уравнение теплопередачи для многослойной цилиндрической стенки

$$q = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_{\text{в}} + \sum R + R_{\text{н}}}, \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

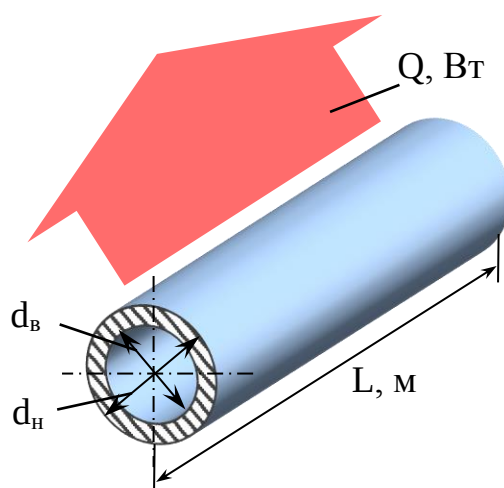
q – удельный тепловой поток, приходящийся на 1 м длины трубы;
 $t_{\text{в}}$, $t_{\text{н}}$ – температура внутренней и наружной среды; $R_{\text{в}}$, $R_{\text{н}}$ – сопротивление внутренней и наружной теплоотдаче; $\sum R$ – сумма термических сопротивлений слоев.

Уравнение теплопроводности для цилиндрической стенки

$$Q = \frac{\Delta t}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{в}}}\right)} \cdot L, \quad (\text{Вт})$$

(2.1)

где $d_{\text{н}}$ и $d_{\text{в}}$ – наружный и внутренний диаметры цилиндрической стенки, м;



$\Delta t = (t_{c1} - t_{c2})$ – разность температур между внутренней и наружной поверхностью цилиндрической стенки, °C; L – длина цилиндра, м; Q – полный поток проходящий через стенку цилиндра длиной L , Вт.

Величина термического сопротивления цилиндрической стенки определяется из соотношения:

$$R = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln\left(\frac{d_n}{d_s}\right), \quad \left(\frac{м \cdot ^\circ C}{Вт}\right); \quad (2.2)$$

Уравнение Фурье, записанное через выражение термического сопротивления для полного и удельного теплового потока, будет выглядеть так:

$$Q = \frac{\Delta t}{R} \cdot L \quad (Вт). \quad \text{и} \quad q = \frac{\Delta t}{R}, \quad \left(\frac{Вт}{м}\right); \quad \text{где} \quad Q = q \cdot L \quad (2.3)$$

Конвективный теплообмен рассчитывается по уравнению Ньютона-Рихмана

$$Q = \alpha \cdot (t_{ct} - t_{ж}) \cdot F, \text{ Вт},$$

где $\alpha, \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$ – коэффициент теплоотдачи, характеризующий интенсивность теплообмена между жидкостью и твердой стенкой; t_{ct} и $t_{ж}$ – температура стенки и окружающей среды; F – площадь поверхности стенки.

Задачи

Задача №1

Определить потерю теплоты путем конвекции ($\alpha = 8.46 \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$) на участке неизолированного трубопровода диаметром 100 мм и высотой 4 м, если температура наружной поверхности неизолированной трубы 170 °C, а температура окружающей среды (воздуха) 30 °C.

Решение.

Искомая потеря теплоты $Q = \alpha \cdot (t_{ct} - t_{ж}) \cdot F; \quad F = \pi dL$

$$Q = 8.46 \cdot (170 - 30) \pi \cdot 0.1 \cdot 4 = 1488 \text{ Вт}$$

Задача №2

По трубопроводу с теплоизоляцией течет вода со средней температурой 90 °С. Температура окружающего воздуха 15 °С. Коэффициенты теплоотдачи: от воды к стенке трубопровода $3000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°С}}$, с поверхности изоляции к наружному воздуху $20 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°С}}$. Наружный диаметр стальной трубы 175 мм, толщина стальной стенки 6 мм, толщина изоляции 60 мм. Теплопроводность: изоляции $0,123 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ\text{С}}}$, стали $23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ\text{С}}}$. Определить теплотери трубопровода с одного погонного метра.

Решение.

Уравнение теплопередачи применительно к условиям задачи можно записать в виде

$$q = \frac{t_{\text{вод}} - t_{\text{возд}}}{R_{\text{в}} + \sum R + R_{\text{н}}}, \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

Сопротивление теплоотдаче от воды к стенке трубы

$$R_{\text{в}} = \frac{1}{\pi \cdot d_{\text{тр}}^{\text{в}} \cdot \alpha_{\text{вн}}}, \quad \frac{\text{м}^{\circ\text{С}}}{\text{Вт}}$$

$$d_{\text{тр}}^{\text{в}} = d_{\text{тр}}^{\text{н}} - 2 \cdot \delta_{\text{тр}} = 175 - 2 \cdot 6 = 163 \text{ мм}$$

$$R_{\text{в}} = \frac{1}{\pi \cdot 0,163 \cdot 3000} = 6,51 \cdot 10^{-4}, \quad \frac{\text{м}^{\circ\text{С}}}{\text{Вт}}$$

Рассчитываем термические сопротивления слоев

$$R_{\text{тр}} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{тр}}} \ln\left(\frac{d_{\text{тр}}^{\text{н}}}{d_{\text{тр}}^{\text{в}}}\right)$$

$$R_{\text{тр}} = \frac{1}{2\pi \cdot 23} \ln\left(\frac{175}{163}\right) = 4,92 \cdot 10^{-4} \quad \frac{\text{м}^{\circ\text{С}}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{из}} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{из}}} \ln\left(\frac{d_{\text{из}}^{\text{н}}}{d_{\text{из}}^{\text{в}}}\right)$$

$$d_{\text{из}}^{\text{н}} = d_{\text{из}}^{\text{в}} + 2 \cdot \delta_{\text{из}} = 175 + 2 \cdot 60 = 295 \text{ мм}$$

$$R_{\text{из}} = \frac{1}{2\pi \cdot 0,123} \ln\left(\frac{295}{175}\right) = 0,536 \quad \frac{\text{м}^{\circ\text{С}}}{\text{Вт}}$$

Сопротивление теплоотдаче с поверхности изоляции к воздуху

$$R_{\text{н}} = \frac{1}{\pi \cdot d_{\text{из}}^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{нар}}}, \frac{\text{м}^{\circ}\text{С}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{н}} = \frac{1}{\pi \cdot 0,295 \cdot 20} = 0,0540, \frac{\text{м}^{\circ}\text{С}}{\text{Вт}}$$

$$q = \frac{90 - 15}{6,51 \cdot 10^{-4} + 4,92 \cdot 10^{-4} + 0,536 + 0,054} = 127 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

2.2. Вопросы и задания

Задача №3

Определить потерю теплоты путем конвекции горизонтальным неизолированным трубопроводом диаметром 150 мм и длиной 10 м, если его поверхность имеет температуру 140 °С, а температура окружающей среды (воздуха) 20 °С. Коэффициенты теплоотдачи: от воды к стенке трубопровода $3000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°С}}$, с поверхности изоляции к наружному воздуху $20 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°С}}$.

Задача №4

Определить температуру поверхности изолированного трубопровода теплотрассы проложенной над землей. Горячая вода в трубе 150 °С, температура окружающего воздуха –10 °С. Наружный диаметр стальной трубы 180 мм, наружный диаметр слоя изоляции 310 мм; теплопроводность изоляции $0,093 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{С}}$. Коэффициент теплоотдачи с поверхности изоляции к наружному воздуху $25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°С}}$. Сопротивлением внутренней теплоотдачи и стальной трубы пренебречь.

Задача №5

В стальной трубопровод ($d_{\text{тр}}^{\text{н}} = 190$ мм, $\delta_{\text{тр}} = 8$ мм) поступает горячая вода с температурой 150 °С со скоростью 1,2 м/с. Трубопровод имеет слой тепловой изоляции толщиной 5 см с коэффициентом теплопроводности $0,085 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{С}}$. Трубопровод расположен на открытом воздухе и обдувается ветром с температурой –10 °С. Определить среднюю температуру наружной поверхности изоляции и температуру воды на выходе из трубопровода длиной 1 км. Коэффициент теплоотдачи с поверхности изоляции к наружному воздуху $20 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°С}}$. Термическим сопротивлением стальной трубы и сопротивлением теплоотдачи от воды к трубе пренебречь.

2.3. Приложения

Приложение 2.1

Физические свойства воды при атмосферном давлении

t, °C	ρ , кг/м ³	C_p , Дж/(кг·°C)	λ , Вт/(м·°C)	$\alpha \cdot 10^8$, м ² /с	$\mu \cdot 10^6$, Па·с	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\beta \cdot 10^4$, °C ⁻¹	Pr
0	999,8	4217	0,569	13,2	1788	1,789	-0,63	13,5
10	999,7	4191	0,574	13,7	1306	1,306	0,7	9,52
20	998,3	4183	0,599	14,3	1004	1,006	1,82	7,02
30	995,7	4174	0,618	14,9	801,5	0,805	3,21	5,42
40	992,3	4174	0,635	15,3	653,3	0,659	3,87	4,31
50	988	4181	0,648	15,7	549,4	0,556	4,49	3,54
60	983,2	4182	0,659	16	469,9	0,478	5,11	2,93
70	977,7	4187	0,668	16,3	406,1	0,415	5,7	2,55
80	971,6	4195	0,674	16,6	355,1	0,365	6,32	2,21
90	965,2	4208	0,68	16,8	314,9	0,326	6,95	1,95
100	958,1	4220	0,683	16,9	282,5	0,295	7,52	1,75

Физические свойства воды на линии насыщения

t, °C	$p \cdot 10^{-5}$, Па	ρ' , кг/м ³	h' , кДж/кг	$c_{p,2}$, кДж/(кг·°C)	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м·°C)	$\alpha \cdot 10^8$, м ² /с	$\mu \cdot 10^6$, Па·с	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\beta \cdot 10^4$, К ⁻¹	$\sigma \cdot 10^4$, Н/м	Pr
100	1,0133	958,4	419,1	4,220	68,3	16,9	282,5	0,295	7,52	588,6	1,75
110	1,4326	951,0	461,4	4,233	68,5	17,0	259,0	0,272	8,08	569,0	1,60
120	1,9854	943,1	503,7	4,250	68,6	17,1	237,4	0,252	8,64	548,4	1,74
130	2,7012	934,8	546,4	4,266	68,6	17,2	217,8	0,233	9,19	528,8	1,36
140	3,6136	926,1	589,1	4,287	68,5	17,2	201,1	0,217	9,72	507,2	1,26
150	4,7597	917,0	632,2	4,313	68,4	17,3	186,4	0,203	10,3	486,6	1,17
160	6,1804	907,4	675,4	4,346	68,3	17,3	173,6	0,191	10,7	466,0	1,10
170	7,9202	897,3	719,3	4,380	67,9	17,3	162,8	0,181	11,3	443,4	1,05
180	10,027	886,9	763,3	4,417	67,4	17,2	153,0	0,173	11,9	422,8	1,00
190	12,552	876,0	807,8	4,459	67,0	17,1	144,2	0,165	12,6	400,2	0,96
200	15,551	863,0	852,5	4,505	66,3	17,0	136,4	0,158	13,3	376,7	0,93
210	19,079	852,8	897,7	4,555	65,5	16,9	130,5	0,153	14,1	354,1	0,91
220	23,201	840,3	943,7	4,614	64,5	16,6	124,6	0,148	14,8	331,6	0,89
230	27,979	827,3	990,2	4,681	63,7	16,4	119,7	0,145	15,9	310,0	0,88
240	33,480	813,6	1037,5	4,766	62,8	16,2	114,8	0,141	16,8	285,5	0,87
250	39,776	799,0	1085,7	4,844	61,8	15,9	109,9	0,137	18,1	261,9	0,86
260	46,940	784,0	1135,1	4,949	60,5	15,6	105,9	0,135	19,1	237,4	0,87
270	55,051	767,9	1185,3	5,070	59,0	15,1	102,0	0,133	21,6	214,8	0,88
280	64,191	750,7	1236,8	5,230	57,4	14,6	98,1	0,131	23,7	191,3	0,90
290	74,448	732,3	1290,0	5,485	55,8	13,9	94,2	0,129	26,2	168,7	0,93
300	85,917	512,5	1344,9	5,736	54,0	13,2	91,2	0,128	29,2	144,2	0,97

Практическое занятие №3

Определение требуемой толщины теплоизоляционного слоя строительной конструкции.

Цель: Изучить методику расчета требуемой толщины изоляции и научиться ее применять для расчетов в практических случаях.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

Знать: основные сведения об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии (ОПК-3)

Уметь: выбирать метод или методику решения задачи профессиональной деятельности (ОПК-3)

Владеть: навыком решения задачи профессиональной деятельности (ОПК-3)

Знать: основные требования нормативно-правовых и нормативно-технических документов, предъявляемых к инженерным системам жизнеобеспечения (ОПК-4)

Уметь: выявлять основные требования нормативно-правовых и нормативно-технических документов, предъявляемых к инженерным системам жизнеобеспечения (ОПК-4)

Владеть: навыком выявления основных требований нормативно-правовых и нормативно-технических документов, предъявляемых к инженерным системам жизнеобеспечения (ОПК-4)

Знать: типовые проектные решения и технологического оборудования основных инженерных систем жизнеобеспечения здания в соответствии с техническими условиями (ОПК-6)

Уметь: определять базовые параметры теплового режима здания и производить расчётное обоснование режима работы инженерной системы жизнеобеспечения здания (ОПК-6)

Владеть: навыком определения основных параметров инженерных систем здания (ОПК-6)

Актуальность темы

Знание методики расчета требуемой толщины изоляции строительных конструкций необходимо при проектировании зданий и сооружений и оценке их теплозащитных свойств. Методика определения внутренних и наружных расчетных условий необходима при проектировании систем отопления.

3.1. Теоретическая часть

1. Расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха.

Расчетная температура внутреннего воздуха ($t_{в,}$ °C), при расчете жилых зданий принимается 20 - 22 °C.

Для расчета ограждающей конструкции необходимо определить следующие параметры наружного воздуха (для заданного района), согласно данным [табл. 3.1 в СП 131.13330]:

- среднюю температуру воздуха наиболее холодной пятидневки (t_n) с коэффициентом обеспеченности 0,92;
- среднюю температуру отопительного периода ($t_{от}$);
- продолжительность отопительного периода ($Z_{от}$);

Отопительный период принимается как период со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °C.

2. Требуемое термическое сопротивление ограждения

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, ($R_o^{тр}$, м²·°C/Вт), следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода (ГСОП, °C·сут/год), региона строительства и определять по таблице 3.

Таблица 3 - Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (СП 50.13330)

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода, °C·сут/год	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_o^{тр}$, (м²·°C)/Вт, ограждающих конструкций				
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных над неотапливаемым и подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей
1	2	3	4	5	6	7
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
a	-	0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025
b	-	1,4	2,2	1,9	-	0,25

Градусо-сутки отопительного периода, °C·сут/год, определяют по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от})Z_{от},$$

где $t_{от}$, $z_{от}$ - средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода;

$t_{в}$ - расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С.

Значения $R_o^{тр}$ для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_o^{тр} = a \cdot \text{ГСОП} + b,$$

где ГСОП - градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год, для конкретного пункта; а, b - коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий.

3. Требуемая толщина теплоизоляционного слоя

Толщина теплоизоляционного слоя определяется по величине термического сопротивления слоя изоляции

$$R_{из} = \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}$$
$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot R_{из}, \text{ м}, \quad (3.2)$$

где $\lambda_{из}$ - коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала;

Термическое сопротивление слоя изоляции определяется на основе требуемого сопротивления теплопередаче ($R_o^{тр}$) ограждающей конструкции

$$R_{из} = R_o^{тр} - R_{т}^{стр}$$

$R_{т}^{стр} = R_{н} + \Sigma R_i^{стр} + R_{в}$ - сопротивление теплопередачи строительных элементов;
 $\Sigma R_i^{стр}$ - сумма термических сопротивлений строительных элементов (за исключением слоя изоляции),

$$R_{н} = \frac{1}{\alpha_{н}}; \quad R_{в} = \frac{1}{\alpha_{в}}; \quad R_i^{стр} = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

где $\alpha_{н}$ и $\alpha_{в}$ - коэффициенты теплоотдачи (Таблицы 4, 5); δ_i и λ_i - толщина и коэффициент теплопроводности элемента ограждающей конструкции.

Коэффициенты теплопроводности материалов принять по условиям эксплуатации здания «Б» [(Прил. Т) СП 50.13330]

Полученное значение толщины изоляционного слоя округлить до ближайшего большего значения, кратного 10 мм и уточнить $R_{из}$ по факту.

4. Коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{R_0}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}}$$

где $R_0 = R_{н} + \Sigma R_i + R_{в}, \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$

ΣR_i – сумма термических сопротивлений **всех** слоев ограждающей конструкции.

$$\Sigma R_i = R_i^{\text{стр}} + R_{\text{из}}$$

Расчет сопротивлений для каждой ограждающей конструкции вести в табличной форме:

Расчет тепловых сопротивлений (*Название ограждающей конструкции*)

№ п/п	Наименование элемента	Обозна чение	δ , м	λ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}$	R , $\frac{\text{м}^2\text{°C}}{\text{Вт}}$
1.1	(Название слоя 1)				
1.2	(Название слоя 2)				
1.3	(Название слоя 3)				
1.4	(Название изоляционного слоя)	$R_{\text{из}}$	(факт.)		(факт.)
1...	(Название слоя ...)				
2.1	Сумма термических сопротивлений строительных элементов	$\Sigma R_i^{\text{стр}}$		–	
2.2	Сопротивление наружной теплоотдачи	$R_{\text{н}}$	–	($\alpha_{\text{н}}$)	
2.3	Сопротивление внутренней теплоотдачи	$R_{\text{в}}$	–	($\alpha_{\text{в}}$)	
2.4	Сопротивление теплопередачи строительных элементов	$R_{\text{т}}^{\text{стр}}$	–	–	
2.5	Требуемое сопротивление теплопередаче	$R_0^{\text{тр}}$	–	–	
2.6	Термическое сопротивление слоя изоляции	$R_{\text{из}}$	(расч.)		(расч.)
3.1	Сумма термических сопротивлений всех элементов ограждающей конструкции	ΣR_i	(факт.)	–	(факт.)
3.2	Общее сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции	R_0	–	–	

3.2. Вопросы и задания

По варианту выписать состав каждой ограждающей конструкции.

Выполнить указания следующих пунктов:

1. Расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха.
2. Требуемое термическое сопротивление ограждения
3. Требуемая толщина теплоизоляционного слоя

(Расчет сопротивлений вести в табличной форме)

4. Коэффициент теплопередачи

Расчет пунктов 2-4 ведется для каждой ограждающей конструкции отдельно.

Город, климатические данные которого являются исходными, принимается по второй цифре шифра варианта из таблицы 1.1: в случае, если первая цифра шифра НЕЧЕТНАЯ – из ряда А; при первой ЧЕТНОЙ цифре – из ряда Б. Порядковый номер города в любом ряде должен соответствовать ВТОРОЙ цифре шифра.

Таблица 1.1 – Выбор района строительства

Ряд А Первая цифра нечетная		Ряд Б Первая цифра четная		Ряд А Первая цифра нечетная		Ряд Б Первая цифра четная	
1	Москва	1	Волгоград	6	Ростов н/Д	6	Новосибирск
2	Владикавказ	2	Томск	7	Воронеж	7	Ставрополь
3	Курск	3	Владимир	8	Свердловск	8	Ярославль
4	Астрахань	4	Уфа	9	Махачкала	9	Курган
5	Орел	5	Омск	0	С.-Петербург	0	Хабаровск

Таблица 1.4 - Конструкция наружных стен здания

Название слоя	Первая цифра: 1; 3; 5; 7; 9	Первая цифра: 0; 2; 4; 6; 8
1-й слой (наружный)	Облицовка из кирпича керамического цельного, $\delta=12$ см	Облицовка из кирпича силикатного, $\delta=12$ см
2-й слой	Теплоизоляционный (см. таблицу 1.5)	Теплоизоляционный (см. таблицу 1.5)
3-й слой	Плита железобетонная, $\delta=25$ см	Кладка из кирпича глиняного, $\delta=38$ см
4-й слой	Штукатурка цементно-песчаная, $\delta=2$ см	Штукатурка известково- песчаная, $\delta=2$ см

Таблица 1.5 - Теплоизоляция наружных стен здания

Вторая цифра шифра									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Маты минераловатные прошивные	Плиты мягкие минераловатные	Плиты полужесткие минераловатные	Плиты из стекляного штапельного волокна	Пенополистирол	Пенопласт	Пенополиуретан	Перлитопласт-бетон	Плиты из резольноформальдегидн ого пенопласта	Маты из стекляного волокна прошивные

Таблица 1.6 - Конструкция перекрытия (пола) здания

Название слоя	Вторая цифра: 1; 3; 5; 7; 9	Вторая цифра: 0; 2; 4; 6; 8
1-й слой (несущий)	Плита железобетонная, $\delta=22$ см	Плита железобетонная, $\delta=22$ см
2-й слой	Стяжка из бетона на вулканическом шлаке, $\delta=5$ см	Стяжка из керамзитобетона, $\delta=10$ см
3-й слой	Гидро-пароизоляция: битум, $\delta=1$ см	Гидро-пароизоляция: Рубероид, $\delta=0,8$ см
4-й слой	Теплоизоляция (см. таблицу 1.7)	Теплоизоляция (см. таблицу 1.7)
5-й слой	Стяжка цементно-перлитовая, $\delta=15$ см	Стяжка цементно-песчаная, $\delta=10$ см
6-й слой	Пол – паркет дубовый, $\delta=1,5$ см	Пол – Линолеум, $\delta=0,5$ см

Таблица 1.7 - Теплоизоляция перекрытия (пола) здания

Первая цифра шифра									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Засыпка из гравия керамзитового	Плиты минераловатные повышенной жесткости	Плиты полужесткие минераловатные	Плиты из стеклянного штапельного волокна	Пенополистирол	Щебень из перлита вспученного	Гравий шунгизитовый	Перлитопласт-бетон	Вермикулит вспученный	Щебень из аглопорита

Таблица 1.8 - Конструкция покрытия здания

Название слоя	Первая цифра: 1; 3; 5; 7; 9	Первая цифра: 0; 2; 4; 6; 8
1-й слой (несущий)	Плита железобетонная, $\delta=22$ см	Плита железобетонная, $\delta=22$ см
2-й слой	Стяжка из туфобетона, $\delta=10$ см	Стяжка из пемзобетона, $\delta=15$ см
3-й слой	Гидро-пароизоляция: вспученный перлит на битумном связующем, $\delta=5$ см	Гидро-пароизоляция: битум, $\delta=2$ см
4-й слой	Теплоизоляция (см. таблицу 1.9)	Теплоизоляция (см. таблицу 1.9)
5-й слой	Стяжка шунгизитобетонная, $\delta=15$ см	Стяжка пенозолобетонная, $\delta=10$ см
6-й слой (наружный)	Рубероид, $\delta=2,5$ см	Пергамин, $\delta=3$ см

Таблица 1.9 - Теплоизоляция покрытия здания

Вторая цифра шифра									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пенопласт	Плиты минераловатные повышенной жесткости	Плиты полужесткие минераловатные	Плиты из стеклянного штапельного волокна	Пенополистирол	Щебень из перлита вспученного	Гравий шунгизитовый	Перлитопласт-бетон	Вермикулит вспученный	Щебень из аглопорита

3.3. Приложения

Приложение 4.1

Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции
(Табл. 4 – СП 50.13330)

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи α_v , Вт/(м ² ·°С)
1 Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a , между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2 Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3 Окон	8,0
4 Зенитных фонарей	9,9

Приложение 4.2

Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции
(Табл. 6 – СП 50.13330)

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, α_n , Вт/(м ² ·°С)
1 Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2 Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	17
3 Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4 Перекрытий над неотапливаемыми подвалами и техническими, подпольями, не вентилируемых наружным воздухом	6

Климатические параметры холодного периода года (Таблица 3.1*– СП 131.13330)

Республика, край, область, пункт	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспечен- ностью		Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспечен- ностью		Темпера- тура воздуха, °С, обеспеченн остью 0,94	Абсолют- ная минималъ- ная темпера- тура воздуха, °С	Средняя суточная амплитуда температу ры воздуха наиболее холодного месяца, °С	Продолжительность, сут, и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха						Средняя месячная относительн ая влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная относительн ая влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %	Количес тво осадков за ноябрь - март, мм
								≤ 0 °С		≤ 8 °С		≤ 10 °С				
	Продолжи- тельность	средняя температу ра	Продолжи- тельность	средняя температу ра				Продолжи- тельность	средняя температу ра							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Москва	-35	-28	-29	-25	-13	-43	5,4	135	-5,5	205	-2,2	223	-1,3	83	82	225
Владикавказ	-19	-17	-15	-13	-7	-28	9,1	90	-2,1	169	0,7	189	1,6	81	69	176
Курск	-29	-27	-24	-24	-12	-35	5,6	132	-5,3	194	-2,3	211	-1,4	85	83	217
Астрахань	-25	-24	-23	-21	-10	-33	6,8	103	-3,5	164	-0,8	179	0,1	83	76	73
Орел	-31	-29	-26	-25	-13	-39	6	135	-5,5	199	-2,4	216	-1,5	84	82	178
Волгоград	-27	-26	-25	-22	-12	-35	5,6	122	-5,1	176	-2,3	190	-1,5	85	82	151
Томск	-44	-43	-41	-39	-22	-55	8,2	176	-11,8	233	-7,9	249	-6,8	79	78	171
Владимир	-38	-34	-32	-28	-16	-48	6,3	148	-6,9	213	-3,5	230	-2,6	84	83	194
Уфа	-41	-38	-38	-33	-18	-49	8,9	155	-9,5	209	-6	224	-5	82	79	205
Омск	-42	-40	-38	-37	-22	-49	8,6	165	-11,9	216	-8,1	232	-6,9	80	78	104
Ростов н/Д	-25	-23	-22	-19	-9	-33	5,2	97	-2,8	166	-0,1	182	0,7	82	77	219
Воронеж	-31	-29	-25	-24	-13	-37	5,9	130	-5,5	190	-2,5	206	-1,6	82	80	201
Екатеринбург	-41	-38	-37	-32	-18	-47	6,8	158	-9,2	221	-5,4	239	-4,3	78	75	112
Махачкала	-20	-17	-17	-13	-3	-25	5,6	0	-	144	2,7	164	3,5	83	78	140
С.-Петербург	-32	-27	-28	-24	-11	-36	5,3	131	-4,6	213	-1,3	232	-0,4	86	84	202
Новосибирск	-43	-41	-41	-37	-22	-50	9	169	-11,8	221	-8,1	238	-6,9	79	76	104
Ставрополь	-25	-23	-22	-18	-6	-31	6,6	91	-2,2	168	0,5	185	1,3	84	78	159
Ярославль	-37	-34	-34	-31	-17	-46	8,3	152	-7,8	221	-4	239	-2,8	83	82	174
Курган	-42	-40	-39	-36	-21	-48	8,5	161	-11,3	212	-7,6	229	-6,3	80	79	89
Хабаровск	-34	-32	-32	-29	-25	-43	7,7	158	-13,6	204	-9,5	219	-8,3	74	67	81

