

Оглавление

Введение	5
Глава 1. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЯ	6
1.1. Выбор метеорологических параметров наружного воздуха