Приложение 4.4

Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий
(Приложение Т. – СП 50.13330)

Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б						
	плотность ρ_0 , кг/м ³	удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°C)	теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°C)	влажность, w, %		теплопроводность λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоение (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		Паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
Теплоизоляционные материалы										
1 Плиты из пенополистирола	До 10	1,34	0,049	2	10	0,052	0,059	0,23	0,28	0,05
2 То же	10-12	1,34	0,041	2	10	0,044	0,050	0,23	0,28	0,05
3 "	12-14	1,34	0,040	2	10	0,043	0,049	0,25	0,30	0,05
4 "	14-15	1,34	0,039	2	10	0,042	0,048	0,26	0,30	0,05
5 "	15-17	1,34	0,038	2	10	0,041	0,047	0,27	0,32	0,05
6 "	17-20	1,34	0,037	2	10	0,040	0,046	0,29	0,34	0,05
7 "	20-25	1,34	0,036	2	10	0,038	0,044	0,31	0,38	0,05
8 "	25-30	1,34	0,036	2	10	0,038	0,044	0,34	0,41	0,05
9 "	30-35	1,34	0,037	2	10	0,040	0,046	0,38	0,45	0,05
10 "	35-38	1,34	0,037	2	10	0,040	0,046	0,38	0,45	0,05
11 Плиты из пенополистирола с графитовыми добавками	15-20	1,34	0,033	2	10	0,035	0,040	0,27	0,32	0,05
12 То же	20-25	1,34	0,032	2	10	0,034	0,039	0,30	0,35	0,05
13 Экструдированный пенополистирол	25-33	1,34	0,029	1	2	0,030	0,031	0,30	0,31	0,005
14 То же	35-45	1,34	0,030	1	2	0,031	0,032	0,35	0,36	0,005
15 Пенополиуретан	80	1,47	0,041	2	5	0,042	0,05	0,62	0,70	0,05
16 То же	60	1,47	0,035	2	5	0,036	0,041	0,49	0,55	0,05
17 "	40	1,47	0,029	2	5	0,031	0,04	0,37	0,44	0,05
18 Плиты из резольно-фенолформальдегидного пенопласта	80	1,68	0,044	5	20	0,051	0,071	0,75	1,02	0,23
19 То же	50	1,68	0,041	5	20	0,045	0,064	0,56	0,77	0,23
20 Перлитопластбетон	200	1,05	0,041	2	3	0,052	0,06	0,93	1,01	0,008
21 То же	100	1,05	0,035	2	3	0,041	0,05	0,58	0,66	0,008
22 Перлитофосфогелевые изделия	300	1,05	0,076	3	12	0,08	0,12	1,43	2,02	0,2
23 То же	200	1,05	0,064	3	12	0,07	0,09	1,1	1,43	0,23
24 Теплоизоляционные изделия из вспененного синтетического каучука	60-95	1,806	0,034	5	15	0,04	0,054	0,65	0,71	0,003
25 Плиты минераловатные из каменного волокна	180	0,84	0,038	2	5	0,045	0,048	0,74	0,81	0,3
26 То же	40-175	0,84	0,037	2	5	0,043	0,046	0,68	0,75	0,31
27 "	80-125	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,53	0,59	0,32
28 "	40-60	0,84	0,035	2	5	0,041	0,044	0,37	0,41	0,35

Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б						
	плотность ρ_0 , кг/м ³	удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°C)	теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°C)	влажность, w, %		теплопроводность λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоение (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		Паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
29 "	25-50	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,31	0,35	0,37
30 Плиты из стеклянного штапельного волокна	85	0,84	0,044	2	5	0,046	0,05	0,51	0,57	0,5
31 То же	75	0,84	0,04	2	5	0,042	0,047	0,46	0,52	0,5
32 "	60	0,84	0,038	2	5	0,04	0,045	0,4	0,45	0,51
33 "	45	0,84	0,039	2	5	0,041	0,045	0,35	0,39	0,51
34 "	35	0,84	0,039	2	5	0,041	0,046	0,31	0,35	0,52
35 "	30	0,84	0,04	2	5	0,042	0,046	0,29	0,32	0,52
36 "	20	0,84	0,04	2	5	0,043	0,048	0,24	0,27	0,53
37 "	17	0,84	0,044	2	5	0,047	0,053	0,23	0,26	0,54
38 "	15	0,84	0,046	2	5	0,049	0,055	0,22	0,25	0,55
39 Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	1000	2,3	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
40 То же	800	2,3	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
41 "	600	2,3	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
42 "	400	2,3	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
43 Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	200	2,3	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
44 Плиты фибролитовые и арболит на портландцементе	500	2,3	0,095	10	15	0,15	0,19	3,86	4,50	0,11
45 То же	450	2,3	0,09	10	15	0,135	0,17	3,47	4,04	0,11
46 "	400	2,3	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
47 Плиты камышитовые	300	2,3	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
48 То же	200	2,3	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
49 Плиты торфяные теплоизоляционные	300	2,3	0,064	15	20	0,07	0,08	2,12	2,34	0,19
50 То же	200	2,3	0,052	15	20	0,06	0,064	1,6	1,71	0,49
51 Пакля	150	2,3	0,05	7	12	0,06	0,07	1,3	1,47	0,49
52 Плиты из гипса	1350	0,84	0,35	4	6	0,50	0,56	7,04	7,76	0,098
53 То же	1100	0,84	0,23	4	6	0,35	0,41	5,32	5,99	0,11
54 Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	1050	0,84	0,15	4	6	0,34	0,36	5,12	5,48	0,075
55 То же	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
56 Изделия из вспученного перлита на битумном связующем	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
57 То же	250	1,68	0,082	1	2	0,085	0,099	1,53	1,64	0,04
58 "	225	1,68	0,079	1	2	0,082	0,094	1,39	1,47	0,04
59 "	200	1,68	0,076	1	2	0,078	0,09	1,23	1,32	0,04
Засыпки										
60 Гравий керамзитовый	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
61 То же	500	0,84	0,14	2	3	0,15	0,165	2,25	2,41	0,23

Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б						
	плотность ρ_0 , кг/м ³	удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°C)	теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°C)	влажность, w, %		теплопроводность λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоение (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		Паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
62 "	450	0,84	0,13	2	3	0,14	0,155	2,06	2,22	0,235
63 Гравий керамзитовый	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,145	1,87	2,02	0,24
64 То же	350	0,84	0,115	2	3	0,125	0,14	1,72	1,86	0,245
65 "	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
66 "	250	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,26
67 "	200	0,84	0,090	2	3	0,10	0,11	1,16	1,24	0,27
68 Гравий шунгизитовый (ГОСТ 9757)	700	0,84	0,16	2	4	0,18	0,21	2,91	3,29	0,21
69 То же	600	0,84	0,13	2	4	0,16	0,19	2,54	2,89	0,22
70 "	500	0,84	0,12	2	4	0,15	0,175	2,25	2,54	0,22
71 "	450	0,84	0,11	2	4	0,14	0,16	2,06	2,30	0,22
72 "	400	0,84	0,11	2	4	0,13	0,15	1,87	2,10	0,23
73 Щебень шлакопемзовый и аглопоритовый (ГОСТ 9757)	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,22
74 То же	700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,23
75 "	600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,7	2,98	0,24
76 "	500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,25
77 "	450	0,84	0,13	2	3	0,15	0,17	2,13	2,32	0,255
78 "	400	0,84	0,122	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,26
79 Пористый гравий с остеклованной оболочкой из доменного и ферросплавного шлаков (ГОСТ 25820)	700	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,84	3,06	0,22
80 То же	600	0,84	0,13	2	3	0,16	0,18	2,54	2,76	0,235
81 "	500	0,84	0,12	2	3	0,14	0,15	2,17	2,30	0,24
82 "	400	0,84	0,10	2	3	0,13	0,14	1,87	1,98	0,245
83 Щебень и песок из перлита вспученного (ГОСТ 10832)	500	0,84	0,09	1	2	0,1	0,11	1,79	1,92	0,26
84 То же	400	0,84	0,076	1	2	0,087	0,095	1,5	1,6	0,3
85 "	350	0,84	0,07	1	2	0,081	0,085	1,35	1,42	0,3
86 "	300	0,84	0,064	1	2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34
87 Вермикулит вспученный (ГОСТ 12865)	200	0,84	0,065	1	3	0,08	0,095	1,01	1,16	0,23
88 То же	150	0,84	0,060	1	3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26
89 "	100	0,84	0,055	1	3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,3
90 Песок для строительных работ (ГОСТ 8736)	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
Конструкционные и конструкционно-теплоизоляционные материалы										
<i>Бетоны на заполнителях из пористых горных пород</i>										
91 Туфобетон	1800	0,84	0,64	7	10	0,87	0,99	11,38	12,79	0,09
92 То же	1600	0,84	0,52	7	10	0,7	0,81	9,62	10,91	0,11

Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б						
	плотность ρ_0 , кг/м ³	удельная тепло-емкость c_0 , кДж/(кг·°C)	тепло-проводность λ_0 , Вт/(м·°C)	влажность, w, %		тепло-проводность λ , Вт/(м·°C)		тепло-усвоение (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		Паро-проницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
93 "	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,11
94 "	1200	0,84	0,32	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,12
95 Бетон на литоидной пемзе	1600	0,84	0,52	4	6	0,62	0,68	8,54	9,3	0,075
96 То же	1400	0,84	0,42	4	6	0,49	0,54	7,1	7,76	0,083
97 "	1200	0,84	0,30	4	6	0,4	0,43	5,94	6,41	0,098
98 "	1000	0,84	0,22	4	6	0,3	0,34	4,69	5,2	0,11
99 "	800	0,84	0,19	4	6	0,22	0,26	3,6	4,07	0,12
100 Бетон на вулканическом шлаке	1600	0,84	0,52	7	10	0,64	0,7	9,2	10,14	0,075
101 То же	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
102 "	1200	0,84	0,33	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,09
103 "	1000	0,84	0,24	7	10	0,29	0,35	4,9	5,67	0,098
104 "	800	0,84	0,20	7	10	0,23	0,29	3,9	4,61	0,11
<i>Бетоны на искусственных пористых заполнителях</i>										
105 Керамзитобетон на керамзитовом песке	1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
106 То же	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
107 "	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
108 "	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
109 "	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
110 "	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
111 "	600	0,84	0,16	5	10	0,2	0,26	3,03	3,78	0,26
112 "	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,3
113 Керамзитобетон на кварцевом песке с умеренной (до 12%) поризацией	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
114 То же	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
115 "	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
116 Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
117 То же	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
118 Керамзитобетон беспесчаный	700	0,84	0,135	3,5	6	0,145	0,155	2,70	2,94	0,145
119 То же	600	0,84	0,130	3,5	6	0,140	0,150	2,46	2,68	0,155
120 "	500	0,84	0,120	3,5	6	0,130	0,140	2,16	2,36	0,165
121 "	400	0,84	0,105	3,5	6	0,115	0,125	1,82	1,99	0,175
122 "	300	0,84	0,095	3,5	6	0,105	0,110	1,51	1,62	0,195
123 Шунгзитобетон	1400	0,84	0,49	4	7	0,56	0,64	7,59	8,6	0,098
124 То же	1200	0,84	0,36	4	7	0,44	0,5	6,23	7,04	0,11
125 "	1000	0,84	0,27	4	7	0,33	0,38	4,92	5,6	0,14
126 Перлитобетон	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
127 То же	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
128 "	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
129 Перлитобетон	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3

Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б						
	плотность ρ_0 , кг/м ³	удельная тепло-емкость c_0 , кДж/(кг·°C)	тепло-проводность λ_0 , Вт/(м·°C)	влажность, w, %		тепло-проводность λ , Вт/(м·°C)		тепло-усвоение (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		Паро-проницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
130 Бетон на шлакопемзовом щебне	1800	0,84	0,52	5	8	0,63	0,76	9,32	10,83	0,075
131 То же	1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
132 "	1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
133 "	1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
134 "	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
135 Бетон на остеклованном шлаковом гравии	1800	0,84	0,46	4	6	0,56	0,67	8,60	9,80	0,08
136 То же	1600	0,84	0,37	4	6	0,46	0,55	7,35	8,37	0,085
137 "	1400	0,84	0,31	4	6	0,38	0,46	6,25	7,16	0,09
138 "	1200	0,84	0,26	4	6	0,32	0,39	5,31	6,10	0,10
139 "	1000	0,84	0,21	4	6	0,27	0,33	4,45	5,12	0,11
140 Мелкозернистые бетоны на гранулированных доменных и ферросплавных (силикомарганца и ферромарганца) шлаках	1800	0,84	0,58	5	8	0,7	0,81	9,82	11,18	0,083
141 То же	1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
142 "	1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
143 "	1200	0,84	0,36	5	8	0,49	0,52	6,57	7,31	0,11
144 Аглопоритобетон и бетоны на заполнителях из топливных шлаков	1800	0,84	0,7	5	8	0,85	0,93	10,82	11,98	0,075
145 То же	1600	0,84	0,58	5	8	0,72	0,78	9,39	10,34	0,083
146 "	1400	0,84	0,47	5	8	0,59	0,65	7,92	8,83	0,09
147 "	1200	0,84	0,35	5	8	0,48	0,54	6,64	7,45	0,11
148 "	1000	0,84	0,29	5	8	0,38	0,44	5,39	6,14	0,14
149 Бетон на зольном обжиговом и безобжиговом гравии	1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
150 То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
151 "	1000	0,84	0,24	5	8	0,3	0,35	4,79	5,48	0,12
152 Вермикулитобетон	800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	-
153 То же	600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
154 "	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
155 "	300	0,84	0,08	8	13	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23
<i>Бетоны особо легкие на пористых заполнителях и ячеистые</i>										
156 Полистиролбетон на портландцементе (ГОСТ Р 51263)	600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,20	3,07	3,49	0,068
157 То же	500	1,06	0,125	4	8	0,14	0,16	2,5	2,85	0,075
158 "	400	1,06	0,105	4	8	0,12	0,135	2,07	2,34	0,085
159 "	350	1,06	0,095	4	8	0,11	0,12	1,85	2,06	0,09
160 "	300	1,06	0,085	4	8	0,09	0,11	1,55	1,83	0,10
161 "	250	1,06	0,075	4	8	0,085	0,09	1,38	1,51	0,11
162 "	200	1,06	0,065	4	8	0,07	0,08	1,12	1,28	0,12
163 "	150	1,06	0,055	4	8	0,057	0,06	0,87	0,96	0,135

Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б						
	плотность ρ_0 , кг/м ³	удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°C)	теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°C)	влажность, w, %		теплопроводность λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоение (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		Паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
164 Полистиролбетон модифицированный на шлакопортландцементе	500	1,06	0,12	3,5	7	0,13	0,14	2,39	2,63	0,075
165 То же	400	1,06	0,09	3,5	7	0,10	0,11	1,87	1,98	0,08
166 "	300	1,06	0,08	3,5	7	0,08	0,09	1,45	1,63	0,10
167 "	250	1,06	0,07	3,5	7	0,07	0,08	1,24	1,40	0,11
168 "	200	1,06	0,06	3,5	7	0,06	0,07	1,02	1,09	0,12
169 Газо- и пенобетон на цементном вяжущем	1000	0,84	0,29	8	12	0,38	0,43	5,71	6,49	0,11
170 То же	800	0,84	0,21	8	12	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14
171 "	600	0,84	0,14	8	12	0,22	0,26	3,36	3,91	0,17
172 "	400	0,84	0,11	8	12	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23
173 Газо- и пенобетон на известняковом вяжущем	1000	0,84	0,31	12	18	0,48	0,55	6,83	7,98	0,13
174 То же	800	0,84	0,23	11	16	0,39	0,45	6,07	7,03	0,16
175 "	600	0,84	0,15	11	16	0,28	0,34	5,15	6,11	0,18
176 "	500	0,84	0,13	11	16	0,22	0,28	4,56	5,55	0,235
177 Газо- и пенозолобетон на цементном вяжущем	1200	0,84	0,37	15	22	0,60	0,66	7,99	9,18	0,085
178 То же	1000	0,84	0,32	15	22	0,52	0,58	7,43	8,62	0,098
179 "	800	0,84	0,23	15	22	0,41	0,47	6,61	7,60	0,12
<i>Кирпичная кладка из сплошного кирпича</i>										
180 Глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,56	1	2	0,7	0,81	9,2	10,12	0,11
181 Глиняного обыкновенного на цементно-шлаковом растворе	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12
182 Глиняного обыкновенного на цементно-перлитовом растворе	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,7	8,08	9,23	0,15
183 Силикатного на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,7	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
184 Трепельного на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
185 То же	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
186 Шлакового на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,7	8,12	8,76	0,11
<i>Кирпичная кладка из пустотного кирпича</i>										

Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б						
	плотность ρ_0 , кг/м ³	удельная тепло-емкость c_0 , кДж/(кг·°C)	тепло-проводность λ_0 , Вт/(м·°C)	влажность, w, %		тепло-проводность λ , Вт/(м·°C)		тепло-усвоение (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		Паро-проницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
187 Керамического пустотного плотностью 1400 кг/м3 (брутто) на цементно-песчаном растворе	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
188 Керамического пустотного плотностью 1300 кг/м3 (брутто) на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
189 Керамического пустотного плотностью 1000 кг/м3 (брутто) на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
190 Силикатного одиннадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,64	2	4	0,7	0,81	8,59	9,63	0,13
191 Силикатного четырнадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,52	2	4	0,64	0,76	7,93	9,01	0,14
Дерево и изделия из него										
192 Сосна и ель поперек волокон	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
193 Сосна и ель вдоль волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
194 Дуб поперек волокон	700	2,3	0,1	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
195 Дуб вдоль волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
196 Фанера клееная	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
197 Картон облицовочный	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
198 Картон строительный многослойный	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
Конструкционные материалы										
Бетоны										
199 Железобетон	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
200 Бетон на гравии или щебне из природного камня	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
201 Раствор цементно-песчаный	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09
202 Раствор сложный (песок, известь, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,7	0,87	8,95	10,42	0,098
203 Раствор известково-песчаный	1600	0,84	0,47	2	4	0,7	0,81	8,69	9,76	0,12

Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б						
	плотность ρ_0 , кг/м ³	удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°C)	теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°C)	влажность, w, %		теплопроводность λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоение (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		Паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
<i>Облицовка природным камнем</i>										
204 Гранит, гнейс и базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
205 Мрамор	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
206 Известняк	2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06
207 То же	1800	0,88	0,7	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
208 "	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
209 "	1400	0,88	0,49	2	3	0,56	0,58	7,42	7,72	0,11
210 Туф	2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
211 То же	1800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
212 "	1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
213 "	1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
214 "	1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
215 "	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11
Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов										
216 Листы асбестоцементные плоские	1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
217 То же	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03
218 Битумы нефтяные строительные и кровельные	1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008
219 То же	1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
220 "	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
221 Асфальтобетон	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
222 Рубероид, пергамин, толь	600	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	-
223 Пенополиэтилен	26	2,0	0,048	1	2	0,049	0,050	0,44	0,44	0,001
224 То же	30	2,0	0,049	1	2	0,050	0,050	0,47	0,48	0,001
225 Линолеум поливинилхлоридный на теплоизолирующей подоснове	1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
226 То же	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
227 Линолеум поливинилхлоридный на тканевой основе	1800	1,47	0,35	0	0	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
228 То же	1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
Металлы и стекло										
230 Сталь стержневая арматурная	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
231 Чугун	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
232 Алюминий	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
233 Медь	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
234 Стекло оконное	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0

Практическое занятие № 4

Тепловой и влажностный режим ограждающих конструкций

1.1. Расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха

Параметры внутреннего воздуха

Параметры внутреннего воздуха определяются согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [Ошибка! Источник ссылки не найден., п. 5]:

Таблица 4.1 – Параметры внутреннего воздуха

Параметр	Обозначение	Размерность	Значение
Температура внутреннего воздуха	t_v	°C	
Относительная влажность	ϕ_v	%	
Температура точки росы	t_p	°C	

Расчетная температура внутреннего воздуха принимается по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих групп зданий по ГОСТ 30494 [Ошибка! Источник ссылки не найден.], в интервалах:

Таблица 4.2 – Интервалы температур внутреннего воздуха

№	Здания	Интервал, °C
1.1	Жилые, гостиницы и общежития	20 – 22
1.2	Лечебно-профилактические, дошкольные образовательные и общеобразовательные организации, интернаты	20 – 22
2	Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	16 – 21

Относительную влажность внутреннего воздуха для определения точки росы следует принимать по СП 50.13330.2012 [Ошибка! Источник ссылки не найден., п. 5.7].

Температура точки росы определяется по Id-диаграмме при температуре воздуха и относительной влажности.

Параметры наружного воздуха

Параметры наружного воздуха (для заданного района) определяются согласно СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» [Ошибка! Источник ссылки не найден., табл. 3.1]:

Параметр	Обозначение	Размерность	Значение
Средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки (t_n) с коэффициентом обеспеченности 0,92	t_n	°C	
Относительная влажность воздуха	φ_n	%	
Средняя температура отопительного периода	$t_{от}$	°C	
Продолжительность отопительного периода	$Z_{от}$	сут.	

Отопительный период это период со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °C, а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых не более 10 °C.

Относительная влажность наружного воздуха принимается как среднемесячная наиболее холодного месяца.

1.2. Расчет требуемой толщины теплоизоляционного слоя

Требуемое термическое сопротивление ограждения

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (R_o^{TP} , м²°C/Вт), следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода (ГСОП, °C·сут/год), региона строительства по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [Ошибка! Источник ссылки не найден., Табл. 3].

Градусо-сутки отопительного периода определяют по формуле

$$G_{COП} = (t_b - t_{от}) \cdot z_{от}, \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут/год}$$

где $t_{от}$, $z_{от}$ - средняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$, и продолжительность, сут/год, отопительного периода;

t_b - расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^\circ\text{C}$.

Расчетные характеристики материалов ограждающей конструкции

Расчетные характеристики материалов ограждения принимают по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [Ошибка! Источник ссылки не найден., Прил. Т]:

- коэффициент теплопроводности – λ_i ;
- паропроницаемость – μ_i .

Условия эксплуатации здания (А или Б), определяются в зависимости от зоны влажности и влажностного режима помещения по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [Ошибка! Источник ссылки не найден., п.4.3–4.4].

Определенные таким образом характеристики материалов сводят в таблицу:

№ п/п	Наименование слоя	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{C}}$	$\mu, \frac{\text{мг}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}$
1	(Название слоя 1)		
2	(Название слоя 2)		
...	(Название слоя ...)		

Требуемая толщина теплоизоляционного слоя

Толщина теплоизоляционного слоя определяется по величине термического сопротивления слоя изоляции

$$R_{из} = \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}$$

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot R_{из}, \text{ м,}$$

где $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала;

Термическое сопротивление слоя изоляции определяется на основе требуемого сопротивления теплопередачи ($R_o^{тр}$) ограждающей конструкции

$$R_{из} = R_o^{тр} - R_t^{стр}$$

$R_{\text{стр}} = R_{\text{н}} + \Sigma R_i^{\text{стр}} + R_{\text{в}}$ – сопротивление теплопередачи строительных слоев;
 $\Sigma R_i^{\text{стр}}$ – сумма термических сопротивлений строительных слоев конструкции (за исключением слоя изоляции),

$$R_{\text{н}} = \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} ; R_{\text{в}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} ; R_i^{\text{стр}} = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

где $\alpha_{\text{н}}$ и $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициенты теплоотдачи (СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий [Ошибка! Источник ссылки не найден., Табл. 4 и 6]); δ_i и λ_i – толщина и коэффициент теплопроводности элемента ограждающей конструкции.

Полученное значение толщины изоляционного слоя округлить до ближайшего большего значения, кратного 10 мм и уточнить $R_{\text{из}}$ по факту.

Расчет сопротивлений ограждающей конструкции ведется в табличной форме.

Термические сопротивления **строительных** слоев: $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$

№ п/п	Наименование слоя (краткое)	Обоз- наче- ние	δ , м	λ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^\circ\text{С}}$	R , $\frac{\text{м}^2\text{°С}}{\text{Вт}}$
1	(Название слоя 1)				
2	(Название слоя 2)				
...	(Название слоя ...)				
	Сумма термических сопротивлений строительных слоев	$\Sigma R_i^{\text{стр}}$			

№ п/п	Сопротивление	Формула	Значе- ние
1	наружной теплоотдачи	$R_{\text{н}} =$	
2	внутренней теплоотдачи	$R_{\text{в}} =$	
3	теплопередачи строительных слоев	$R_{\text{т стр}} =$	
4	Требуемое сопротивление теплопередаче	$R_o^{\text{тр}} =$	
5	Термическое сопротивление слоя изоляции	$R_{\text{из}} =$	
6	Толщина теплоизоляционного слоя	$\delta_{\text{из}} =$	
7	Толщина теплоизоляции (округлено)	–	
8	Термическое сопротивление слоя изоляции (фактическое)	$R_{\text{из}} =$	
9	Сумма термических сопротивлений всех слоев	$\Sigma R_i =$	

10	Общее сопротивление теплопередачи	$R_o =$	
----	-----------------------------------	---------	--

1.3. Распределение температуры по сечению ограждения

В условиях стационарной теплопередачи тепловой поток не изменяется во времени по величине и направлению. Таким образом, тепловой поток, проходящий через каждый слой постоянен и равен общему тепловому потоку, проходящему через конструкцию (рис. 4.1):

$$q = \frac{t_B - t_1}{R_B} = \frac{t_1 - t_2}{R_1} = \frac{t_2 - t_3}{R_2} = \frac{t_3 - t_4}{R_3} = \frac{t_4 - t_H}{R_H} = \frac{t_B - t_H}{R_o},$$

где $R_o = R_B + R_1 + R_2 + R_3 + R_H$.

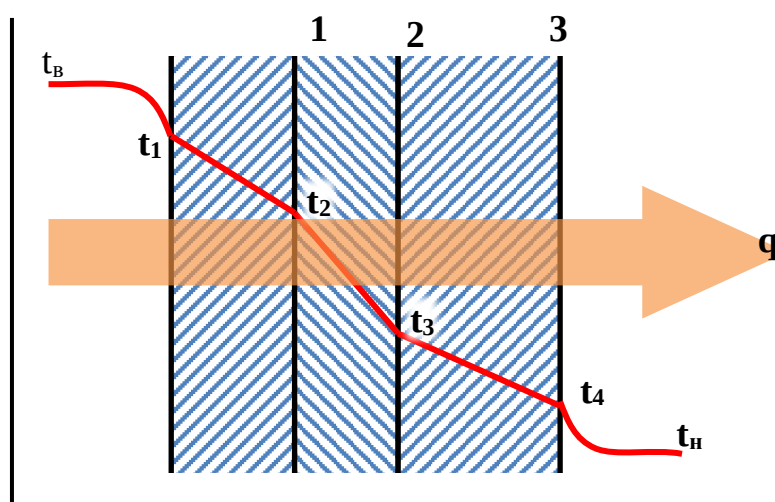


Рисунок 4.1 – Схема теплопередачи через многослойную стенку.

Таким образом, рассматривая теплообмен между внутренним воздухом (в) и точкой 2, имеем равенство:

$$q = \frac{t_B - t_2}{R_B + R_1} = \frac{t_B - t_H}{R_o},$$

для точки 3:

$$q = \frac{t_B - t_3}{R_B + R_1 + R_2} = \frac{t_B - t_H}{R_o},$$

и так далее.

В общем виде можно записать для любой точки x:

$$q = \frac{t_B - t_x}{\sum R_{B-x}} = \frac{t_B - t_H}{R_o},$$

где $\sum R_{B-x} = R_B + R_1 + \dots + R_x$.

Тогда, температуру в любой точке можно рассчитать по формуле

$$t_x = t_B - \frac{\sum R_{B-x}}{R_o} \cdot (t_B - t_H).$$

Расчеты производятся в табличной форме.

Сводная ведомость всех сопротивлений:

№ п/п	Название	Сопротивление $R, \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bt}$	Толщина δ, m
1	Внутренняя теплоотдача		—
2	(Название 1 слоя)		
3	(Название 2 слоя)		
...	(и т.д.)		
	Наружная теплоотдача		—
	СУММА:		

Расчет температур (t) в каждой точке (по примеру на рис. 4.1):

№ точки	t_x	R (значение)	$\sum R_{B-x}$ (формула)	R_{B-x} (значение)	$t_x, ^\circ C$ (значение)
1	t_1	(R_B)	$\sum R_{B-1} = R_B$		
2	t_2	(R_1)	$\sum R_{B-2} = R_B + R_1$		
3	t_3	(R_2)	$\sum R_{B-3} = R_B + R_1 + R_2$		
...	...	(и т.д.)	(и т.н.)		

На миллиметровой бумаге в масштабе строятся графики температурного поля по примеру на рис. 4.2.

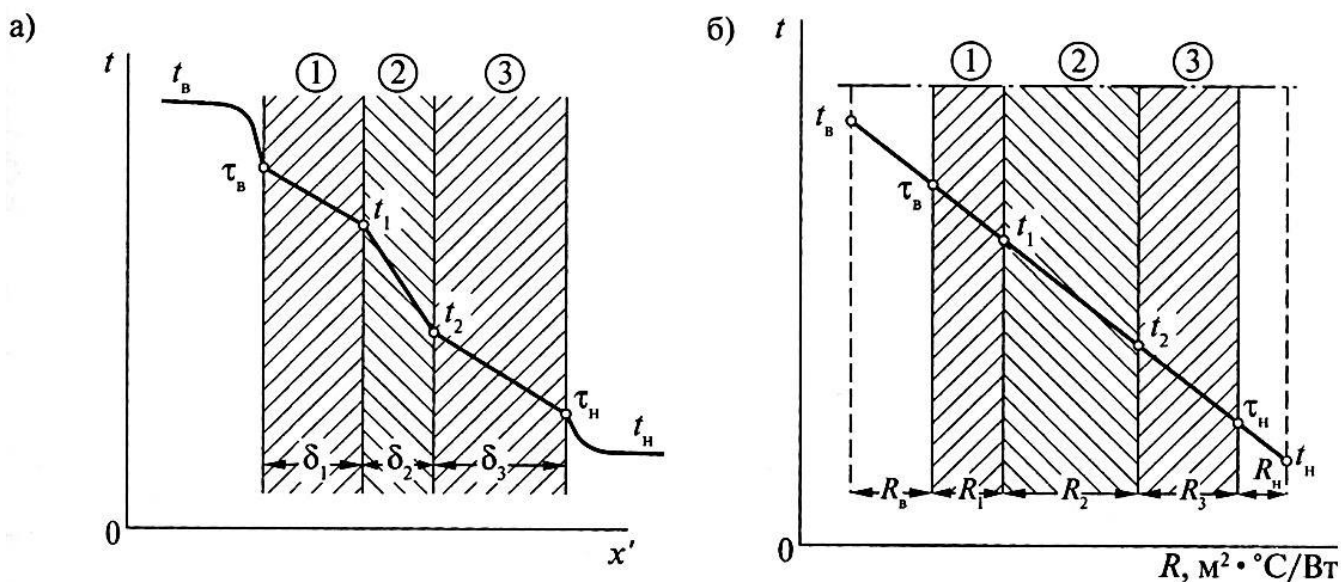


Рисунок 4.2 – Температурное поле ограждающей конструкции в масштабе толщин слоев (а) и в масштабе термических сопротивлений слоев (б).

Графические построения выполнять в соответствии с масштабом (п. **Ошибка!**
Источник ссылки не найден.)

Графическое определение температур на границах слоев

Графический метод определения температур также основан на использовании уравнения теплового баланса для стационарных условий, согласно которому изменение температуры от слоя к слою пропорционально соответствующему сопротивлению. Следовательно, график температур в масштабе сопротивлений имеет вид прямой и может быть построен по двум точкам (рис. 4.2 б). График температур в масштабе сопротивлений $t = f(R)$ представляет прямую линию и может быть построен по двум точкам: при $(t = t_B; R = 0)$ и при $(t = t_H; R = R_0)$. Значения температур на границах слоев определяются точками пересечения наклонной линии изменения температуры с вертикальными линиями, проходящими через границы термических сопротивлений соответствующих слоев.

Общий порядок выполнения:

1. Выбирается масштаб по оси R и в этом масштабе вычерчиваются все слои, включая два фиктивных слоя – R_B и R_H (отмечены пунктиром).
2. Выбирается масштаб по оси t и отмечаются температуры t_B и t_H .

3. Строится график в виде одной сплошной прямой линии от температуры t_b до температуры t_n . На пересечении этой линии с вертикальными границами слоев определяются температуры в масштабе вертикальной оси t .

4. Температуры, определенные графическим путем (рис. 4.2 б), должны совпасть с температурами определенными расчетным путем (рис. 4.2 а). В противном случае должны быть исправлены ошибки в расчетах или построениях.

1.4. Распределение упругости водяных паров по сечению ограждения

Максимально возможная упругость водяных паров

Максимально возможная упругость водяного пара (E) зависит только от температуры и определяется для значений температурного поля (п. 1.3) по справочным данным [Ошибка! Источник ссылки не найден., Прил. С] или по формуле:

$$E = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + t}\right).$$

Максимально возможная упругость водяных паров при температурах:

t	Величина, °C	E	Величина, Па
t_b		E_b	
t_1		E_1	
t_2		E_2	
t_3		E_3	
...		...	

Таблица соответствия терминов-синонимов

Термин	термин-синоним
Упругость водяного пара	Парциальное давление водяного пара
Максимально возможная упругость водяного пара	Парциальное давление насыщенного водяного пара

Упругость водяных паров по условию паропроницания слоев

Упругость водяных паров (e) определяется на границах слоев аналогично температурам. По аналогии, расчетное уравнение для упругости водяных паров в любой точке (x) следующее:

$$e_x = e_B - \frac{\sum R_{п.в-x}}{R_{п.0}} \cdot (e_B - e_H).$$

$R_{п.0} = R_{п.в} + \sum R_{п.i} + R_{п.н}$ – общее сопротивление паропередачи ограждающей конструкции.

$R_{п.в} = 0,0267 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$ – сопротивление пароотдачи на внутренней поверхности ограждающей конструкции.

$R_{п.н} = 0,0052 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$ – сопротивление пароотдачи на наружной поверхности ограждающей конструкции.

Расчет сопротивлений паропроницанию слоев $R_{п.i} = \frac{\delta_i}{\mu_i}$ ведется в табличной форме

№ п/п	Наименование слоя (краткое)	Обоз- наче- ние	δ , м	μ , мг $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$	$R_{п.}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$
1	(Название слоя 1)				
2	(Название слоя 2)				
...	...				
	Сумма сопротивлений паропроницанию слоев	$\sum R_{п.i}$			

Сводная ведомость сопротивлений и слоев:

№ п/п	Название сопротивления/слоя	Сопротивление $R_{п.}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}) / \text{мг}$	Толщина δ , м
1	Внутренняя пароотдача		—
2	(Название 1 слоя)		
3	(Название 2 слоя)		
...	...		
	Наружная пароотдача		—

Упругость водяных паров внутреннего (e_B) и наружного (e_H) воздуха определяется на основе понятия относительной влажности:

$$\varphi = \frac{e}{E} \cdot 100, \text{ \%};$$

$$e_B = E_B \cdot \frac{\varphi_B}{100}, \text{ Па};$$

$$e_n = E_n \cdot \frac{\varphi_n}{100}, \text{ Па.}$$

Расчет упругости водяных паров (e) в каждой точке:

№ точки	e_x	$R_{п.}$ (значение)	$\Sigma R_{п.в-x}$ (формула)	$\Sigma R_{п.в-x}$ (значение)	e_x , Па (значение)
1	e_1	$R_{п.в} =$	$\Sigma R_{п.в-1} = R_{п.в}$		
2	e_2	$R_{п.1} =$	$\Sigma R_{п.в-2} = R_{п.в} + R_{п.1}$		
3	e_3	$R_{п.2} =$	$\Sigma R_{п.в-3} = R_{п.в} + R_{п.1} + R_{п.2}$		
...	...	...	...		

Построение графика упругости водяных паров в ограждающей конструкции выполняется по примеру на рис. 4.3.

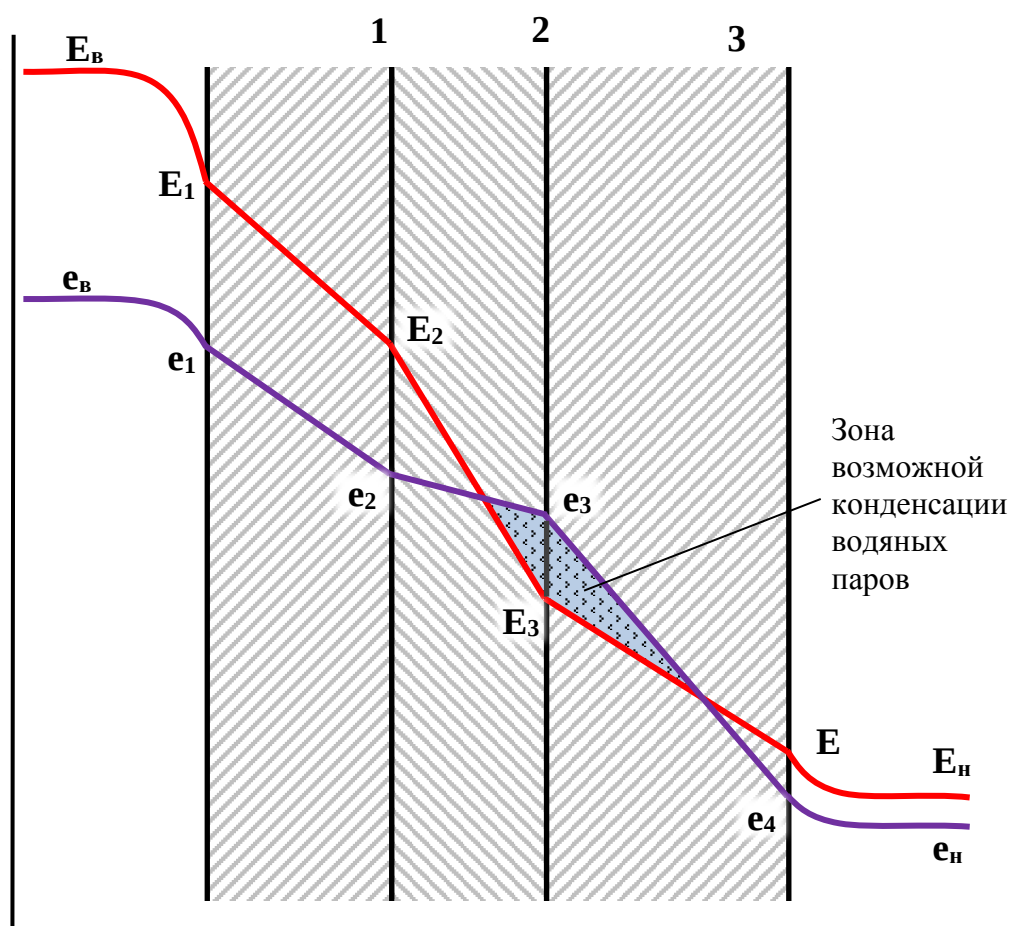


Рисунок 4.3 – Графики упругости водяных паров в ограждающей конструкции и определение зоны возможной конденсации.

Графические построения выполнять в соответствии с масштабом (п. **Ошибка!** **Источник ссылки не найден.**)

1.5. Мероприятие по предотвращению появления зоны конденсации водяных паров

Если по результатам предыдущего расчета в ограждающей конструкции определена зона конденсации водяных паров, то необходимо дополнительно установить слой пароизоляции и уточнить расчет распределения упругости водяных паров. Выбор слоя пароизоляции и правильное его расположение должны исключить появление зоны конденсации водяных паров.

В заключении необходимо проанализировать результаты расчетов по двум вариациям ограждающей конструкции, сделать выводы по оптимальному расположению теплоизоляционного слоя и эффективности возможной установки слоя пароизоляции.

Практическое занятие № 5

Оценка "суровости" климата

1.1 Теоретическая часть

Показатель градусо-суток отопительного периода (ГСОП) служит для технико-экономической оценки термического сопротивления ограждающих конструкций помещений.

Значение градусо-суток отопительного периода по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})Z_{ht} \text{,} \quad (1.1)$$

где t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая по [7];

t_{ht} , Z_{ht} – средняя температура, °С, и продолжительность (сут.) периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С, определяемые по [6].

1.2 Примеры решения задач

Пример 1.1. Определить значение градусо-суток для жилого здания в г. Ставрополе.

Решение

1. Определяем метеорологические характеристики района строительства по СНиП «Строительная климатология и геофизика»:

- средняя температура отопительного периода (периода со среднесуточной температурой $t_{воз} \leq 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$) **0,3 °С;**
- продолжительность отопительного периода **169 суток;**

2. Определяем температуру в помещении в зависимости от их назначения по СНиП «Отопление вентиляция, кондиционирование»:

- температура воздуха в помещении **18 °С;**

3. Определяем требуемое термическое сопротивление ограждения исходя из условия энергосбережения

$$D_d = (t_{int} - t_{ht.})Z_{ht.},$$

$$D_d = (18 - 0,3) \cdot 169 = 2991,3.$$

1.3 Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.1. Определить значение градусо-суток для производственного здания с тяжелыми условиями работы в г. Ставрополе.

Задача 1.2. Определить значение градусо-суток для производственного здания с работами средней тяжести в г. Ставрополе.

Задача 1.3. Определить значение градусо-суток для жилого здания в г. Москве.

Задача 1.4. Определить значение градусо-суток для жилого здания в г. Норильске.

Практическое занятие № 6

Расчет теплопотерь здания

Цель: Изучить методику расчета теплопотерь здания и научиться ее применять для расчетов реальных зданий.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции или их части:

Знать: основные сведения об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии (ОПК-3)

Уметь: выбирать метод или методику решения задачи профессиональной деятельности (ОПК-3)

Владеть: навыком решения задачи профессиональной деятельности (ОПК-3)

Знать: основные требования нормативно-правовых и нормативно-технических документов, предъявляемых к инженерным системам жизнеобеспечения (ОПК-4)

Уметь: выявлять основные требования нормативно-правовых и нормативно-технических документов, предъявляемых к инженерным системам жизнеобеспечения (ОПК-4)

Владеть: навыком выявления основных требований нормативно-правовых и нормативно-технических документов, предъявляемых к инженерным системам жизнеобеспечения (ОПК-4)

Знать: типовые проектные решения и технологического оборудования основных инженерных систем жизнеобеспечения здания в соответствии с техническими условиями (ОПК-6)

Уметь: определять базовые параметры теплового режима здания и производить расчётное обоснование режима работы инженерной системы жизнеобеспечения здания (ОПК-6)

Владеть: навыком определения основных параметров инженерных систем здания (ОПК-6)

Актуальность темы

Расчет теплопотерь здания является основой для гидравлического расчета системы отопления и дальнейшего ее проектирования.

6.1. Теоретическая часть

I. Теплопотери ограждающих конструкций

При расчете теплопотерь следует учитывать основные и добавочные потери тепла. **Основные** теплопотери определяются для наружных ограждающих конструкций по формуле:

$$Q_o = K \cdot \Delta t \cdot F, \text{ Вт} \quad (6.1)$$

где $K, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}}$ – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции;

$\Delta t = t_{\text{в}} - t_{\text{н}}, \text{ } ^\circ\text{С}$ – разность температур между внутренним и наружным воздухом;

$F, \text{ м}^2$ – площадь поверхности ограждающей конструкции;

Примечания:

1. В угловых помещениях жилых зданий, повышают расчетную температуру внутреннего воздуха на 2°С .

2. Угловыми считаются помещения, имеющие две и более наружные стены разной ориентации.

Коэффициент теплопередачи определяется на основе сопротивления теплопередачи: $K = 1/R$

нормативное сопротивление теплопередачи принимается:

– для окон и балконных дверей $R_o = 0,55 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$.

– для входных дверей $R_d = 0,80 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$.

Теплопотери наружных стен принято рассчитывать по суммарной площади стены и расположенных в ней окон или дверей. Поэтому в графу коэффициента теплопередачи для окна или двери заносится разность:

$$K'_o = K_o - K_{\text{нс}}$$

$$K'_d = K_d - K_{\text{нс}}$$

Добавочные теплопотери определяют в долях от основных теплопотерь. Они учитывают ориентацию наружных ограждений по сторонам света и другие особенности ограждений и здания в целом.

1. Добавку (β_1) на ориентацию ограждения по сторонам горизонта принимают для всех наружных вертикальных и наклонных ограждений, обращенных:

– на север, восток, северо-восток и северо-запад в размере $\beta = 0,1$

– на запад и юго-восток $\beta = 0,05$.

Схематически добавки на ориентацию представлены на Рис. 6.1.

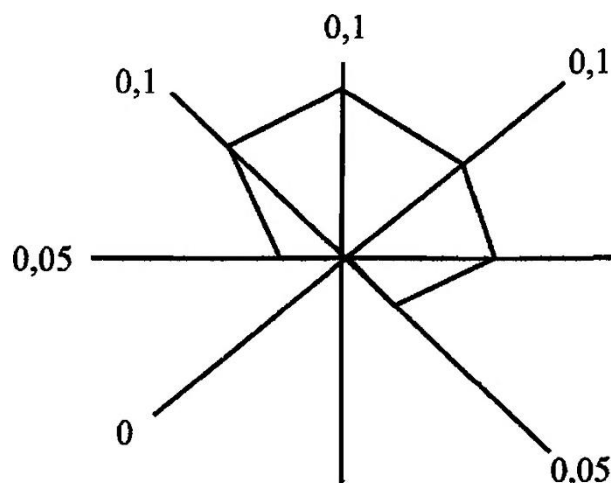


Рис. 6.1 – Схема определения добавок к основным теплопотерям на ориентацию ограждения

2. Добавка (β_2) на врывание холодного воздуха через наружные двери в здание, не оборудованное воздушно-тепловой завесой, при их кратковременном открывании принимается к основным теплопотерям дверей. Так, в здании высотой H для двойных дверей с тамбуром $\beta = 0,27 \cdot H$, для двойных дверей без тамбура $\beta = 0,34 \cdot H$. Для наружных ворот при отсутствии тамбура и воздушно-тепловой завесы теплопотери рассчитываются с добавкой $\beta = 3$. Указанные добавки не относятся к летним и запасным наружным дверям.

Теплопотери через ограждение с учетом добавок:

$$Q = Q_0 \cdot (1 + \Sigma\beta), \text{ Вт.} \quad (6.2)$$

Теплопотери всех ограждений суммируются по каждому помещению.

Расчет теплопотерь ведется в табличной форме.

Таблица 6.1 – Пример расчета теплопотерь ограждающих конструкций

№ пом.	Огр.	Стор. света	a	b	F	K	t_b	t_h	Δt	Q_0	$1 + \Sigma\beta$	Q	ΣQ
—	—	—	м	м	м ²	Вт/(м ² ·°C)	°C	°C	°C	Вт	—	Вт	Вт
01у	нс	юв	3,1	3,0	9,30	0,42	20	-15	35	137	1,05	144	1101
	нс	св	4,5	3,0	13,50	0,42	20	-15	35	198	1,1	218	
	о	св	1,5	1,5	2,25	1,26	20	-15	35	99	1,1	109	
	пл	—	3,1	4,5	13,95	0,72	20	-15	35	352	—	352	
	пт	—	3,1	4,5	13,95	0,57	20	-15	35	278	—	278	

02	нс	св	2,8	3,0	8,40	0,42	18	-15	33	116	1,1	128	
	о	св	1,5	1,5	2,25	1,26	18	-15	33	94	1,1	103	
	пл	—											
	пт	—											
...	...	...	...										

Рассчитываемые помещения в плане здания нумеруются. При нумерации углового помещения к номеру добавляется «у».

Наименования ограждений указываются сокращенно: нс – наружная стена, о – окно, д – дверь, пт – потолок, пл – пол.

Площадь поверхности ограждений определяется по формуле: $F = a \cdot b$, m^2 , где a , b – размеры ограждающей конструкции, m .

Правила обмера поверхности ограждающей конструкции помещения

Площадь наружных и внутренних ограждений при расчете теплопотерь вычисляют с точностью до $0,01 m^2$, используя размеры ограждений в метрах, снятые с точностью $0,1 m$ с планов и разрезов здания.

Длину наружных стен угловых помещений принимают по внешней поверхности от наружных углов до осей внутренних стен.

Длину наружных стен рядовых (не угловых) помещений принимают по расстоянию между осями внутренних стен.

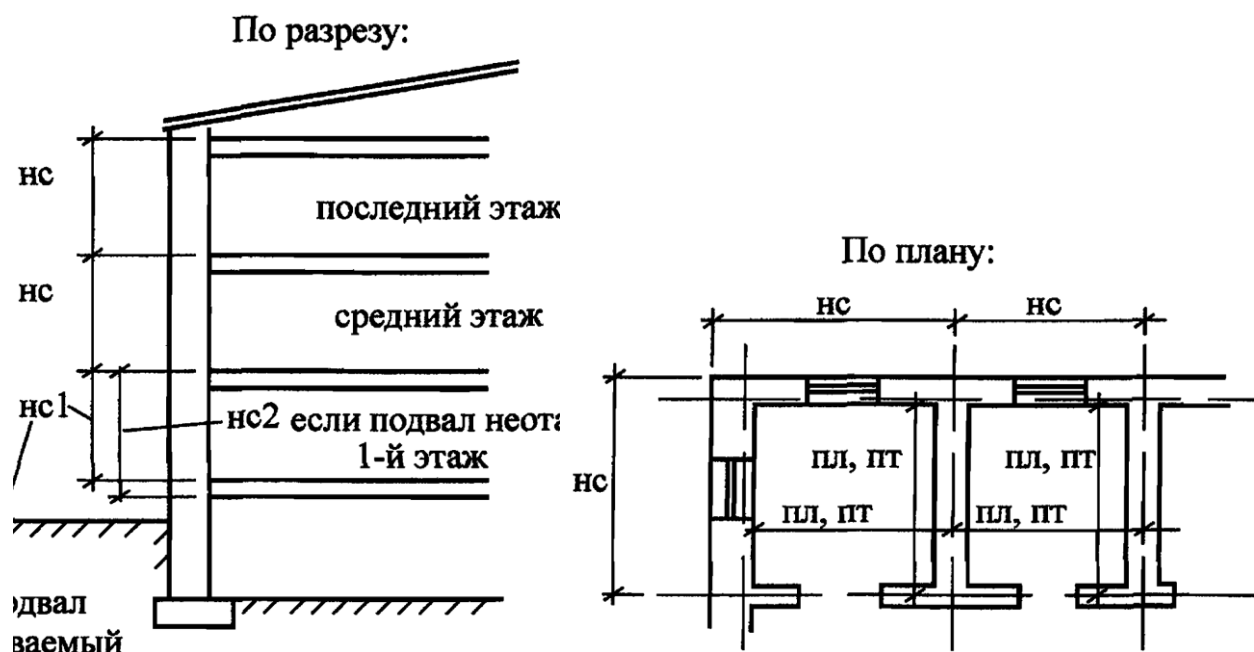


Рис. 6.2 – Схемы обмера ограждений при расчете трансмиссионных теплопотерь

Высоту наружных стен определяют по разрезам здания.

Площадь потолков (пт) и полов (пл) над холодным пространством измеряют между осями внутренних стен и внутренней поверхностью наружных стен.

II. Теплотери помещений

Теплотери помещений с учетом инфильтрации и бытовых тепловыделений определяются по формуле

$$Q_{\Pi} = Q_{\text{т}} + Q_{\text{инф}} - Q_{\text{быт}}, \text{ Вт.} \quad (6.3)$$

Трансмиссионные теплотери каждого помещения ($Q_{\text{т}}$) определяются как сумма теплотерь соответствующих ограждающих конструкций по каждому помещению (последняя колонка табл. 6.1).

Бытовые тепловыделения определяют по формуле

$$Q_{\text{быт}} = q_{\text{быт}} \cdot F, \text{ Вт} \quad (6.4)$$

где F – площадь жилой комнаты, м^2 ; $q_{\text{быт}}$ – величина бытовых тепловыделений на 1 м^2 площади жилых помещений, $\text{Вт}/\text{м}^2$, принимаемая по [6, с. 21–22].
Может быть принято $q_{\text{быт}} = 17 \text{ Вт}/\text{м}^2$,

Дополнительные потери тепла на инфильтрацию:

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 L_{\text{инф}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) k, \quad (6.5)$$

где $k = 0,9$ – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока.

В работе допустимо принимать количество инфильтрующегося воздуха $L_{\text{инф}}$ по нормам вытяжки, т. е. для кухонь с 4-хконфорочной газовой плитой – $90 \text{ м}^3/\text{ч}$, а для жилых комнат – в размере $3 \cdot F \text{ м}^3/\text{ч}$ (где F – площадь жилых помещений, м^2).

Расчет теплотерь помещений ведется в табличной форме:

Таблица 6.2 – Пример таблицы для расчета теплотерь помещений

№ пом.	Назн.	F	Q _т	q _{быт}	Q _{быт}	L _{инф}	Δt	Q _{инф}	Q _п
—	—	м ²	Вт	Вт/м ²	Вт	м ³ /ч	°С	Вт	Вт
01у	кух								
02	гост								
03	спалн								
04	спалн								
...	...	...	...						

6.2. Вопросы и задания

Исходные данные к расчету выбираются по индивидуальному шифру варианта. К расчету принимается одноэтажное жилое здание (коттедж).

Необходимо определить теплотери отдельных помещений здания.

Номер плана здания определяется по **первой** цифре шифра. Планы жилых зданий представлены в приложении 0.

Таблица 6.3 – Номер плана здания

Первая цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ плана здания	105	106	107	401	402	403	404	549	553	555

Размеры ограждающих конструкций в плане определять в масштабе. Высота помещений (от поверхности пола до поверхности потолка) принять 3 м. Высоту здания с учетом вентиляционной шахты здания принять 5 м.

Ориентацию фасада по странам света принимают по **второй** цифре шифра.

Таблица 6.4 – Ориентация фасада здания по странам света

Вторая цифра шифра	0; 1	2; 3	4	5	6	7	8	9
Ориентация фасада здания	С	Ю	СВ	В	ЮВ	ЮЗ	З	СЗ

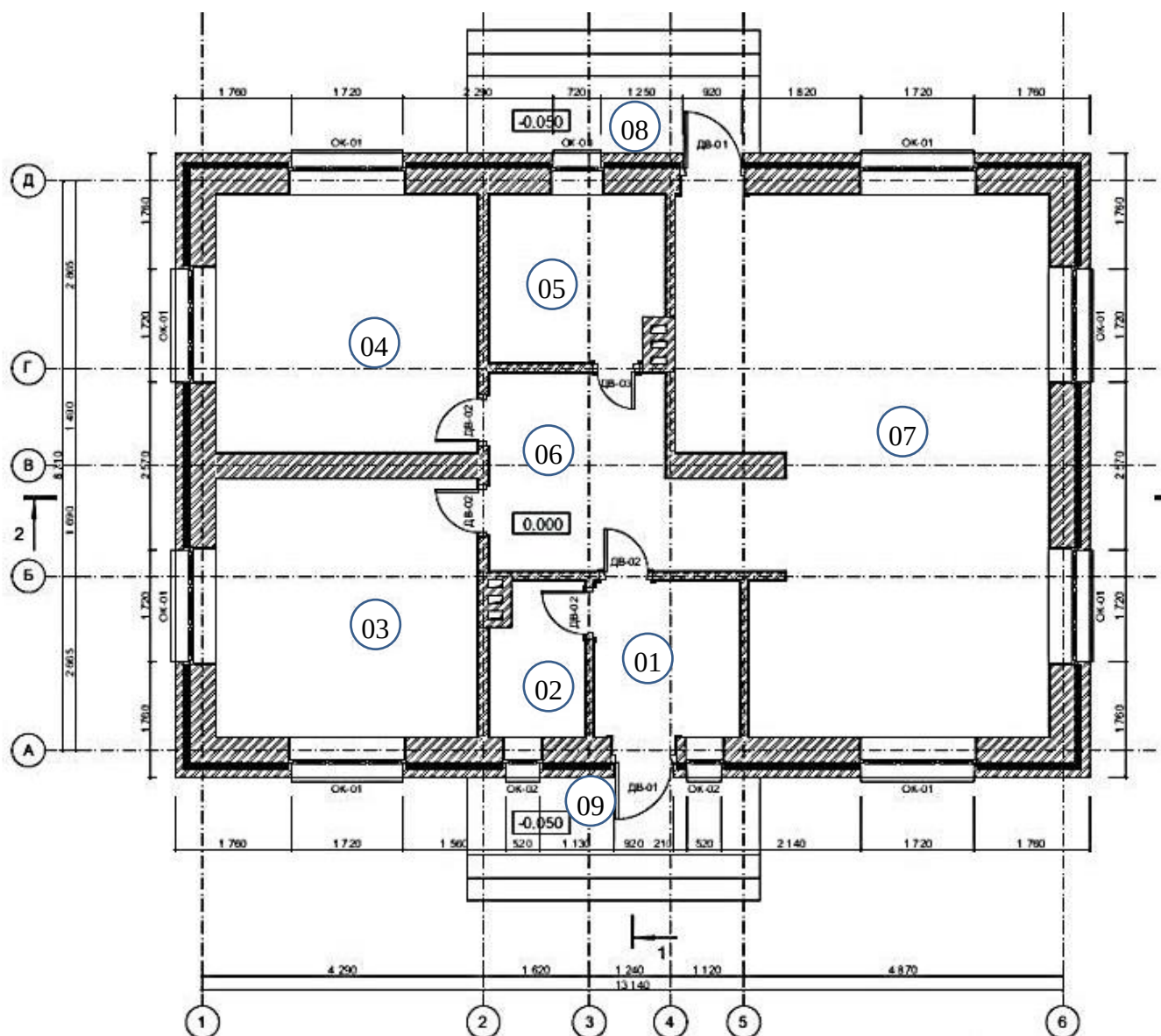
(За фасад принимается та сторона здания, где расположен главный вход)об-

6.3. Приложения

Приложение 6.1

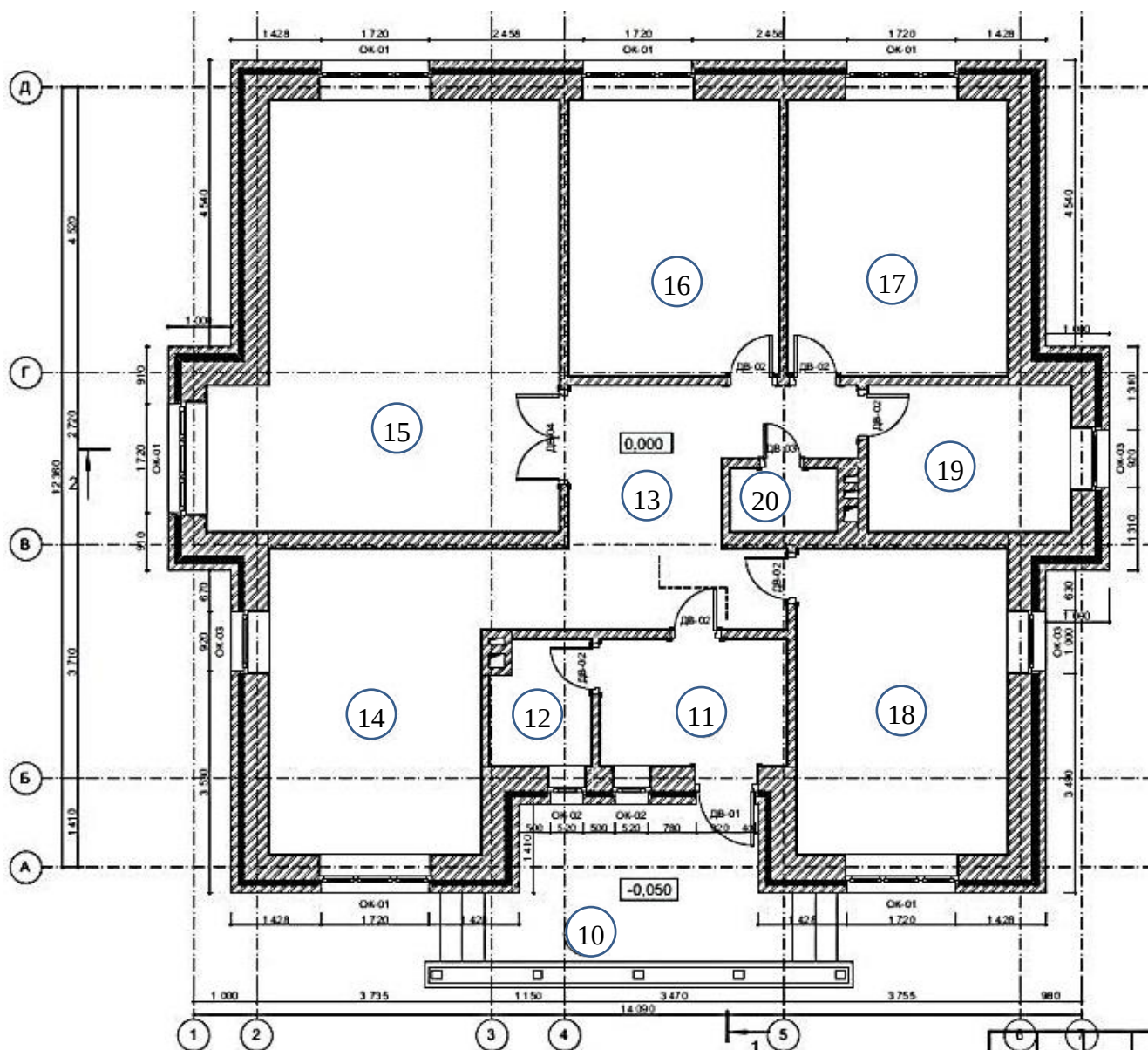
Планы этажей жилых зданий

План № 105



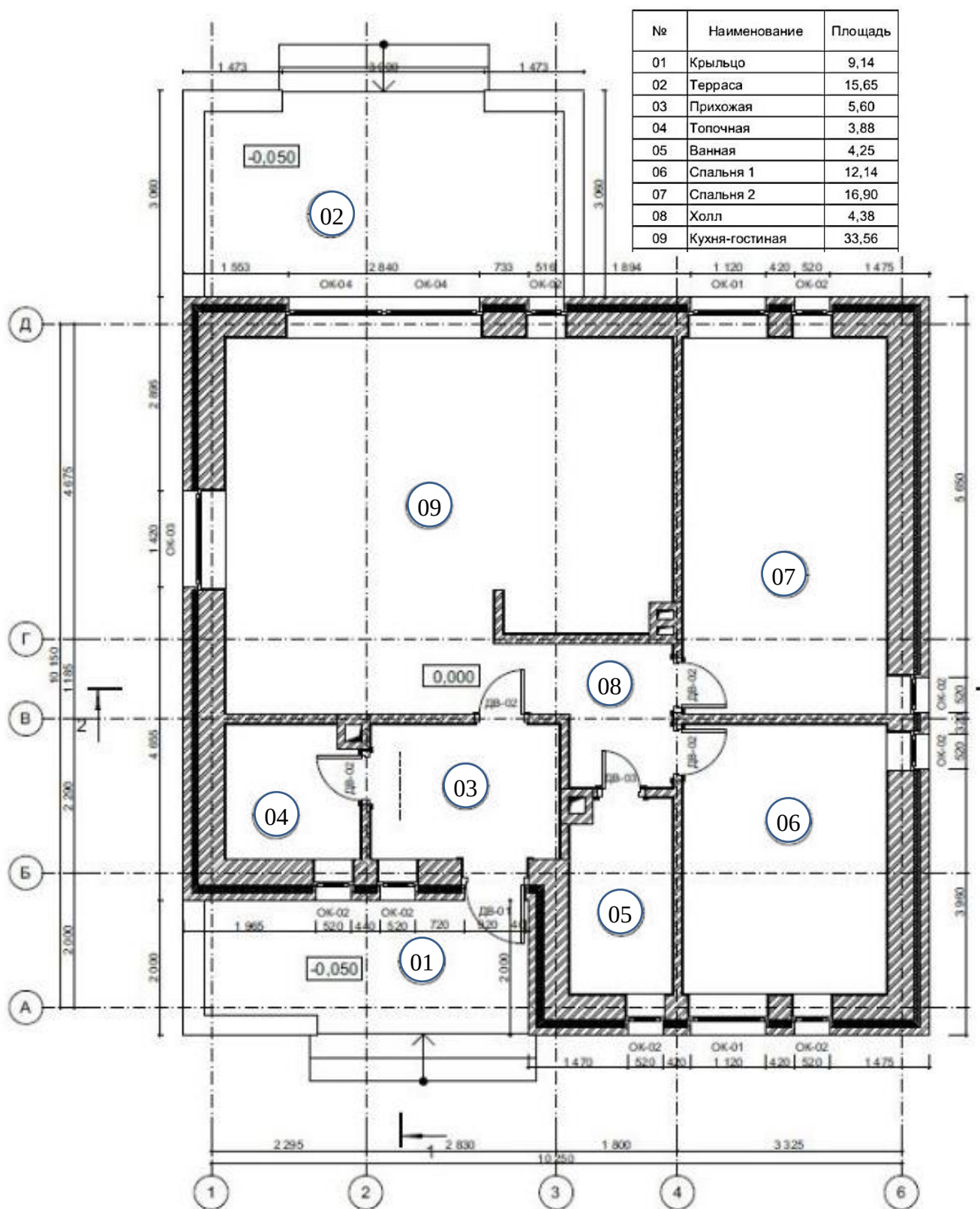
№	Наименование	Площадь
01	Прихожая	5,23
02	Топочная	3,23
03	Спальня 1	15,74
04	Спальня 2	15,74
05	Ванная	6,71
06	Холл	10,76
07	Кухня/гостиная	41,23
08	Крыльцо	5,33
09	Крыльцо	5,33
		109,30 м ²

План № 106

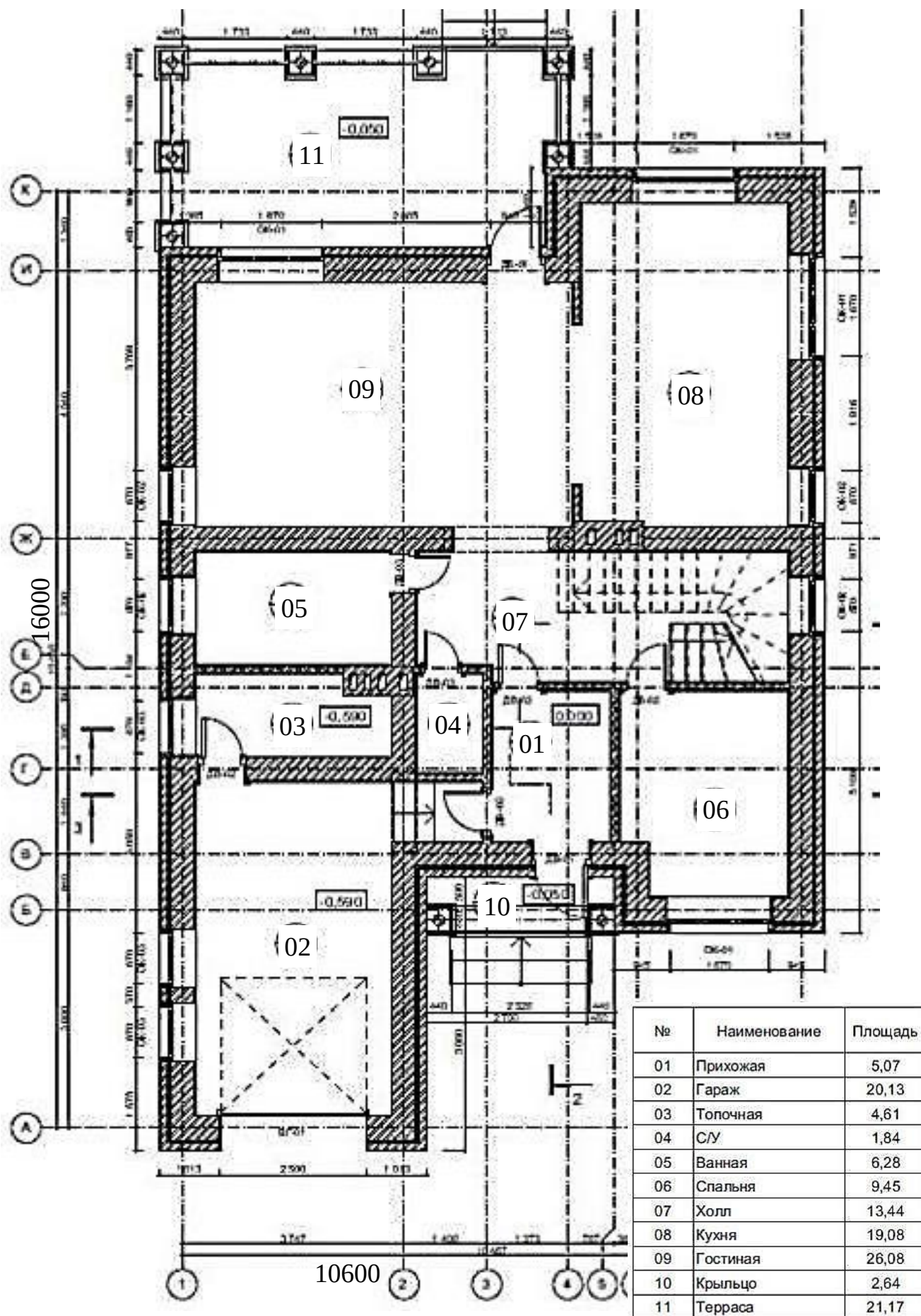


№	Наименование	Площадь
10	Крыльцо	10,92
11	Прихожая	5,88
12	Топочная	3,00
13	Холл	14,84
14	Кухня	16,14
15	Гостиная	33,73
16	Спальня 1	14,50
17	Спальня 2	15,18
18	Спальня 3	16,14
19	Ванная	7,37
20	С/У	1,67
		139,37 м ²

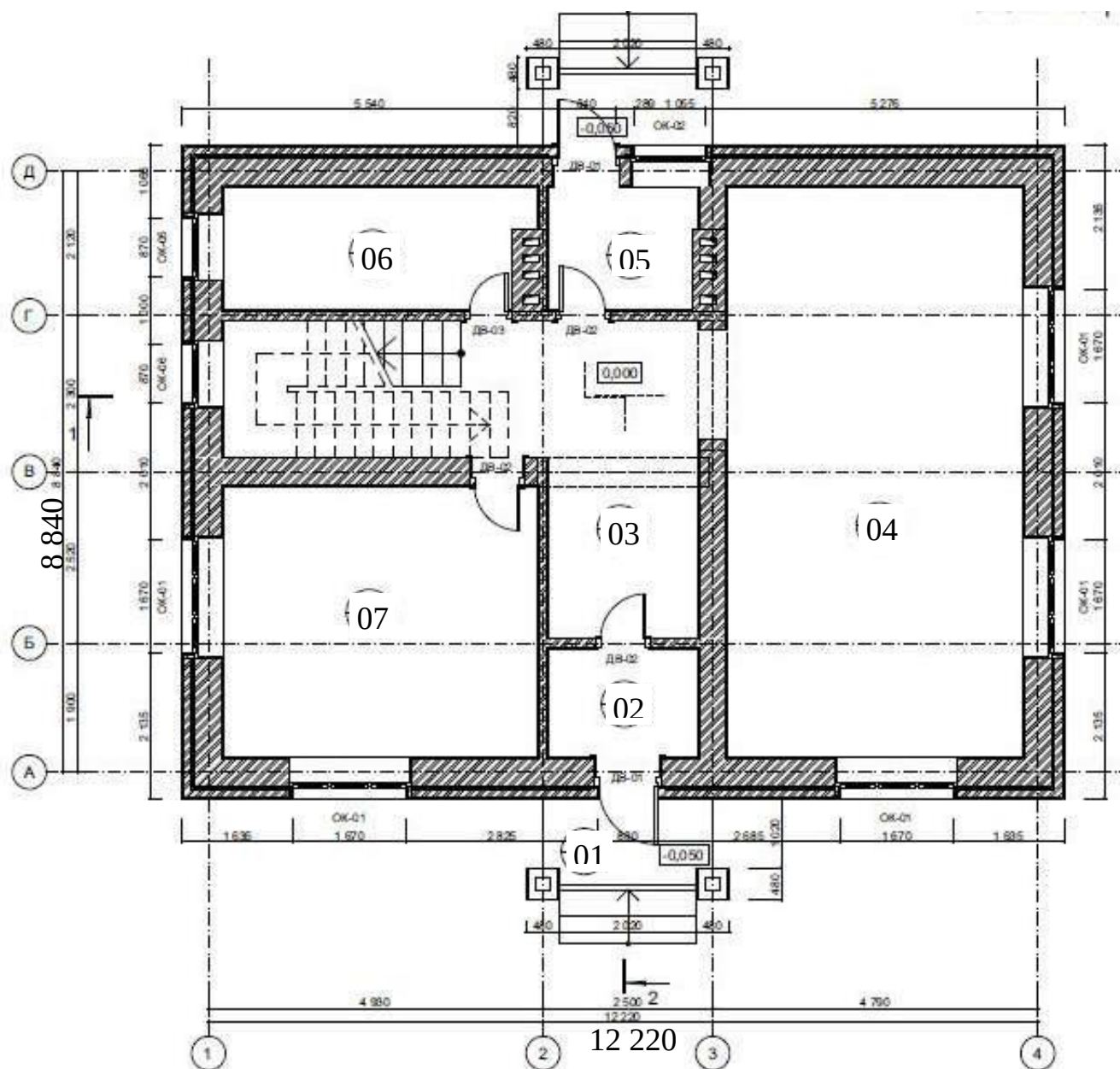
План № 107



План № 401

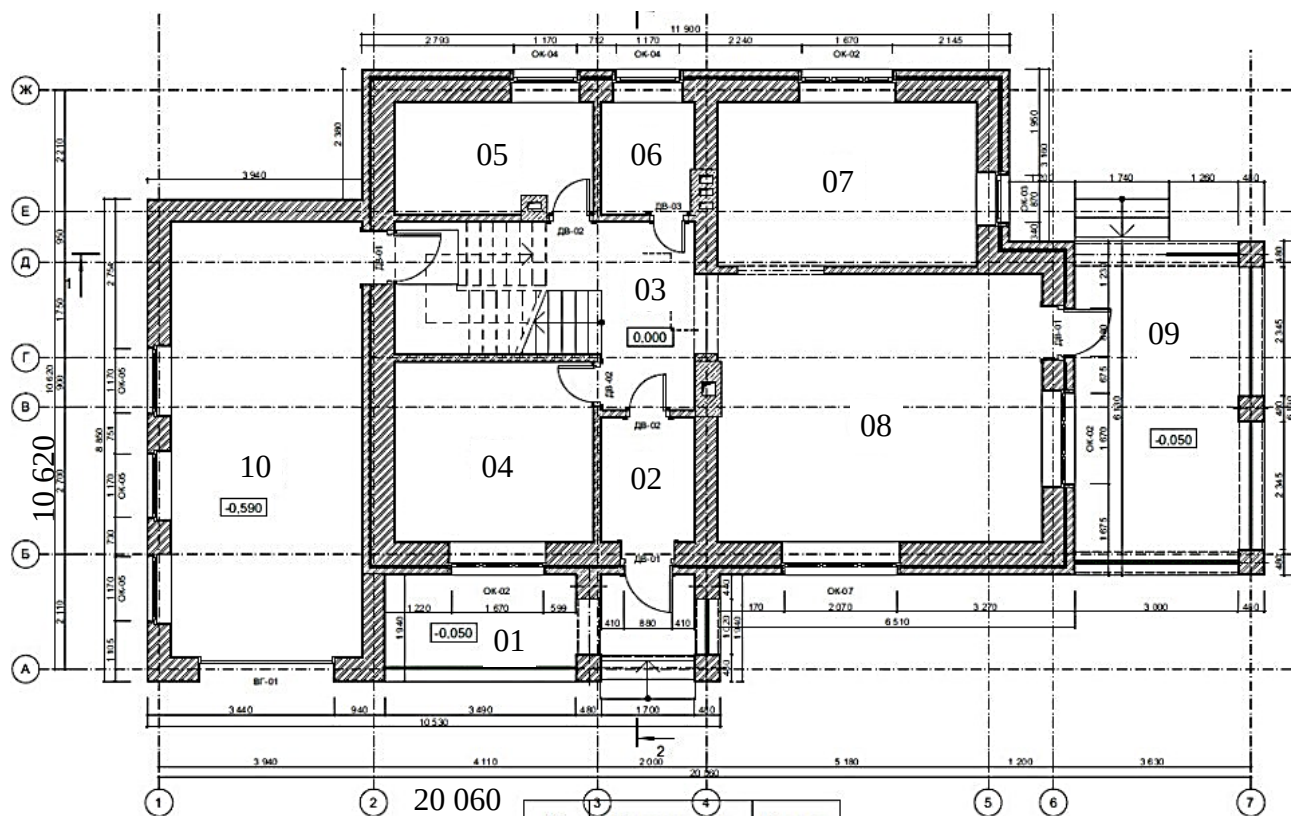


План № 402



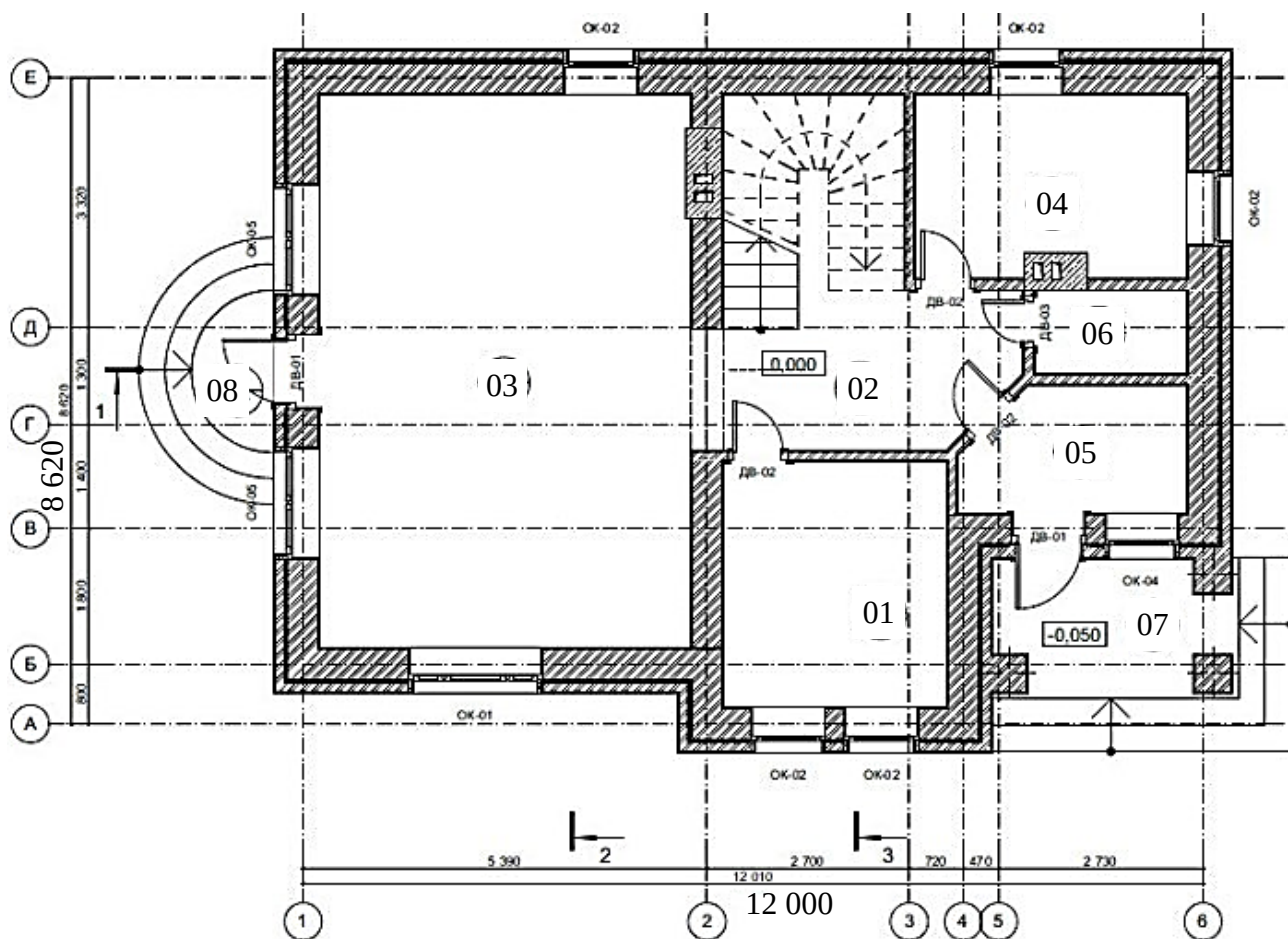
№	Наименование	Площадь
01	Крыльцо	3,03
02	Тамбур	3,52
03	Холл	19,83
04	Кухня-гостиная	36,54
05	Топочная	3,90
06	Ванная	7,99
07	Спальня	18,43
		93,24 м²

План № 403



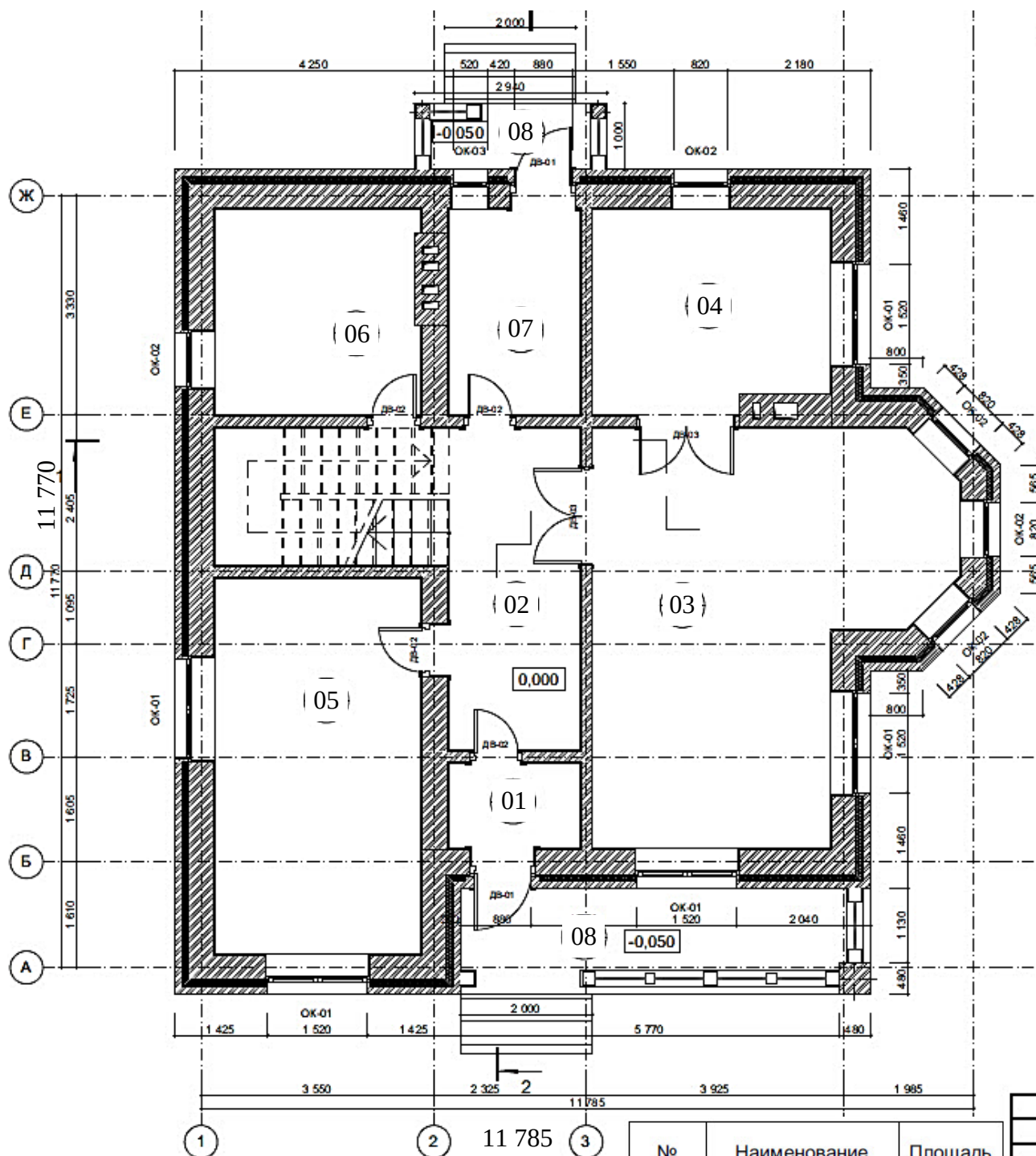
№	Наименование	Площадь
01	Крыльцо	10,40
02	Прихожая	3,88
03	Холл	14,93
04	Спальня 1	12,01
05	Ванная	7,46
06	Топочная	3,49
07	Кухня	14,22
08	Гостиная	29,17
09	Терраса	20,64
10	Гараж	27,90
		144,10 м²

План № 404

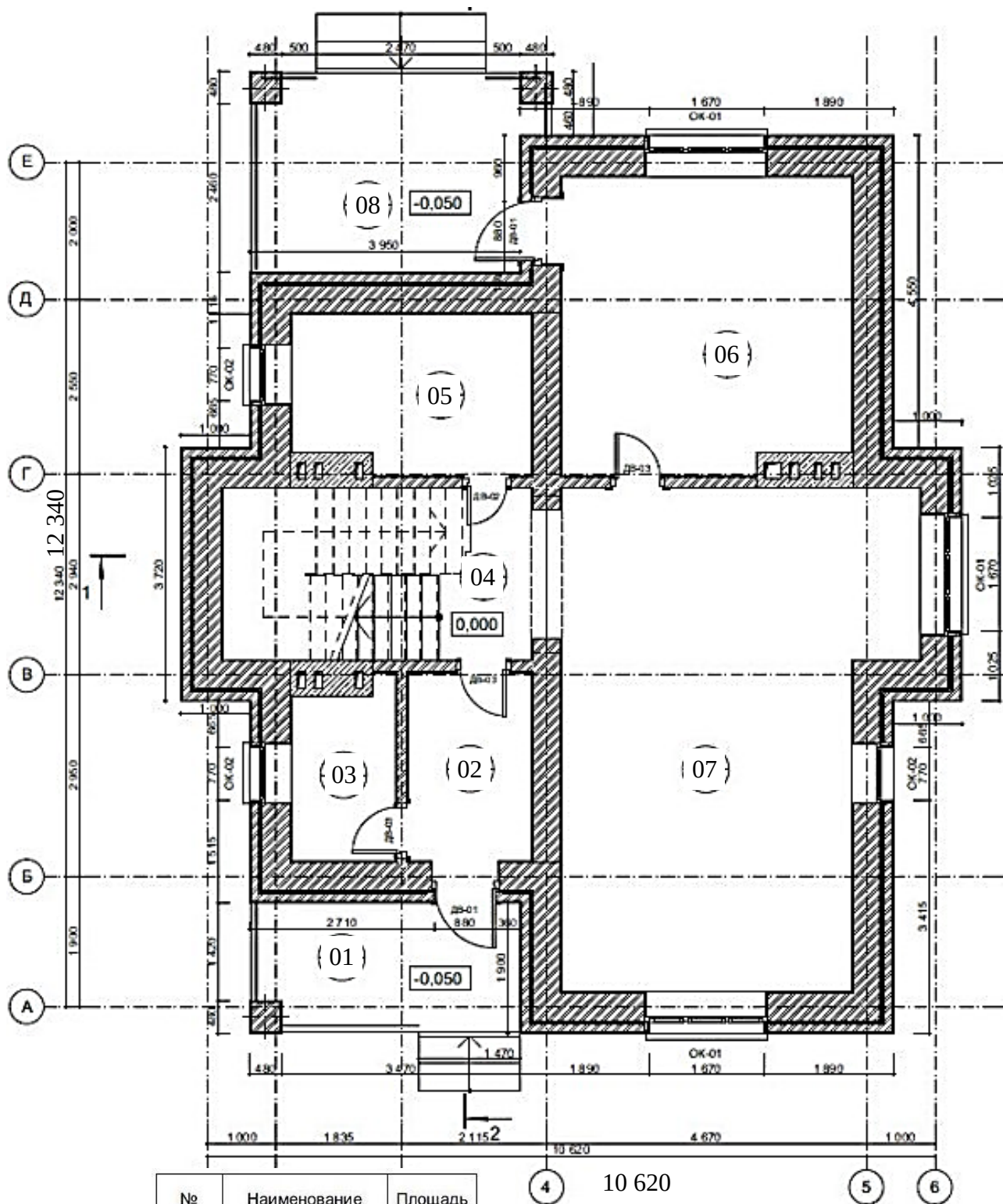


№	Наименование	Площадь
01	Кабинет	9,77
02	Холл	14,25
03	Кухня-гостиная	36,46
04	Топочная	8,62
05	Прихожая	4,74
06	С/У	2,22
07	Крыльцо	4,99
08	Крыльцо	1,88
		82,93 м²

План № 549

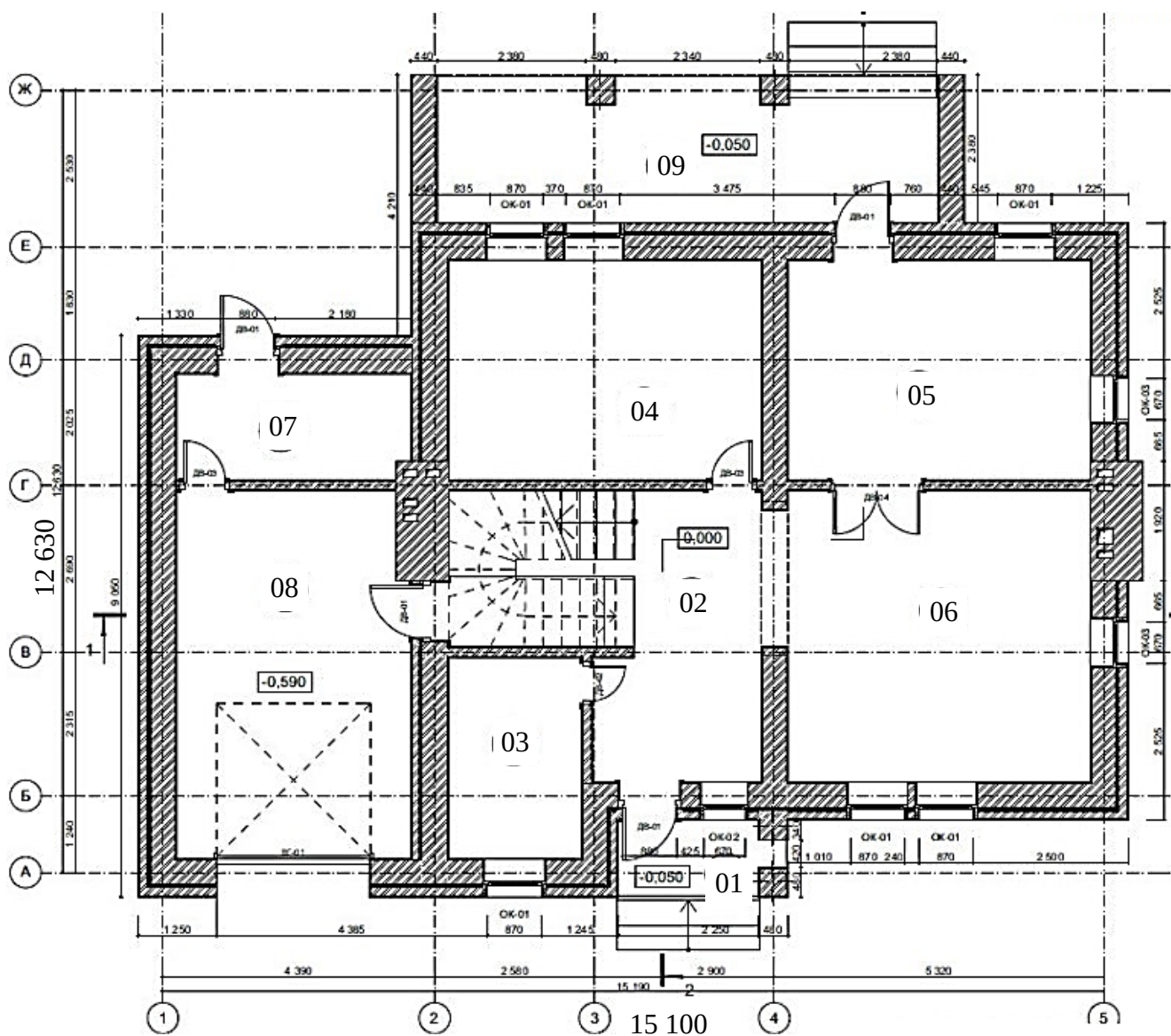


План № 553



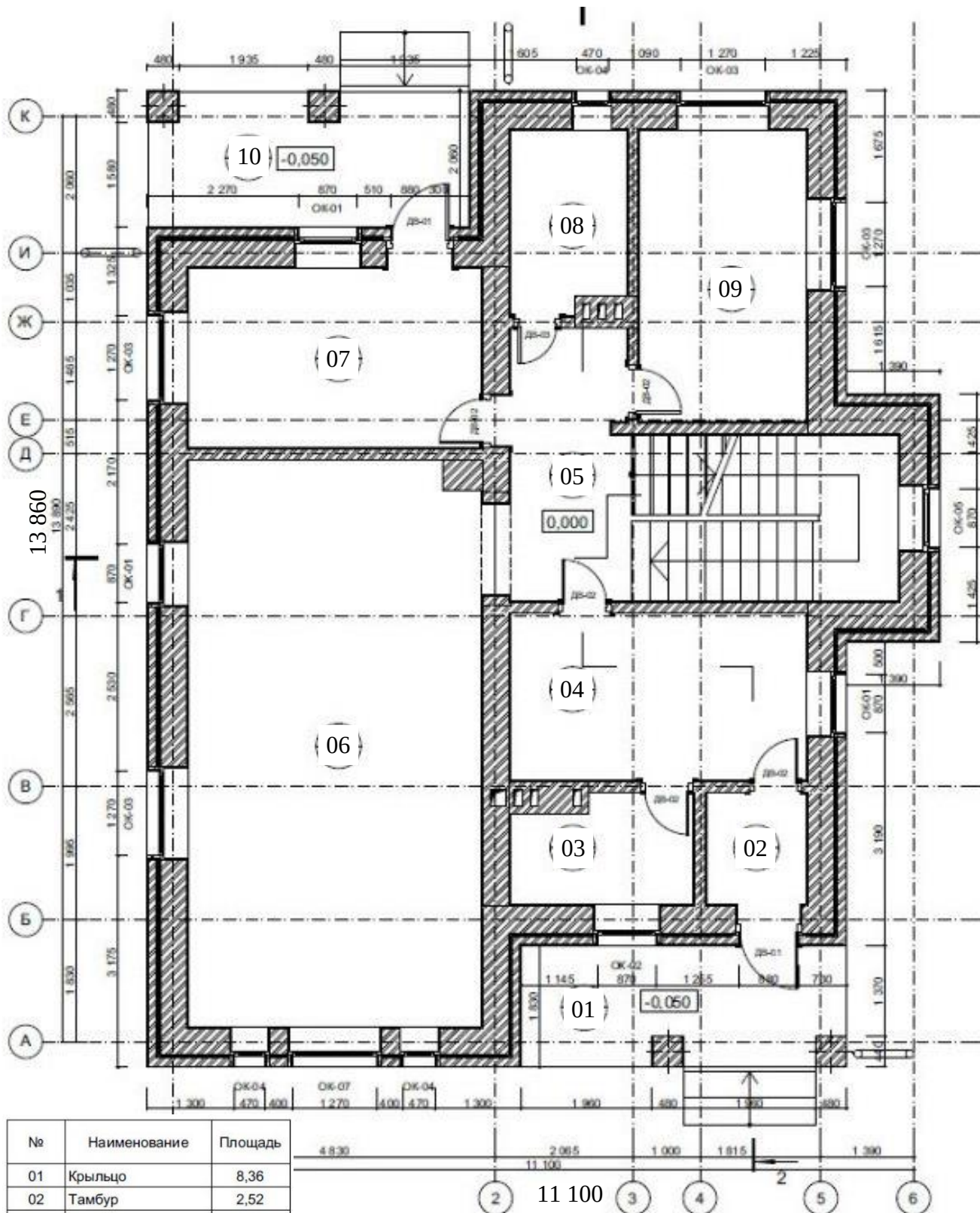
№	Наименование	Площадь
01	Крыльцо	7,18
02	Прихожая	4,97
03	Топочная	4,20
04	Холл	11,28
05	Ванная	8,28
06	Кухня-столовая	18,44
07	Гостиная	33,59
08	Терраса	11,48
		99,42 м ²

План № 554



№	Наименование	Площадь
01	Крыльцо	2,99
02	Холл	14,66
03	Ванная	6,93
04	Гостевая	17,84
05	Кухня-столовая	17,28
06	Гостиная	22,89
07	Топочная	6,39
08	Гараж	22,07
09	Терраса	18,58
		129,63 м ²

План № 555



Практическое занятие № 7

Процессы нагрева, охлаждения и смешения воздуха

На $I-d$ диаграмме влажного воздуха процессы нагрева и охлаждения воздушной среды изображаются лучами по $d = \text{const}$ (рисунок 2.1).

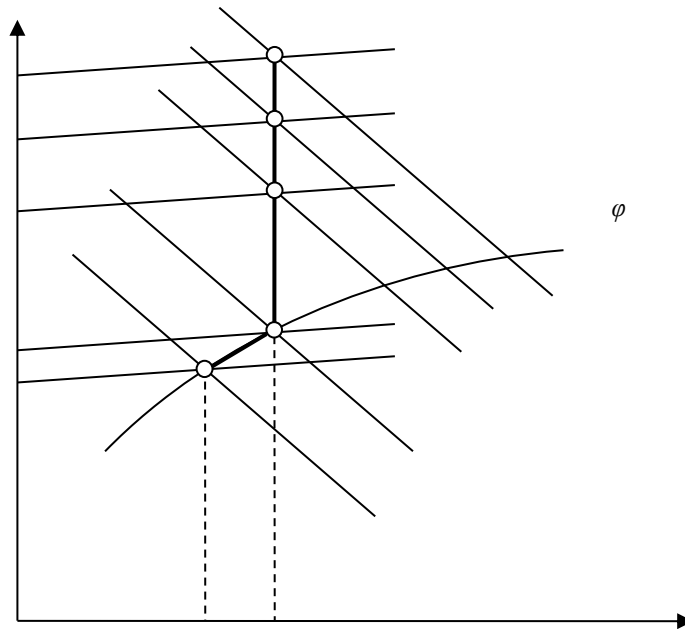


Рисунок 2.1 – Процессы сухого нагрева и охлаждения на $I-d$ диаграмме: B_1B_2 – сухой нагрев; B_1B_3 – сухое охлаждение; $B_1B_4B_5$ – охлаждение с осушением воздуха

Процессы сухого нагрева и сухого охлаждения воздуха на практике осуществляют, применяя теплообменники (воздухонагреватели, калориферы, воздухоохладители).

Если влажный воздух в теплообменнике охлаждается ниже точки росы, процесс сопровождается выпадением конденсата на поверхности, и охлаждение воздуха сопровождается его осушкой (см. рис. 2.1).

Расход теплоты в теплообменнике на нагрев воздуха массой m , имеющего параметры I_{B_1} , t_1 и t_2 , I_{B_2} (см. рис. 2.1) определяется по уравнению

$$Q = m \cdot c(t_2 - t_1) = m(I_{B_2} - I_{B_1}). \quad (2.1)$$

Расход холода при охлаждении воздуха от состояния ... $B_1(t_1; I_{B_1})$ до состояния $B_3(t_3; I_{B_3})$ определяют по уравнению

$$Q_{хол} = m \cdot c(t_1 - t_3) = m(I_{B_1} - I_{B_3}). \quad (2.2)$$

Количество конденсата, образующегося при осушке воздуха от состояния $B_1(t_3; d_1)$ до состояния $B_5(t_5; d_2)$, рассчитывают по уравнению

$$W_K = m(d_1 - d_2) \cdot 10^{-3}. \quad (2.3)$$

Процессы смешения влажного воздуха изображаются на $I-d$ диаграмме прямой линией, соединяющей исходные состояния смешиваемого воздуха. Параметры смеси определяют по точке C , лежащей на этой прямой.

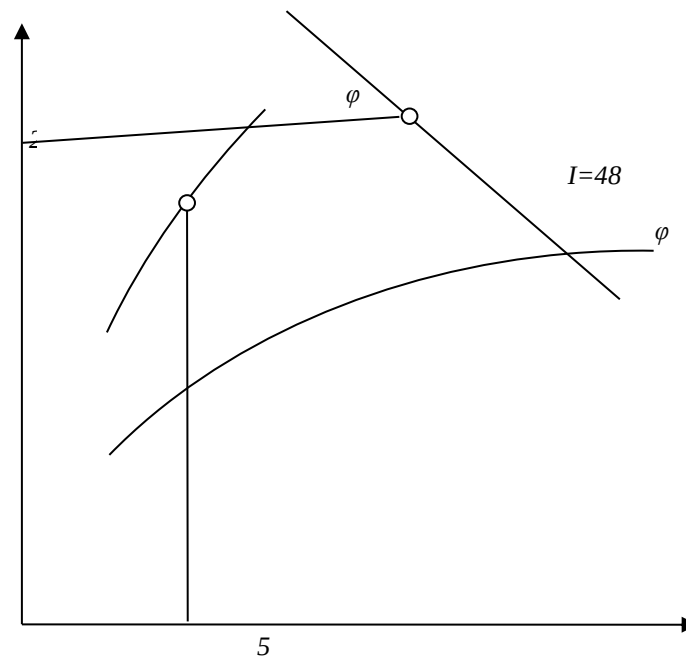


Рисунок 2.2

Точку C на прямой AB можно определить по вычисленному значению энтальпии смеси I_c или влагосодержания смеси d_c . Для этого нужно составить уравнение теплового баланса:

$$G_A I_A + G_B I_B = (G_A + G_B) I_C \quad (2.4)$$

или уравнение материального баланса по водяным парам:

$$G_A d_A + G_B d_B = (G_A + G_B) d_C \quad (2.5)$$

Из уравнения (2.4) находим:

$$I_C = \frac{G_A I_A + G_B I_B}{G_A + G_B} \quad (2.6)$$

Из уравнения (2.4) находим:

$$d_C = \frac{G_A d_A + G_B d_B}{G_A + G_B} \quad (2.7)$$

Контрольные задачи.

Задача 2.1. Воздух, имеющий параметры $\varphi = 40 \%$, $t = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ и расход 1000 кг/ч , нагревается в поверхностном теплообменнике до $t = 38 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить энтальпию и относительную влажность воздуха после нагрева и расход израсходованной теплоты. Изобразить процесс на $I-d$ диаграмме влажного воздуха.

Задача 2.2. Воздух с параметрами $\varphi = 40 \%$, $t = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ охлаждается в поверхностном теплообменнике до $t = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ и $I = 18.5 \text{ кДж/кг}$. Определить расход холода и количество сконденсировавшейся влаги, если количество воздуха равно 1000 кг/ч . Процесс охлаждения воздуха изобразить на $I-d$ диаграмме влажного воздуха.

Задача 2.3. 1 кг воздуха А ($\varphi = 50 \%$, $d = 5 \text{ г/кг}$) смешивается с 4 кг воздуха В ($t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ и $I = 48 \text{ кДж/кг}$). Определить параметры смешанного воздуха φ_C и I_C .

Задача 2.4. В результате замеров, произведенных с помощью психрометра, получены следующие значения температур: $t_C = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_M = 18 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить остальные параметры воздуха (φ , I , d , t_p , P_n).

Задача 2.5. 2 кг воздуха ($\varphi = 50 \%$, $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$) смешивается с 8 кг воздуха ($t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $d = 1 \text{ г/кг}$). Определить параметры смешанного воздуха t_{CM} и φ_{CM} .

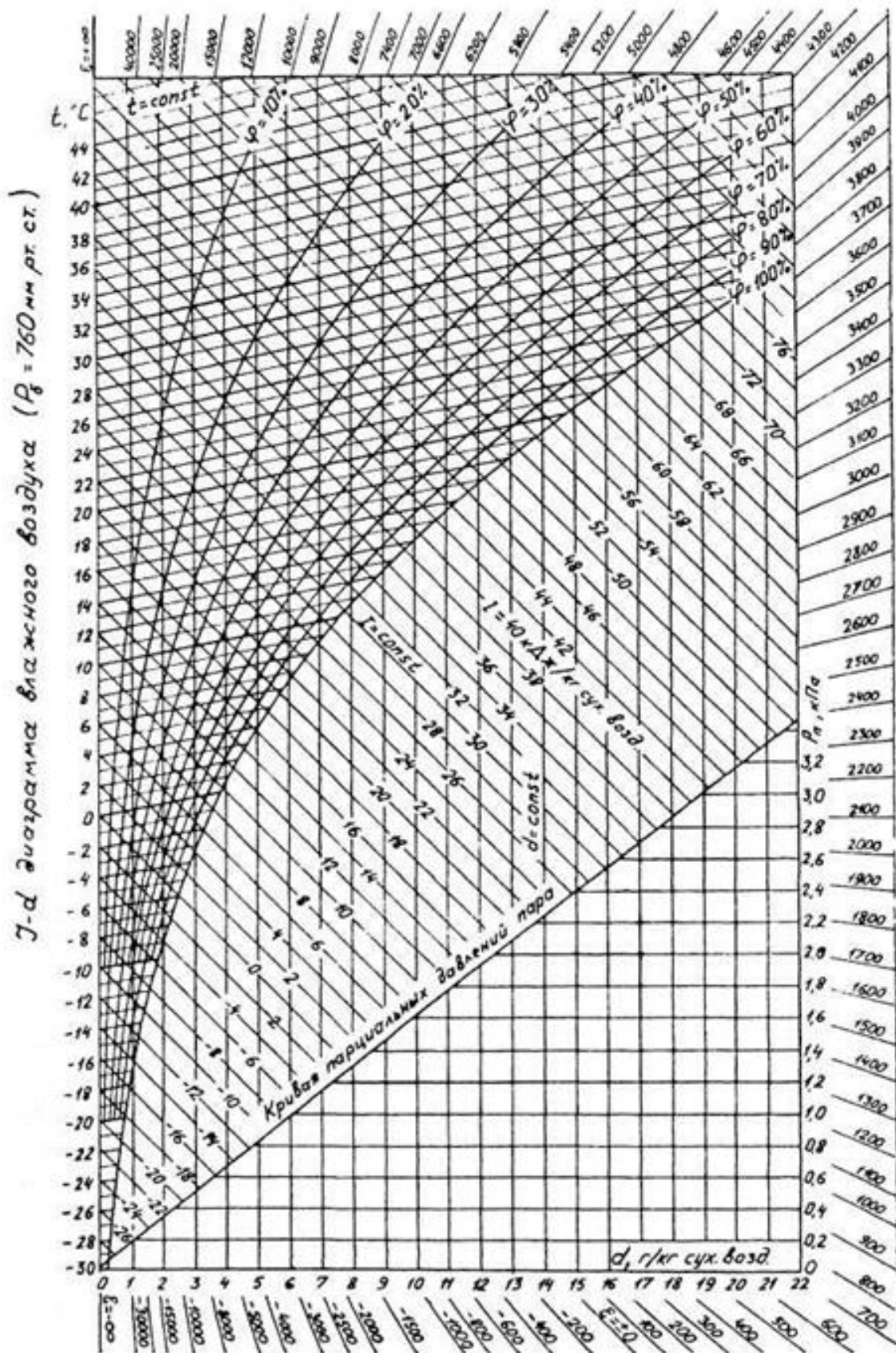
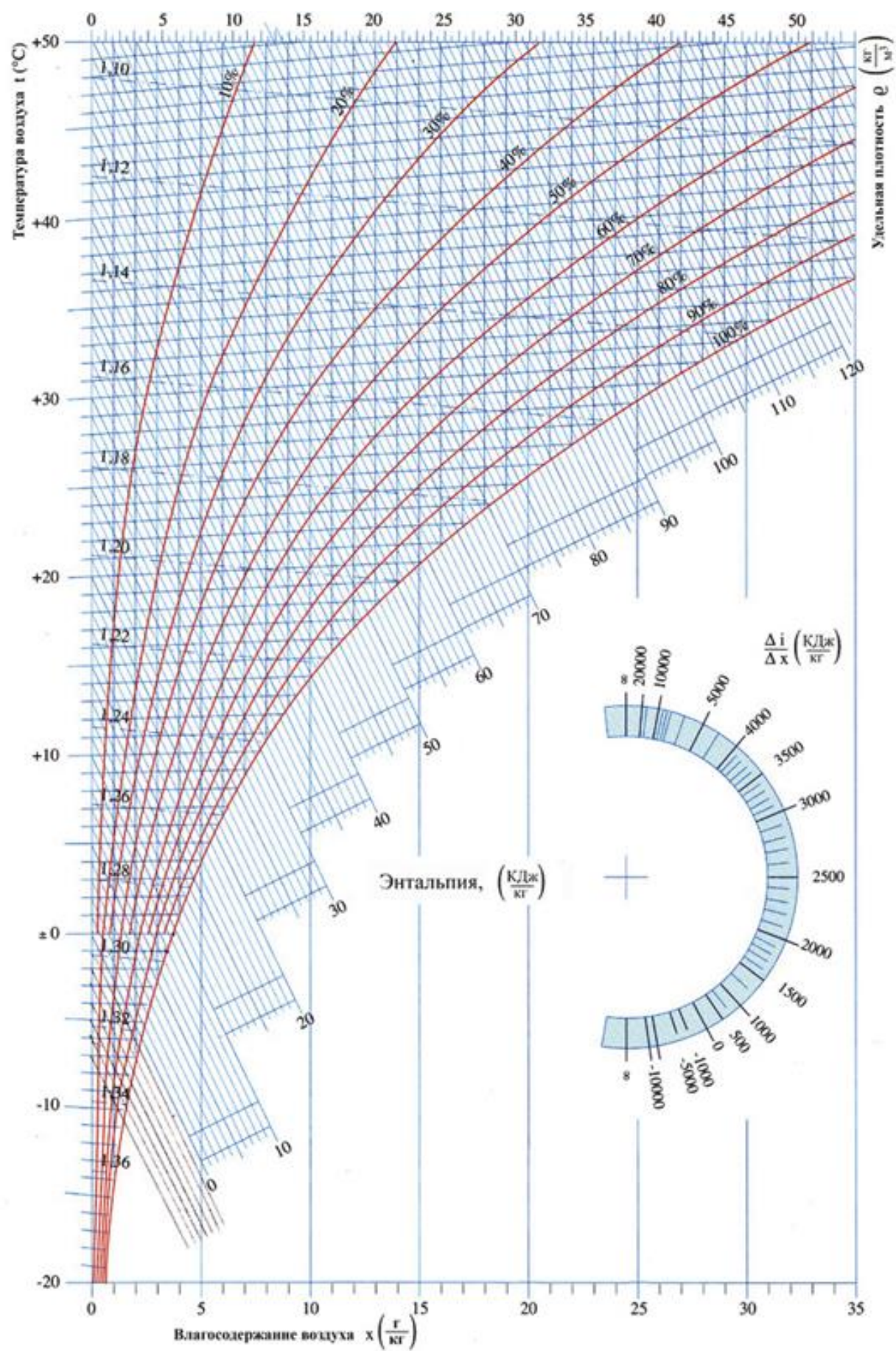


Рисунок 1.1 – $I-d$ диаграмма влажного воздуха



Практическое занятие № 8

Процессы взаимодействия воздуха с водой постоянной температуры

Возможные направления процессов взаимодействия воздуха и воды можно представить графически на $I-d$ диаграмме влажного воздуха в области криволинейного треугольника A17 (рисунок 3.1).

Здесь одной стороной является кривая $\phi = 100\%$, а двумя другими – касательные к этой кривой, проведенные из точки A, характеризующей начальное состояние воздуха. Любой процесс взаимодействия воздуха с водой постоянной температуры будет изображен в виде луча, находящегося в пределах этого треугольника, так как ни один луч, выходящий из точки A вне треугольника, не может пересечься с кривой $\phi = 100\%$.

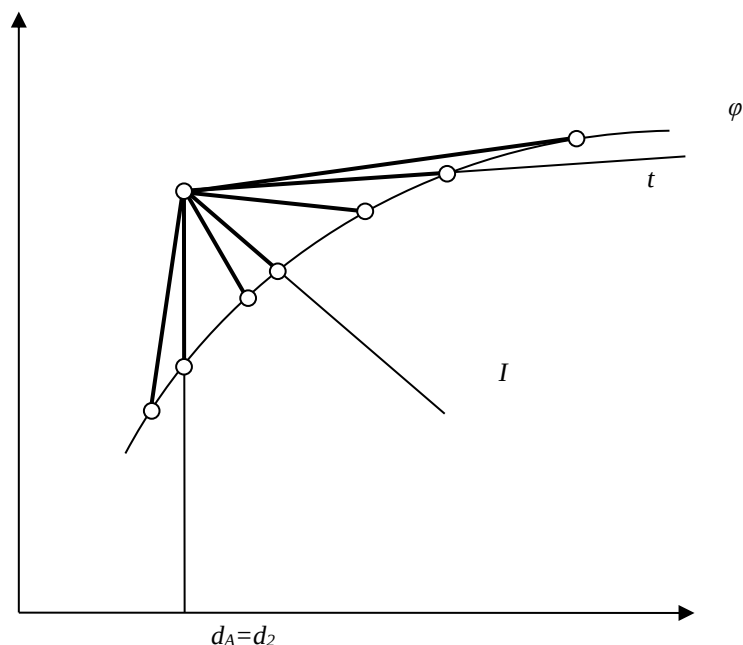


Рисунок 3.1 – Изображение на $I-d$ диаграмме возможных процессов взаимодействия воздуха с водой постоянной температуры

Направление луча процесса зависит от сопоставления температуры воздуха (t_C, t_M, t_P) и температуры воды t_W .

При $t_w > t_c$ процесс взаимодействия воды и воздуха изобразится линией А7, то есть он сопровождается увеличением температуры, энтальпии и влагосодержания воздуха.

При $t_w = t_c$ имеет место процесс А6 – изотермическое увлажнение воздуха. Также отметим, что изотермическое увлажнение воздуха можно осуществить при подаче водяного пара.

При $t_M < t_w < t_c$ процесс изображается линией А5. В этом случае энтальпия и влагосодержание воздуха увеличивается, а температура уменьшается.

При $t_w = t_M$ процесс соответствует лучу А4, то есть адиабатическому увлажнению и охлаждению воздуха. На практике данный процесс имеет место при использовании рециркуляционной воды в камерах орошения ОКФ.

При $t_p < t_w < t_M$ изменение состояния воздуха изображается лучом А3, происходит охлаждение и увлажнение воздуха.

При $t_w = t_p$ процесс изображается линией А2. Он соответствует сухому охлаждению воздуха (уменьшается температура, энтальпия воздуха при сохранении начального влагосодержания).

При $t_w < t_p$ процесс соответствует лучу А1, происходит уменьшение температуры воздуха и понижение его влагосодержания, то есть охлаждение и осушение воздуха.

С целью увлажнения или осушения воздуха в СКВ применяют контактные аппараты. Среди них наибольшее распространение получили оросительные камеры форсуночные - ОКФ.

В холодный период года воздух в ОКФЗ подвергают адиабатическому увлажнению путем распыления в камере через механические форсунки воды,

$t_w = t_M$ (луч А4, см. рис. 2.1). Для получения воды с данной температурой ее закольцовывают в ОКФЗ, то есть используют рециркуляционную воду.

Адиабатическое увлажнение воздуха также применяют и в теплый период для районов с сухим и жарким климатом.

Расход воды для адиабатического увлажнения воздуха определяют по уравнению

$$G_W = G(d_4 - d_A) \cdot 10^{-3} \quad (3.1)$$

В теплый период года воздух в ОКФЗ часто подвергают политропической обработке с осушением. При этом применяют воду $t_W < t_P$ (луч А 1, рис. 3.1). Для получения воды с низкой температурой используют холодильные машины.

Расход холода в ОКФЗ при осушке воздуха определяют по уравнению

$$G_{ХОЛ} = G(I_A - I_1) \quad (3.2)$$

Количество сконденсированных паров воды при осушке воздуха определяют по формуле

$$G_W^{КОНД.} = G(d_A - d_1) \cdot 10^{-3} \quad (3.3)$$

На практике относительная влажность воздуха на выходе из ОКФЗ при адиабатическом увлажнении и осушке составляет $\varphi = 90 - 95\%$

Задача 3.1. 1 кг воздуха (точка А) с параметрами $\varphi = 50\%$, $d = 5$ г/кг смешивается с 4 кг воздуха (точка В), имеющего $t = 20^\circ\text{C}$. Необходимо определить влажность смешанного воздуха.

Решение. Для решения воспользуемся $I-d$ диаграммой влажного воздуха. Для начала определим положение точек А и В на $I-d$ диаграмме:

Проводим прямую линию АВ. Делим отрезок АВ на 5 частей и отложим одну часть от точки В (или четыре части от точки А), это и определит положение точки С (состояние смешанного воздуха). Для точки С находим по диаграмме $\varphi = 73\%$.

Существует другой способ решения данной задачи.

Точку С на прямой АВ можно определить по вычисленному значению влагосодержания смеси (d_c). Составляем уравнение баланса по водяным парам.

Восстановив перпендикуляр из точки $d = 9,8$ г/кг до пересечения с прямой АВ, найдем точку С. Из построения на $I-d$ диаграмме видно, что положение точки С не меняется.

Задача 3.2. Воздух имеет параметры $t_c = 24^\circ\text{C}$, $\varphi = 50\%$. Определить параметры воздуха после прохождения камеры орошения, если разбрызгивается рециркуляционная вода.

Решение. На $I-d$ –диаграмме влажного воздуха определяем начальное состояние влажного воздуха точку А (рис 3.2). При адиабатическом увлажнении конечное состояние воздуха соответствует точку О ($\varphi = 90\%$, $I_A = I_O$). При этом $I = 48 \text{ кДж/кг}$, $d = 11,7 \text{ г/кг}$, $t_C \approx 18,2^\circ\text{C}$, $t_M \sim 17^\circ\text{C}$, $t_p \sim 16,5^\circ\text{C}$, $\varphi \sim 90\%$.

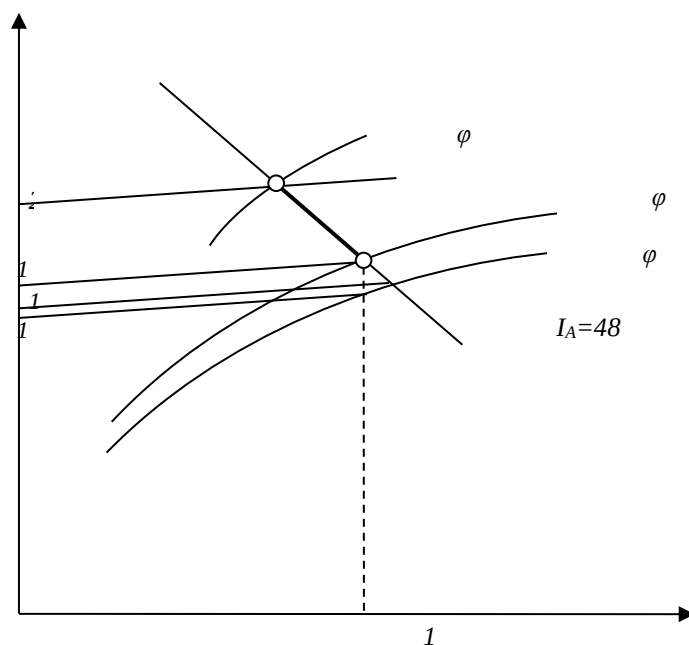


Рис. 3.2

Задача 3.3. Воздух имеет температуру 18°C , относительную влажность 50 %. При каких условиях возможно его адиабатическое увлажнение в ОКФЗ?

Решение. Адиабатическое увлажнение воздуха происходит при разбрызгивании в ОКФЗ воды $t_W = t_M$.

Из рис. 3.3 видно $t_M = 12^\circ\text{C}$

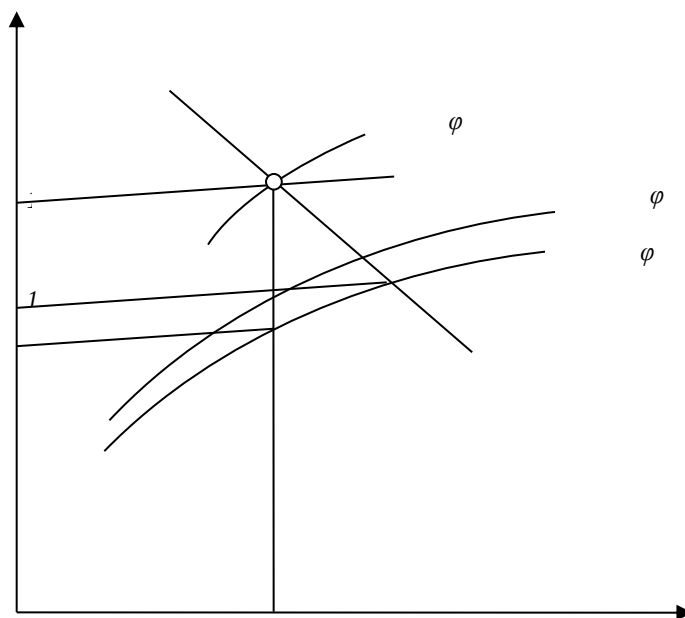


Рисунок 3.3

Контрольные задачи.

Задача 3.4. Воздух на входе в ОКФЗ имеет $t = 25^\circ\text{C}$, $\varphi = 60\%$; на выходе из ОКФЗ температура воздуха равна 10°C . Определить расход холода, если количество воздуха равно $40\,000\text{ кг/ч}$.

Задача 3.5. Воздух характеризуется следующими параметрами $t_c = 24^\circ\text{C}$, $\varphi = 60\%$. Возможна ли его осушка в ОКФЗ, если вода имеет температуру 16°C ?

Задача 3.6. Воздух имеет параметры $t_c = 20^\circ\text{C}$, $\varphi = 60\%$. С помощью какого процесса можно перевести его в состояние, при котором $t_c = t_m = 20^\circ\text{C}$.

Задача 3.7. Воздух имеет параметры $t_c = 20^\circ\text{C}$, $t_m = 10,5^\circ\text{C}$. Как перевести этот воздух в состояние с параметрами $t_c = 2^\circ\text{C}$, $\varphi = 90\%$? Ответ сопроводите построением на $I-d$ – диаграмме влажного воздуха

Задача 3.8. Воздух имеет температуру 18°C , относительную влажность 50% . При каких условиях возможно его осушение в ОКФЗ?

Практическое занятие № 9

Определение параметров приточного и удаляемого воздуха

Построение луча процесса.

Положение луча процесса в $I - d$ -диаграмме определяют угловым коэффициентом ϵ . Этот параметр называют также тепловлажностным отношением, так как он показывает величину приращения количества теплоты на 1 кг полученной (или отданной) воздухом влаги. Коэффициент ϵ имеет размерность кДж/кг.

$$\epsilon = \frac{\Delta I}{\Delta d} = \frac{Q_{II}}{W} \quad (4.1)$$

где Q_{II} - поток полной теплоты, кДж/ч;

W - расход влаги, кг/ч;

$\Delta I, \Delta d$ - изменение энтальпии, кДж/кг, и изменение влагосодержания воздуха, кг/кг.

Определение параметров приточного воздуха.

Температуру приточного воздуха t_{II} можно определить по формуле

$$t_{II} = t_B - \Delta t_{доп} \quad (4.2)$$

где $\Delta t_{доп}$ – допустимый перепад температур, °С. Он зависит от выбора принципиальной схемы воздухораспределения.

Для расчета воздухообмена принимают при подаче воздуха:

- непосредственно в рабочую зону

$$\Delta t_{доп} = 2^{\circ}\text{C};$$

- на высоту 2,5 м и выше

$$\Delta t_{доп} = (4 - 6)^{\circ}\text{C};$$

- на высоту более 4 м от пола

$$\Delta t_{доп} = (6 - 8)^{\circ}\text{C};$$

- воздухораспределителями (плафонами)

$$\Delta t_{доп} = (8 - 15)^{\circ}\text{C}.$$

Определение параметров удаляемого воздуха.

Температуру воздуха, удаляемого системами вентиляции и СКВ, можно определить по уравнению

$$t_Y = t_B + grad\ t (H-h); \quad (4.3)$$

где $grad\ t$ – градиент температуры по высоте помещения выше рабочей зоны, °C/м.

Градиент температуры по высоте помещения определяют в зависимости от удельных избытков явного тепла в помещении по таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Зависимость градиента температуры по высоте помещения от удельных выделений явной теплоты

Удельные выделения явной теплоты $q_{я}$, Вт/м ³	Градиент температуры по высоте $grad\ t$, °C/м	Примечание
более 23,2	0,8 – 1,5	Меньшие значения принимают для холодного периода года, большие для теплого
11,6 – 23,2	0,3 – 1,2	
менее 11,6	0 – 0,5	

Определение производительности СКВ

Для частных случаев, когда воздух из помещений не удаляется местными отсосами и не забирается на технологические нужды, воздухообмен.

(производительность СКВ) определяют, кг/ч:

а) по условию удаления полной теплоты

$$G = \frac{3,6 \sum Q_n}{l_y - l_n} \quad (4.4)$$

б) по условию удаления явной теплоты

$$(4.5)$$

$$G = \frac{3,6 \sum Q_{изб}}{c (l_y - l_n)}$$

в) для удаления избыточной влаги

$$G = \frac{n \cdot W}{d_2 - d_1} \quad (4.6)$$

г) для удаления вредностей (паров, газов)

$$L = \frac{Z}{z_2 - z_1} \quad (4.7)$$

где Z – количество газа (пара), выделяющегося в помещении, мг/ч;

z_2 – концентрация данного газа в удаляемом воздухе, мг/м³ (если удаление из рабочей зоны $Z_2 = \text{ПДК}$);

z_1 – концентрация данного газа в приточном воздухе, мг/м³ ($Z_1 = \text{до } 0,3 \text{ ПДК}$).

Задача 4.1. Изобразить луч процесса изменения тепловлажностного состояния воздуха в помещении, в котором начальное состояние воздуха соответствовало $t_0 = 20^\circ\text{C}$, $\phi = 90\%$, количество тепlopоступлений равно 2000 Вт, влаговыделений – 2 кг/ч.

Решение. Определим численное значение углового коэффициента луча процесса.

В соответствии с уравнением (4.1):

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot 2000}{2} = 3600 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

На $I-d$ – диаграмме влажного воздуха определим точку B_0 , отвечающую начальному состоянию воздуха (рис. 4.1).

Затем определяем положение линии, соответствующей значению

$\varepsilon = 3600 \text{ кДж/кг}$ (на рисунке пунктирная линия). Соединяем точки 0°C на оси I_C линией 3600 на шкале угловых коэффициентов, нанесенных по периметру

$I-d$ – диаграммы влажного воздуха.

Через точку B_0 проводим линию, параллельную пунктирной. Эта линия является лучом процесса в помещении.

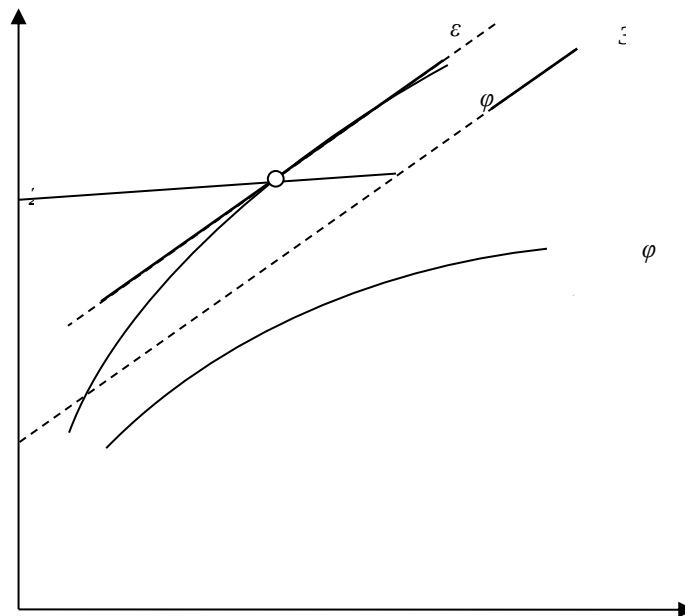


Рисунок 4.1

Задача 4.2. Определить возможную температуру приточного воздуха в зрительном зале кинотеатра высотой 6 м для двух вариантов:

- а) если воздух подается через плафоны;
- б) если воздух подается непосредственно в рабочую зону (на высоту 1,5 м от пола).

Температура внутреннего воздуха равна $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Решение. В соответствии с уравнением (4.2):

а) $t_{II} = 20 - 10 = 10^{\circ}\text{C}$.

б) $t_{II} = 20 - 2 = 18^{\circ}\text{C}$.

Задача 4.3. Определить температуру удаляемого воздуха для условия задачи 4.2, если площадь зрительного зала равна 800 м^2 , выделения явной

теплоты – 200000 Вт. Расчет произвести для теплого и холодного периодов года.

Решение. Определим удельные выделения явной теплоты

$$q_{я} = \frac{200000}{800 \cdot 6} = 41,6 \text{ Вт} / \text{м}^3$$

Согласно уравнению (4.3) и табл. 4.1 для теплого периода года

$$t_{г} = 20 + 1,5 \cdot (6 - 1,5) = 26,7^{\circ}\text{C},$$

для холодного периода

$$t_{г} = 20 + 0,8 \cdot (6 - 1,5) = 23,6^{\circ}\text{C}.$$

Задача 4.4. Определить производительность СКВ для зала заседаний на 300 мест, если тепlopоступления в помещение извне (за счет солнечной радиации, включающей и конвективный теплообмен) составляют 5 кВт, температура внутреннего воздуха $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха $\varphi = 50\%$, высота зала – 6 м, объем зала 2400 м^3 , приточный воздух подается в рабочую зону.

Решение. Произведем построение луча процесса на $I-d$ -диаграмме (рис. 4.2).

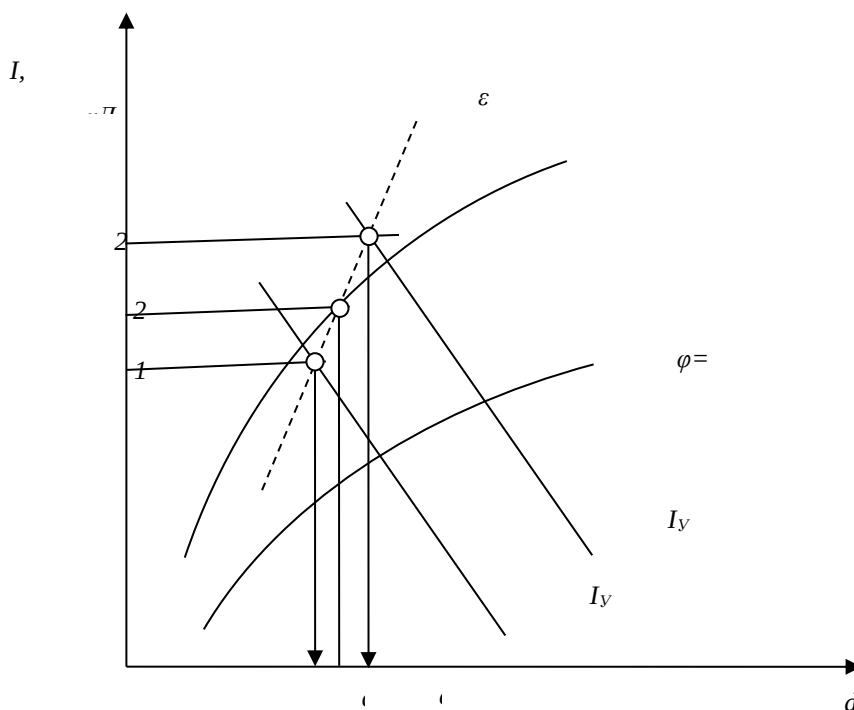


Рис.4.2

1. Определим точку В (20°C, 50%), соответствующую состоянию внутреннего воздуха на $I-d$ -диаграмме.

2. Определим тепло- и влагопоступления от людей из выражений

$$Q_{\text{Л}} = n_{\text{Л}} \cdot q_{\text{Л}}. \quad (4.17)$$

$$W_{\text{Л}} = n_{\text{Л}} \cdot w_{\text{Л}}. \quad (4.18)$$

где $n_{\text{Л}}$ – число людей;

$q_{\text{Л}}, w_{\text{Л}}$ – удельные тепло- и влаговыделения.

$$Q_{\text{Л}} = 300 \cdot 116 = 34800 \text{ Вт}.$$

$$W_{\text{Л}} = 300 \cdot 40 = 12000 \text{ г/ч (12 кг/ч)}.$$

3. Определим тепловлажностное отношение ε по формуле (4.1):

$$\varepsilon = \frac{3,6 \cdot (34800 + 5000)}{12} \approx 11940 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

4. Проведем луч процесса для помещения через точку В (рис. 4.2).

5. Определим температуру приточного воздуха $t_{\text{П}}$ по формуле (4.2):

$$t_{\text{П}} = 20 - 2 = 18^\circ\text{C}$$

6. Определим температуру удаляемого воздуха $t_{\text{У}}$ по формуле (4.3):

$$t_{\text{У}} = 20 + 1,2 \cdot (6 - 1,5) = 25,4^\circ\text{C}$$

где 0,5°C/м – градиент температуры определен по табл. 4.1 исходя из удельных выделений явной теплоты в помещении.

Явные тепловыделения от людей:

$$Q_{\text{Я}} = 300 \cdot 87 = 26100 \text{ Вт}.$$

Удельные выделения явной теплоты определяют по уравнению

$$q_{\text{Я}} = \left(\frac{\sum Q_{\text{Я}}}{V_{\text{П}}} \right)$$

$$q_{\text{я}} = \left(\frac{\sum Q_{\text{я}}}{V_{\text{п}}} \right) \quad (4.19)$$

$$q_{\text{я}} = \frac{26100 + 5000}{2400} = 12,96 \text{ Вт} / \text{м}^3$$

7. Определяем точку П, У на луче процесса (рис. 4.2).

8. Определяем для приточного и удаляемого воздуха их энтальпии ($I_{\text{п}}, I_{\text{у}}$) и влагосодержания ($d_{\text{п}}, d_{\text{у}}$) (рис. 5.6):

$$I_{\text{п}} = 36 \text{ кДж} / \text{кг}, I_{\text{у}} = 45,5 \text{ кДж} / \text{кг}, d_{\text{п}} = 7 \text{ г} / \text{кг}, d_{\text{у}} = 8 \text{ г} / \text{кг}.$$

9. Определяем производительность СКВ:

а) по полной теплоте по формуле (4.4)

$$G = \frac{3,6 \cdot (34800 + 5000)}{45,5 - 36} = 15082 \text{ кг} / \text{ч} \quad (12568 \text{ м}^3 / \text{ч});$$

б) по явной теплоте по формуле (4.5)

$$G = \frac{3,6 \cdot (26100 + 5000)}{1,005 \cdot (25,4 - 18)} = 15055 \text{ кг} / \text{ч}$$

в) по удалению вредных газовойделений – CO_2 – формула (4.7).

Определим количество углекислого газа, выделяющегося в помещении

$$z = n \cdot 23 \quad (4.20)$$

$$z = 300 \cdot 23 = 6900 \text{ л} / \text{ч}$$

Согласно ПДК $\text{CO}_2 = 2 \text{ л} / \text{м}^3$

$$G = \frac{6900}{2 - 0,3 \cdot 2} = 4928,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \left(5914 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} \right)$$

Как видно из приведенных расчетов, наибольшая производительность СКВ соответствует условию удаления полных теплоизбытков, ее в данном случае следует принять при проектировании типовой системы.

Задача 4.5. Определить производительность СКВ по условию удаления полных теплоизбытков для условий предыдущего примера (пример 5.5), если подача приточного воздуха осуществляется на высоте 5 м.

Решение.

1. Определим температуру приточного воздуха согласно формуле(4.2):

$$t_{II} = 20 - 8 = 12^{\circ}C$$

2. Определим производительность СКВ:

$$G = \frac{3,6 \cdot (34800 + 5000)}{45,5 - 28,5} \approx 8428 \text{ кг} / \text{ч} \left(7023 \text{ м}^3 / \text{ч} \right)$$

Как видно из сравнения численных значений производительностей

СКВ в приведенных примерах, уменьшить воздухообмен и габариты вентиляционного оборудования можно за счет повышения $\Delta t_{\text{доп}}$ – допустимой разности температур. Эта характеристика определяется выбором схемы воздухораспределения в помещении.

Практическое занятие № 10

Построение процессов обработки воздуха в СКВ при прямоточных системах

Прямое изохлальное охлаждение воздуха

Прямое изохлальное охлаждение воздуха применяют в СКВ в теплый период для районов с сухим и жарким климатом.

Для изохлального охлаждения воздух направляют в ОКФ, работающей на рециркуляционной воде. Получение необходимых параметров воздуха (t, φ) обеспечивает применение регулируемого процесса в ОКФ или схемы с байпасированием воздуха. При регулируемом процессе заданная влажность воздуха на выходе из камеры орошения достигается изменением количества воды, подаваемой в дождевое пространство, и применением форсунок, обеспечивающих необходимое распыление воды в широком диапазоне изменения давления перед ними. В схемах с байпасированием в оросительное пространство подается часть общего расхода наружного воздуха, в то время как другая его часть проходит по обводному (байпасному) каналу без обработки, после чего происходит их смешивание.

Схемы обработки воздуха на I - d -диаграмме приведены на рис. 5.1.

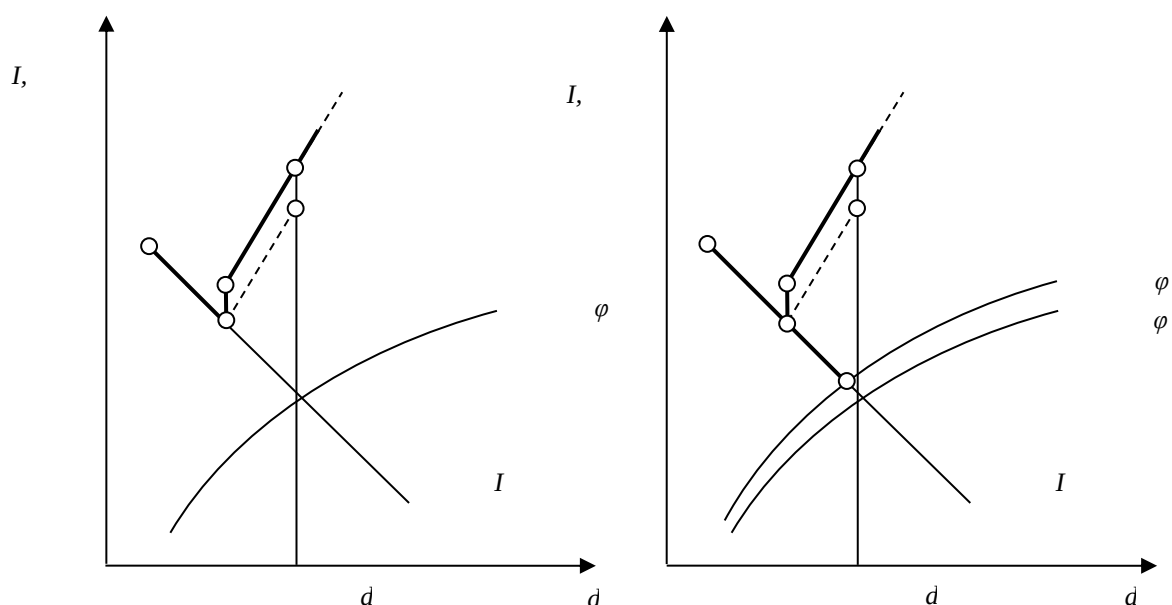


Рис. 5.1. Схемы прямого изохлального охлаждения воздуха;

- а) – с применением регулирующего процесса;
- б) – с применением байпасирования воздуха

При регулируемом процессе предлагается следующий порядок графоаналитического построения на I - d -диаграмме (рис. 5.1, а):

- а) нахождение точек Н и В, характеризующих состояние наружного и внутреннего воздуха;
- б) определение положения точки О (то есть состояния воздуха на выходе из оросительной камеры). Для этого проводят вспомогательное построение.

От точки В вниз по линии d_B -const откладывают отрезок BB' , соответствующий $(1-1,5)^\circ\text{C}$. Через точки В' проводят прямую, параллельную лучу процесса в помещении (в соответствии с величиной углового коэффициента $\epsilon_{\text{пом}}$) пересечения с линией I_H -const в точке О.

- в) определение положения точку П (то есть состояния приточного воздуха).

Через точку О по линии d_0 -const вверх откладывают отрезок, равный (1-1,5) °С (такой же как и отрезок ВВ'), получая при этом точки П.

г) определение положения точки У (то есть состояния воздуха, уходящего из помещения). Она находится на пересечении линии $\epsilon_{\text{пом}}$ с изотермой t_Y .

Таким образом, прямая ПВУ - процесс изменения состояния воздуха в помещении, прямая НО – процесс изоэнтальпийного охлаждения (увлажнения) воздуха в ОКФ, прямая ОГ1 – процесс нагрева воздуха в вентиляторе.

При байпасировании части наружного воздуха порядок построения процесса на I - d - диаграмме следующий (рис. 5.1, б):

а) нахождение точек Н и В;

б) определение положения точки О. Она находится на пересечении изоэнтальпы I_H и с линией $\phi_e = 90\%$ (характеризует состояние воздуха на выходе из ОКФ);

в) определение положения точки С (то есть состояния воздуха после смешения наружного (байпасированного) воздуха с воздухом из оросительной камеры). Для этого от точки В вниз по линии d_B -const откладывают отрезок ВВ', соответствующий $\sim 1,5^\circ\text{C}$. Через точку В' проводят прямую, параллельную лучу процесса в помещении (в соответствии с ϵ_n), до пересечения с линией I_H -const в точке С;

г) определение точки П (то есть состояния приточного воздуха). Через точку С по линии d_C -const вверх откладывают отрезок $\sim 1,5^\circ\text{C}$, получая при этом точку П.

д) определение положения точки У (то есть состояния воздуха, удаляемого из помещения). Она находится на пересечении линии $\epsilon_{\text{пом}}$ с изотермой t_Y .

Таким образом, прямая НО – процесс смешения наружного воздуха с воздухом из оросительной камеры, СП – процесс нагрева воздуха в вентиляторе, ПВУ – процесс изменения параметров воздуха в помещении.

Расход приточного воздуха определяют по уравнению (4.3); расход воздуха, проходящего через байпас G_B , определяют по уравнению:

$$G_B = G_{\Pi} \frac{d_O - d_C}{d_O - d_H}. \quad (4.8)$$

Количество воды, испарившейся в камере при увлажнении воздуха:

$$W_{исп} = G_{\Pi} (d_O - d_H) \cdot 10^{-3}. \quad (4.9)$$

Прямоточная схема СКВ для теплого периода

Схема СКВ при прямоточном способе обработки воздуха для теплого периода приведена на рис. 5.2.

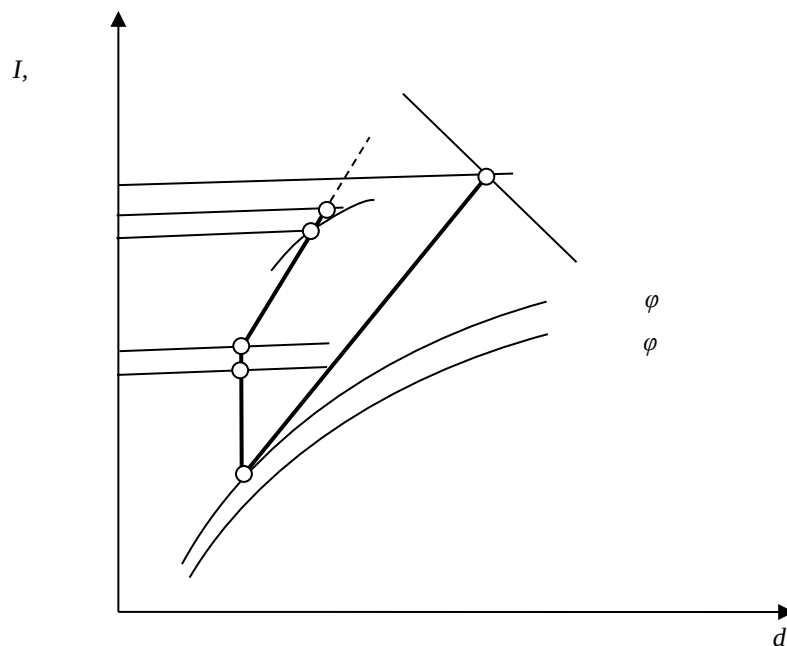


Рис. 5.2. Прямоточная схема СКВ для теплого периода

Предлагается следующий порядок построения процесса на $I-d$ -диаграмме влажного воздуха:

- нахождение на $I-d$ -диаграмме положения точек Н и В, характеризующих состояние наружного и внутреннего воздуха;
- проведение через точку В луча процесса с учетом величины углового коэффициента $\varepsilon_{ПOM}^T$;
- определение положения других точек:

– точка (то есть состояния приточного воздуха), которая лежит на пересечении изотермы t_{II} с лучом процесса;

– точка П' (то есть состояния приточного воздуха на выходе из второго воздухонагревателя ВН2), для чего от точки П вертикально вниз откладывают отрезок в 1 °С (отрезок ПП' характеризует нагрев приточного воздуха в воздуховодах и вентиляторе);

– точка О (то есть состояния воздуха на выходе из оросительной камеры), для чего от точки П вниз по линии $d = \text{const}$ проводят линию до пересечения с $\varphi = 90\%$ (отрезок ОГГ характеризует нагрев воздуха во втором воздухонагревателе ВН2);

– точка У (то есть состояния воздуха, уходящего из помещения), лежащей на пересечении изотермы t_Y с лучом процесса (отрезок ПВУ характеризует ассимиляцию теплоты и влаги воздухом в помещении); если, $t_Y = t_B$, то точка У соответствует положению точки В и при построении ее не указывают на $I-d$ -диаграмме (рис. 5.2).

Все базовые точки найдены. Их соединяют прямыми линиями (см. рис.5.3).

Физический смысл найденных отрезков следующий: НО – процесс осушки и охлаждения воздуха в ОКФ, ОП' – нагрев воздуха во втором воздухонагревателе, П'П – нагрев воздуха в воздуховодах и вентиляторе, ПВУ – процесс в помещении.

Расход теплоты во втором воздухонагревателе определяют по уравнению

$$Q_{BH} = G_{II}(I_{II'} - I_O). \quad (4.10)$$

Расход холода в ОКФ определяют по формуле

$$Q_{ХОЛ} = G_{II}(I_H - I_O). \quad (4.11)$$

Количество сконденсированных паров воды из воздуха в ОКФ, кг/ч, равно

$$W_K = G_{II}(d_H - d_O) \cdot 10^{-3}. \quad ($$

Прямоточная схема СКВ для холодного периода

Данная схема приведена на рис. 3.3. Предлагается следующий порядок построения $I-d$ – на диаграмме влажного воздуха:

- а) нахождение на $I-d$ –диаграмме положения базовых точек В и Н, характеризующих состояние наружного и внутреннего воздуха;
- б) проведение через точку В луча процесса с учетом величины углового коэффициента $\varepsilon_{ПOM}^X$;
- в) определение положения точек П, У, О, К:
 - точки У, расположенной на пересечении изотермы t_Y (для холодного периода года);
 - точки П, расположенной на пересечении изоэнтальпы $I_{П}$ с лучом процесса; численное значение удельной энтальпии / п приточного воздуха для холодного периода года вычисляют предварительно из уравнения

$$I_{П} = I_Y - \frac{\sum Q_X}{0,278 \cdot G} \quad (4.13)$$

где I_Y – удельная энтальпия воздуха, уходящего из помещения в холодный период года, которую определяют по положению точки У на $I-d$ –диаграмме, кДж/кг;

$\sum Q_X$ – суммарные полные теплоизбытки в помещении в холодный период года, Вт;

G – производительность СКВ в теплый период года, кг/ч;

– точки О (то есть состояния воздуха на выходе из оросительной камеры), расположенной на пересечении линии $d_{П}$ с линией $\varphi = 90\%$;

– точки К (то есть состояния воздуха на выходе из воздухонагревателя первой ступени), расположенной на пересечении линии d_H с изоэнтальпой I_O .

Соединяем базовые точки прямыми и получаем ломаную линию НКОПВУ (рис. 5.3).

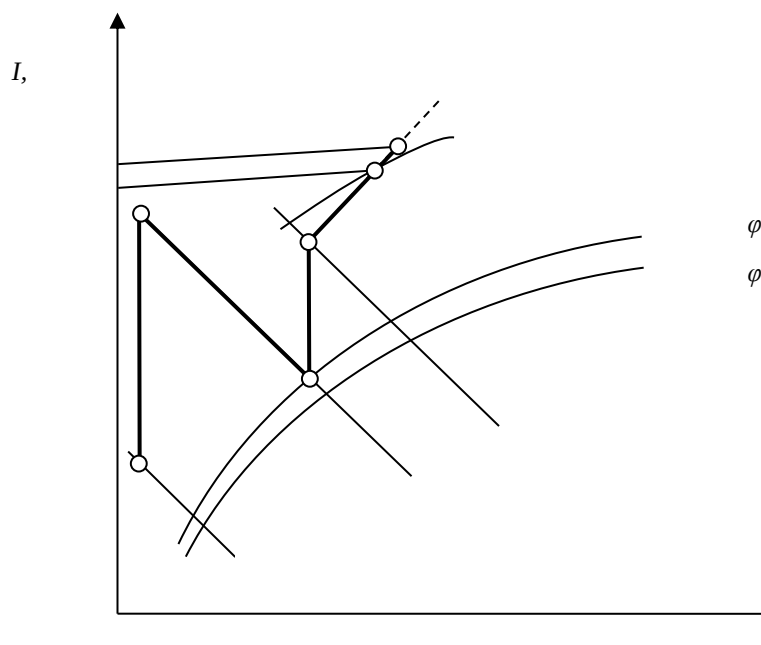


Рисунок 5.3 – Прямоточная схема СКВ для холодного периода

Физический смысл отрезков следующий: НК – нагрев воздуха в воздухонагревателе первой ступени, КО – адиабатическое (изоэнтальпийное) охлаждение воздуха, ОП – нагрев воздуха в воздухонагревателе второй ступени, ПВУ – процесс в помещении.

Расход теплоты в первом воздухонагревателе определяют по уравнению

$$Q_{BH_1} = G(I_O - I_H) \quad (4.14)$$

Расход теплоты во втором воздухонагревателе определяют по формуле

$$Q_{BH_2} = G(I_{II} - I_H) \quad (4.15)$$

Количество воды, испарившейся при адиабатическом увлажнении воздуха в ОКФ

$$W_{исп} = G(d_o - d_k) \cdot 10^{-10} \quad (4.16)$$

Контрольные задачи.

Задача 5.1. Построить процесс обработки воздуха на $I - d$ диаграмме влажного воздуха для проточной системы кондиционирования воздуха (СКВ) в теплый период года, если параметры внутреннего воздуха $t_e = 23$ °С, $\phi_e = 53$ %, параметры наружного воздуха $t_n = 25,7$ °С, $I_n = 52$ кДж/кг. Теплоизбытки в помещении составляют 53900 Вт, влагоизбытки – 11,5 кг/ч, приточный воздух подается непосредственно в рабочую зону. Определить расход теплоты и холода для обработки воздуха.

Задача 5.2. Определить расход теплоты и воды для тепловлажностной обработки воздуха в холодный период в СКВ, работающей по проточной схеме.

Исходные данные:

- параметры наружного воздуха $t_n = -15$ °С, $I_n = -14$ кДж/кг;
- расчетные параметры внутреннего воздуха $t_b = 20$ °С, $\phi_b = 50$ %;
- температура удаляемого воздуха $t_y = 22$ °С;
- теплопоступления в помещении $\sum Q_n = 200000$ кДж/ч;
- влагопоступления в помещении $\sum W = 10$ кг/ч;
- расход приточного воздуха $G = 30000$ кг/ч.

Задача 5.3. Используя данные примера 5.1, определить расход холода для СКВ, работающей с одной рециркуляцией. Расход наружного воздуха принять равным 30000 кг/ч.

Задача 5.4. Определить возможность подмешивания рециркуляционного воздуха перед воздухонагревателем первой ступени в СКВ в холодный период при следующих исходных данных. Расчетные параметры наружного воздуха $t_n = -27$ °С, $I_n = -27$ кДж/кг, $d_n = 0,1$ г/кг; внутреннего воздуха – $t_b = 18$ °С,

$\varphi_B = 40 \%$; температура удаляемого воздуха равна $22 \text{ }^\circ\text{C}$. Расход приточного воздуха – 40000 кг/ч . Необходимый расход наружного воздуха 26000 кг/ч , полные теплоизбытки в помещении равны 120000 Вт , влагоизбытки – 25 кг/ч .

Задача 5.5. Определить, до какой минимальной температуры можно охладить наружный воздух, применяя двухступенчатое охлаждение и обычное прямое изоэнтальпийное охлаждение? Наружный воздух имеет $t_H = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_H = 20 \%$.

Задача 5.6. Воздух с параметрами $t_1 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_1 = 20 \%$ увлажняют водяным паром до $\varphi_2 = 60 \%$. Определить расход пара, если его давление составляет 1 ат (101300 Па). Расход воздуха равен 10000 кг/ч .

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к **САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ**

по дисциплине

Основы обеспечения микроклимата зданий (включая теплофизику зданий)

для студентов, обучающихся по направлению подготовки

08.03.01 – Строительство

Профиль – «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Содержание

Введение

1. Самостоятельная работа как важнейшая форма учебного процесса
2. Цели и основные задачи самостоятельной работы
3. Виды самостоятельной работы
4. Организация самостоятельной работы
5. Общие рекомендации по организации самостоятельной работы
6. Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы
7. Критерии оценки самостоятельной работы

Введение

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности профессионала, способного к саморазвитию, самообразованию и инновационной деятельности.

Успешное усвоение дисциплин по различным образовательным программам предполагает активное, творческое участие обучающегося на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной не только аудиторной, но и самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Самостоятельная работа – это процесс активного, целенаправленного приобретения обучающимися новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Объем самостоятельной работы (в часах) определен учебным планом.

Методические указания по организации самостоятельной работы студентов (далее – СРС) являются обязательной частью учебно-методических комплексов учебных дисциплин, реализуемых на кафедре теплогазоснабжения и экспертизы недвижимости по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, направленность (профиль) Теплогазоснабжение и вентиляция.

Методические указания по организации самостоятельной работы для студентов, наряду с методическими указаниями по выполнению лабораторных работ, практических занятий и работе с лекционным материалом; по формам текущего, промежуточного и итогового контроля; по выполнению курсовых работ/проектов, расчетно-графических работ, контрольных работ; по подготовке и защите выпускных квалификационных работ, составляют единый комплекс методического обеспечения УМК каждой учебной дисциплины.

Цель методических указаний СРС – определить роль и место самостоятельной работы студентов в учебном процессе; конкретизировать ее уровни, формы и виды; обобщить методы и приемы выполнения определенных типов учебных заданий; объяснить критерии оценивания.

1. Самостоятельная работа как важнейшая форма учебного процесса

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой обучающихся).

Самостоятельная работа обучающихся является важным видом учебной и научной деятельности. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРО должна стать эффективной и целенаправленной работой.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи высшего образования – «подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности».

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы обучающихся над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за

развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста обучающихся, воспитание творческой активности и инициативы.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, лабораторных работах, выполнение контрольных и расчетно-графических работ, написание курсовых работ (проектов) и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа обучающихся играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. Они включают в себя:

- изучение и систематизацию официальных государственных документов - законов, постановлений, указов, нормативно-инструкционных и справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем «Консультант-плюс», «Гарант», глобальной сети «Интернет»;

- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, статистической, периодической и научной информации;

- подготовку докладов и рефератов, написание выпускных квалификационных работ;

- участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.

Самостоятельная работа приобщает студентов к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

2. Цели и основные задачи самостоятельной работы

Ведущая цель организации и осуществления СРМ должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра. При организации СРМ важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для деятельности.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;

- углубление и расширение теоретических знаний;

- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

- развитие познавательных способностей, активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- развитие исследовательских умений.

Основными задачами СРМ являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений магистров;

- углубление и расширение теоретических знаний;

- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- развитие исследовательских умений;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к промежуточной аттестации - зачетам и экзаменам.

3. Виды самостоятельной работы

Самостоятельная работа магистрантов включает:

- самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы;
- подготовка к лекциям;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- написание рефератов;
- выполнение контрольной работы;
- выполнение курсовой работы (проекта);
- выполнение расчетно-графической работы;
- подготовка исследовательской работы (написание статьи, доклада);
- подготовка выпускной квалификационной работы;
- подготовка к текущей и промежуточной аттестации;
- подготовка к государственной итоговой аттестации.

Для выполнения самостоятельной работы студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины, с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, с графиком консультаций преподавателей кафедры, с перечнем ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

4. Организация самостоятельной работы

Самостоятельная работа студента – способ активного, целенаправленного приобретения новых знаний и умений без непосредственного участия в этом процессе преподавателей.

Организационные мероприятия, обеспечивающие развитие навыков самостоятельной работы студентов, воспитание их творческой активности и инициативы, а также, в целом, обеспечивающие нормальное функционирование самостоятельной работы студентов, должны основываться на следующих предпосылках:

- самостоятельная работа должна быть конкретной по своей предметной направленности;
- самостоятельная работа должна сопровождаться эффективным, непрерывным контролем и оценкой ее результатов.

Предметно и содержательно самостоятельная работа определяется федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата), основной образовательной программой, учебным планом, рабочими программами дисциплин.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуются как единство двух форм:

- самоконтроль и самооценка;
- внешний контроль и оценка со стороны преподавателей, государственных экзаменационных комиссий и др.

5. Общие рекомендации по организации самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы магистрантов направлена на решение следующих задач:

а) закрепление, обобщение и повторение пройденного учебного материала; применение полученных знаний в традиционных педагогических ситуациях и при решении задач высокого уровня неопределенности;

б) совершенствование умений и навыков по изучаемой дисциплине; формирование межпредметных, общеучебных, исследовательских умений;

в) активизация учебной и научно-исследовательской деятельности обучающихся, ее максимальная индивидуализация с учетом индивидуальных особенностей и академической успеваемости студентов;

г) формирование готовности студентов к самообразованию в течение всей жизни.

Видами занятий для самостоятельной работы могут быть:

Для овладения знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, конспектов лекций);

- составление плана текста, графическое изображение структуры текста;

- конспектирование текста; выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами;

- учебно-исследовательская работа, использование аудио и видеозаписей, компьютерной техники, интернета и др.

Для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций, повторная работа над материалом;

- составление плана и тезисов ответа;

- составление таблиц для систематизации учебного материала;

- ответы на контрольные вопросы;

- аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, контент-анализ);

- подготовка сообщения для выступления на конференции;

- подготовка рефератов, докладов;

- составление библиографии.

Для формирования умений:

- выполнение контрольных работ;

- выполнение чертежей, схем, расчетно-графических работ;

- проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности.

- подготовка курсовых и дипломных работ (проектов);

Для формирования компетенций:

- принятие решений по конкретной ситуации;

- грамотная формулировка задания для исполнения;

- организация контроля по сферам деятельности.

6. Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы

Система вузовского обучения подразумевает значительную самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности.

6.1 Самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы

Работа с литературой является основным методом самостоятельного овладения знаниями. Это сложный процесс, требующий выработки определенных навыков, поэтому студенту нужно обязательно научиться работать с книгой.

Осмысление литературы требует системного подхода к освоению материала. В работе с литературой системный подход предусматривает не только тщательное (иногда

многократное) чтение текста и изучение специальной литературы, но и обращение к дополнительным источникам – справочникам, энциклопедиям, словарям. Эти источники – важное подспорье в самостоятельной работе студента, поскольку глубокое изучение именно их материалов позволит студенту уверенно «распознавать», а затем самостоятельно оперировать теоретическими категориями и понятиями, следовательно – освоить новейшую научную терминологию. Такого рода работа с литературой обеспечивает решение студентом поставленной перед ним задачи (подготовка к практическому занятию, выполнение контрольной работы и т.д.).

Выбор литературы для изучения делается обычно по предварительному списку литературы, который выдал преподаватель, либо путем самостоятельного отбора материалов. После этого непосредственно начинается изучение материала, изложенного в книге.

Наиболее надежный способ собрать нужный материал – составить план или конспект. *Конспект, план-конспект* – это последовательная фиксация отобранной и обдуманной в процессе чтения информации.

Цель – зафиксировать, переработать тот или иной научный текст. Они позволяют восстановить в памяти ранее прочитанное без дополнительного обращения к самой книге.

План – это «скелет» текста, он компактно отражает последовательность изложения материала. План как форма записи обычно более подробно передает содержание частей текста, чем оглавление книги или подзаголовки статей. Самые важные места в книге отмечайте, используя для этого легко стирающийся карандаш или вкладки листки. Запись любых планов следует делать так, чтобы ее легко можно было охватить одним взглядом.

Вся рекомендуемая для изучения курса литература подразделяется на основную и дополнительную. К основной литературе относятся источники, необходимые для полного и твердого усвоения учебного материала (учебники и учебные пособия). Необходимость изучения дополнительной литературы диктуется прежде всего тем, что в учебной литературе (учебниках) зачастую остаются неосвещенными современные проблемы, а также не находят отражение новые документы, события, явления, научные открытия последних лет. Поэтому дополнительная литература рекомендуется для более углубленного изучения программного материала.

6.2 Подготовка к лекциям и работа с конспектом лекций

При подготовке к лекции студенты должны предварительно ознакомиться с учебным материалом по данной теме и при конспектировании лекции акцентировать внимание на новых теоретических положениях, правовых и иных данных, не нашедших отражения в учебной литературе.

Лекция имеет цель – систематизация основы научных знаний по дисциплине, сконцентрировать внимание обучающихся на наиболее актуальных проблемах.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы. Дает рекомендации на практические занятия и указания на самостоятельную работу.

Предварительное не углубленное знакомство с материалом очередной лекции дает многое. Студенты получают общее представление о ее содержании и структуре, о главных и второстепенных вопросах, о терминах и определениях. Все это облегчает работу на лекции и делает ее целеустремленной.

Основные моменты лекционных занятий конспектируются. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением конспекта.

Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим обучающимся.

Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях.

Самостоятельную работу следует начинать с доработки конспекта, желательно в тот же день, пока время не стерло содержание лекции из памяти. С целью доработки необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения, возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополнения и исправляя свои записи. Записи должны быть наглядными, для чего следует применять различные способы выделений. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект.

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

6.3 Подготовка к практическим занятиям

Целью практических занятий является получение базовых навыков по применению теоретических знаний. Это необходимо при решении всевозможных задач на различных этапах практической деятельности.

Задачи подготовки и проведения практических занятий:

- закрепление и углубление знаний;
- создание практических навыков и умений в практической деятельности и повседневной жизни для: поиска, первичного анализа и использования информации;
- анализа конкретных ситуаций и условий их реализации;
- изложения и аргументации собственных суждений по практической ситуации;
- развитие стремления и способности к самостоятельному исследованию изучаемых реальностей, их критической оценки.

Подготовка к практическим занятиям включает: изучение нормативных актов, учебной литературы, лекционного материала; подготовка рефератов.

Практические занятия по дисциплине проводятся в форме различных дискуссий (семинарских занятий) и (или) анализа конкретных ситуаций (выполнение практических заданий).

6.4 Подготовка к лабораторным работам

Лабораторные работы составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки магистрантов. Они направлены на формирование учебных и профессиональных практических умений.

На лабораторных занятиях задания выполняются по материалам согласно плану.

До начала лабораторных занятий обучающиеся должны пройти инструктаж по технике безопасности.

Перед выполнением лабораторной работы обучающийся должен изучить теоретический материал по теме лабораторной работы по основной и дополнительной литературе, ознакомиться с ресурсами информационно - телекоммуникационной сети «Интернет». При этом обучающийся должен учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы.

В ходе подготовки к лабораторным занятиям необходимо ознакомиться с методическими указаниями; с порядком ее выполнения; освоить основные понятия; изучить алгоритмы; методы и технологии, необходимые для реализации этих алгоритмов; ответить на контрольные вопросы.

После выполнения работы производится обработка полученных результатов, составляется и защищается отчет. Без защиты отчета студент, как правило, не допускается к очередной работе.

6.5 Написание рефератов

Реферат представляет собой краткое изложение в письменной форме содержания научного труда по определенной теме, возможно выходящего за рамки учебной программы, а также изложение книги, статьи, исследования. Иными словами, реферат – это

индивидуальная научная работа, раскрывающая содержание исследуемой проблемы с различных позиций и точек зрения, с формированием самостоятельных выводов.

Целью написания реферата является сообщение определенной информации для развития навыков научно-исследовательской работы.

В процессе подготовки реферата, обучающиеся, глубже постигают вопросы изучаемого предмета, поскольку:

- анализируются различные точки зрения, факты и события;
- ведется научно обоснованная полемика;
- обобщается материал;
- лаконично излагаются мысли;
- правильно оформляется работа с составлением плана, библиографии и систематизацией информации.

Подготовка реферата включает в себя:

- выбор и формулирование темы, которая должна обладать новизной, актуальностью и оригинальностью;
- подбор литературы и изучение основных источников;
- составление содержания, раскрывающего название работы;
- выписки из литературных источников с целью накопления теоретического и практического материала;
- написание реферата и его оформление;
- составление списка использованной литературы.

6.6 Выполнение контрольной работы

Контрольная работа является одной из составляющих учебной деятельности студента по овладению знаниями в области теплогазоснабжения и вентиляции. К ее выполнению необходимо приступить только после изучения тем дисциплины.

Целью контрольной работы является определения качества усвоения лекционного материала и части дисциплины, предназначенной для самостоятельного изучения.

Задачи, стоящие перед студентом при подготовке и написании контрольной работы:

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

Преподаватель готовит задания либо по вариантам, либо индивидуально для каждого студента. По содержанию работа может включать теоретический материал, задачи, тесты, расчеты и т.п. выполнению контрольной работы предшествует инструктаж преподавателя.

Ключевым требованием при подготовке контрольной работы выступает творческий подход, умение обрабатывать и анализировать информацию, делать самостоятельные выводы, обосновывать целесообразность и эффективность предлагаемых рекомендаций и решений проблем, чётко и логично излагать свои мысли. Подготовка контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций.

6.7 Выполнение курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) - это самостоятельное исследование обучающимся определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся конкретной профессиональной ситуации.

Курсовая работа (проект) не должна состояться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в курсовой работе (проекте) должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки курсовой работы (проекта).

Выполнение курсовой работы (проекта) начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;

- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана;
- составление графика выполнения курсовой работы (проекта).

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсовой работы (проекта). Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют написать первую (теоретическую) главу.

Выполнение курсовой работы (проекта) предполагает проведение определенного исследования. На основе разработанного плана обучающийся осуществляет сбор фактического материала, необходимых цифровых данных. Затем полученные результаты подвергаются анализу, статистической, математической обработке и представляются в виде текстового описания, таблиц, графиков, диаграмм. Программа исследования и анализ полученных результатов составляют содержание второй (аналитической) главы.

В третьей (рекомендательной) части должны быть отражены мероприятия, рекомендации по рассматриваемым проблемам.

Рабочий вариант текста курсовой работы (проекта) предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки курсовая работа (проект) сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсовой работы (проекта) обучающихся проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

При подготовке к защите курсовой работы (проекта) обучающийся должен знать основные положения работы, выявленные проблемы и мероприятия по их устранению, перспективы развития рассматриваемой экономической ситуации.

Защита курсовой работы (проекта) проводится на кафедре при наличии у обучающегося курсовой работы (проекта). Оценка - дифференцирована. Преподаватель оценивает защиту курсовой работы (проекта) и заполняет графу "оценка" в ведомости и в зачетной книжке.

Не допускаются к защите варианты курсовых работ (проектов), найденные в Интернет, сканированные варианты учебников и учебных пособий, а также копии ранее написанных работ.

6.8 Выполнение расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа является важным элементом учебного процесса, предусмотрена учебным планом.

Цель расчетно-графической работы – систематизация и закрепление теоретических знаний, и развитие практических навыков по решению задач в области теплогазоснабжения и вентиляции, выработка навыков анализа данных и формулирования выводов по полученным результатам.

Задачами расчетно-графической работы являются:

- развитие навыков самостоятельной работы в области решения практических задач;

– подбор и систематизация теоретического материала, являющегося основой для решения практической задачи, развитие навыков самостоятельной работы с учебной и методической литературой;

– проведение расчетов показателей по исходным данным и анализ полученных значений;

– формулирование выводов по полученным результатам.

Выполнение расчетно-графической работы проводится студентом по конкретному варианту задания, который необходимо уточнить у преподавателя.

Содержанием расчетно-графической работы является краткое изложение теоретического материала к каждой задаче, решение задачи по индивидуальному варианту, включающее в себя расчет основных показателей, анализ полученных результатов, формулирование выводов.

Расчетно-графическая работа должна содержать:

1. Титульный лист.

2. Условие задачи.

3. Теоретическая часть по каждой задаче (1-3 страницы).

4. Практическая часть и выводы по каждой задаче.

5. Библиографический список (не менее 5 источников).

Условие задачи оформляется по центру заголовком «Задача №».

Текст условия задачи должен совпадать с текстом в методических указаниях, включая таблицы, при их наличии.

Далее излагается теоретический материал, лежащий в основе решения задачи, включающий в себя основные определения, формулы расчетов показателей и др.

В практической части излагается подробное решение задачи. При необходимости результаты оформляются в виде сводной таблицы.

К каждой задаче необходимо сформулировать выводы, проанализировав полученные результаты.

Расчетно-графическая работа должна выполняться в соответствии с установленным графиком. В процессе выполнения расчетно-графической работы допускаются консультации у преподавателя на практических занятиях.

Выполнение основных этапов контролируется преподавателем и учитывается при проведении текущего контроля по дисциплине и при оценке расчетно-графической работы.

6.9 Подготовка исследовательской работы (написание статьи, научного доклада)

Научный доклад представляет собой исследование по конкретной проблеме, изложенное перед аудиторией слушателей. Работа по подготовке научного доклада включает не только знакомство с литературой по избранной тематике, но и самостоятельное изучение определенных вопросов.

Научный доклад может быть подготовлен для выступления на семинарском занятии, конференции научного общества, или в рамках круглого стола. В любом случае успешное выступление во многом зависит от правильной организации самого процесса подготовки научного доклада.

Подготовка научного доклада включает несколько этапов работы:

- выбор темы доклада;

- подготовка материалов;

- работа над текстом доклада;

- подготовка к выступлению.

Подготовка к научному докладу начинается с выбора темы Вашего будущего выступления.

Не следует выбирать слишком широкую тему научного доклада. Это связано с ограниченностью докладчика во времени. Доклад должен быть рассчитан на 7-15 минут.

Работа по подбору материалов для доклада связана с изучением соответствующей тематике литературы.

В процессе работы над текстом доклада обучающиеся глубже постигают вопросы изучаемого предмета, поскольку:

- анализируются различные точки зрения, факты и события; ведется научно обоснованная полемика;
- обобщается материал; лаконично излагаются мысли;
- правильно оформляется работа с составлением плана, библиографии и систематизацией информации.

Текст научного доклада должен включать три основные части:

- введение – краткое знакомство слушателей с обсуждаемой в докладе проблемой;
- основную часть – логическое продолжение вопросов, обозначенных автором во введении. В этой части доклада раскрывается тема выступления, приводятся необходимые доказательства (аргументы);

- заключение – обобщение основной мысли и идеи выступления. В заключении можно кратко повторить основные выводы и утверждения, прозвучавшие в основной части доклада.

Научный доклад представляет собой устное произведение и чтение вслух подготовленного текста недопустимо.

К секретам хорошего выступления можно отнести следующие моменты:

- до и после важных мыслей следует делать паузу;
- для большего акцента сказанного необходимо менять тон голоса и тембр речи. Это сделает Вашу речь более выразительной;
- необходимо иметь контакт с аудиторией.

6.10 Подготовка выпускной квалификационной работы

ВКР представляет собой самостоятельное логически завершенное исследование, связанное с решением научной или научно-практической задачи. При его выполнении студент должен показать способности и умения, опираясь на полученные знания, решать на современном уровне задачи профессиональной деятельности, грамотно излагать специальную информацию, докладывать и отстаивать свою точку зрения перед аудиторией.

Цель защиты ВКР – установление уровня подготовленности выпускника к выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями ФГОС ВО к квалификационной характеристике и уровню подготовки выпускника по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата), направленность (профиль) Теплогазоснабжение и вентиляция.

Студенту предоставляется право самостоятельного выбора темы ВКР. Для подготовки ВКР назначается научный руководитель и, при необходимости, консультанты.

ВКР состоит из текста (рукописи) и графических материалов, отражающих решение профессиональных задач в соответствии с избранной тематикой. Структура ВКР включает:

- титульный лист;
- задание, включая календарный план;
- содержание;
- введение;
- основной текст;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Руководитель выпускной работы выдает задание; оказывает помощь в организации и выполнении работы; проводит систематические консультации обучающегося; проверяет выполнение работы; дает письменный отзыв о работе.

Представление иллюстративного материала к публичной защите возможно в виде:

- плакатов и чертежей;
- раздаточного материала с иллюстрациями; с использованием:
- проекционной техники;
- компьютерной презентации.

Конкретные требования к содержанию, структуре, формам представления и объемам устанавливаются в соответствующих Положениях о выпускных квалификационных работах и методических указаниях по их подготовке и оформлению.

6.11 Подготовка к текущей и промежуточной аттестации

Система контроля включает в себя текущий и промежуточный контроль. Текущий контроль должен быть непрерывным. Формы текущего контроля устанавливаются по усмотрению преподавателя. Промежуточный контроль – это итог работы студента за семестр с учетом всех видов учебной работы.

Текущий контроль. Текущий контроль успеваемости обучающихся – это систематическая проверка учебных достижений обучающихся, проводимая в целях оценивания хода освоения дисциплин в соответствии с рабочей программой.

Текущий контроль успеваемости студентов очной формы обучения проводится по всем дисциплинам учебного плана в течение семестра:

- на лабораторных, семинарских, практических занятиях, по которым рабочими программами дисциплин предусмотрены отчетности;
- по всем формам самостоятельной работы студентов в заранее установленное время.

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется преподавателями кафедр, за которыми закреплены дисциплины учебного плана, и может проводиться в следующих формах:

- собеседование,
- контрольная работа,
- защита лабораторной работы,
- реферата,
- расчетно-графическая работа, и др.

Виды и сроки проведения текущего контроля успеваемости студентов устанавливаются рабочей программой дисциплины.

Текущий контроль успеваемости является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки обучающихся и способствует активизации познавательной деятельности студентов в ходе аудиторных занятий, при выполнении программ самостоятельной и индивидуальной работы.

Текущий контроль успеваемости должен учитывать выполнение обучающимися всех видов учебных занятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой дисциплины, самостоятельную, исследовательскую работу и посещаемость учебных занятий.

Анализ результатов текущего контроля студентов, обучающихся на основе рейтинговой оценки знаний, проводится 2 раза в семестр:

- в первом полугодии - на 1 ноября, на 10 декабря;
- во втором полугодии - на 1 апреля, на 20 мая.

Анализ результатов текущего контроля студентов, не участвующих в рейтинговой системе оценки знаний, проводится в институтах: к указанным выше датам итоги текущего контроля и количество пропущенных занятий (в часах) преподаватели, ведущие занятия, проставляют в листы текущего контроля успеваемости, которые анализируются и хранятся в институтах.

Промежуточная аттестация. Промежуточная аттестация призвана оценить уровень сформированности компетенций, полученных студентами в процессе изучения дисциплины, курсового проектирования и обеспечить контроль качества освоения образовательных программ.

Промежуточная аттестация проводится по завершении изучения какой - либо дисциплины.

Формами промежуточной аттестации являются зачет и экзамен.

При явке на промежуточную аттестацию обучающийся обязан предъявить зачетную книжку. Фамилия обучающегося должна значиться в зачетно-экзаменационной ведомости.

Зачеты студентам по изучаемым дисциплинам выставляются преподавателем, проводившим практические, семинарские или лабораторные занятия группы (подгруппы), на последнем занятии по результатам работы в семестре. Для студентов, обучающихся на основе рейтинговой системы оценки знаний, зачет выставляется автоматически при условии сдачи всех контрольных мероприятий, предусмотренных текущим контролем успеваемости.

6.12 Подготовка к государственной итоговой аттестации

В соответствии с образовательным стандартом по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата) и образовательной программой по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, в состав государственной итоговой аттестации входят:

- государственный экзамен;
- защита выпускной квалификационной работы.

Подготовка к государственному экзамену

Цель государственного экзамена – оценить глубину полученных знаний, практические навыки применения этих знаний при решении профессиональных задач (компетентность).

В связи с необходимостью объективной оценки степени сформированности компетенций выпускника, тематика экзаменационных вопросов и заданий должна быть комплексной и соответствовать избранным разделам из различных учебных дисциплин, формирующих конкретные компетенции.

Например, в экзаменационное задание (вопрос) могут входить элементы нескольких дисциплин (модулей) общенаучного, и профессионального циклов.

На государственном экзамене могут контролироваться как отдельные компетенции, так и элементы различных компетенций.

Государственный экзамен может проводиться в письменной, устной и смешанной форме. Экзаменационные билеты включают несколько вопросов из представленного перечня дисциплин. Один из вопросов рекомендуется делать комплексным, ситуационным или представляющим задание практического характера. Перед итоговым экзаменом предполагается предэкзаменационная консультация и выделение времени на подготовку к экзамену не менее 7 дней. Для подготовки студентов к государственному экзамену разрабатывается программа, где должна быть отражена процедура подготовки и проведения государственного экзамена, критерии оценки.

В содержание программы включается перечень вопросов и заданий, выносимых на экзамен, и позволяющих оценить результаты обучения.

Подготовка к защите ВКР

Выпускная квалификационная работа (ВКР) представляет собой самостоятельную и логически завершенную выпускную квалификационную работу, связанную с решением задач того вида (видов) деятельности, к которым готовится студент (научно-исследовательской, научно-педагогической, проектной, технологической, исполнительской, творческой, организаторской и другим).

Выпускник должен не только подготовить ВКР, но и уметь защитить ее на итоговой государственной аттестации.

При подготовке к защите необходимо:

- повторить основные требования руководящих документов на текущий год по теме ВКР;
- подготовить все графические иллюстрации; составить доклад для устного изложения;
- изучить отзыв и рецензию на ВКР, подготовить ответы на замечания рецензента и окончательно уточнить свой доклад;
- ознакомиться с новыми руководящими документами и литературой по вопросам ВКР, а также с последними изменениями по вопросам теплогазоснабжения и вентиляции;
- провести предварительную защиту.

Демонстрационные материалы представляются по согласованию с руководителем.

Подготовка выпускником доклада по выполненной ВКР является важным этапом подготовки к защите. К подготовке доклада приступают после оформления пояснительной записки (текстуальной части) ВКР, запланированных в задании графических документов и разработки иллюстративного материала.

По времени доклад должен занимать 10...12 минут. За это время можно изложить 5...8 страниц машинописного текста доклада.

В докладе отражается: актуальность темы работы; теоретические положения, на которых базируется ВКР; результаты проведенного анализа изучаемой проблемы; конкретные предложения по деятельности соответствующих органов; дается разъяснение и убедительное обоснование положений и выводов по этим вопросам, исходя из полученных результатов. Особое внимание необходимо сосредоточить на собственных разработках и предложениях.

Доклад при защите ВКР может быть построен по следующей схеме: вначале излагается наименование темы, актуальность, раскрывается цель и задачи исследования, затем в необходимой логической последовательности докладывается содержание важнейших узловых вопросов темы и делается заключение. При изложении основного содержания ВКР следует показать постановку задач на исследование заданных вопросов, методику решения поставленных задач, основные результаты и выводы, к которым пришел выпускник в ходе выполнения выпускной квалификационной работы.

Основные выводы и предложения обосновываются необходимыми расчетами и примерами из практики.

В заключительной части доклада указывается, как достигнуты цели ВКР, что сделано и разработано, что нового выпускник предложил в результате выполнения ВКР, основные результаты работы и где они могут быть использованы.

Доклад строят с учетом графического материала (Чертежи, схемы, диаграммы и т.д.). Текст доклада согласовывается с руководителем.

Написанный доклад представляется руководителю для просмотра.

Текст доклада отрабатывают таким образом, чтобы его можно было излагать на память. Чтение доклада нежелательно, оно может привести к снижению оценки выпускной квалификационной работы.

7. Критерии оценки самостоятельной работы

Компетенции (знания, умения и навыки) студентов оцениваются оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;
- «зачтено»;
- «не зачтено».

Зачеты оцениваются отметкой: «зачтено», «не зачтено».

Зачеты с оценкой оцениваются по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

По курсовым работам (проектам) в обязательном порядке выставляется зачет с оценкой.

Экзамены оцениваются по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Основные критерии оценивания компетенций:

Отметка «зачтено» ставится студентам, успешно обучающимся по данной дисциплине в семестре и не имеющим задолженностей по результатам текущего контроля успеваемости.

Отметка «не зачтено» ставится студенту, имеющему задолженность по результатам текущего контроля успеваемости по данной дисциплине.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Отметка «неудовлетворительно» выставляется также, если обучающийся после начала экзамена отказался его сдавать.

Оценка «неудовлетворительно» проставляется только в экзаменационную ведомость, в зачетную книжку студента проставлять отметку «неудовлетворительно» не разрешается.

Критерии оценки уровня обученности и уровня сформированности компетенций по дисциплине устанавливает кафедра и отражает их в рабочей программе и фондах оценочных средств дисциплины.

Ответственность за единообразие требований, предъявляемых на экзаменах, несет заведующий кафедрой. По дисциплинам, изучаемым в течение двух и более семестров, итоговой оценкой является оценка, полученная на последнем экзамене.

Заключение

Самостоятельная работа всегда завершается какими-либо результатами. Таким образом, широкое использование методов самостоятельной работы, побуждающих к мыслительной и практической деятельности, развивает столь важные интеллектуальные качества человека, обеспечивающие в дальнейшем его стремление к постоянному овладению знаниями и применению их на практике.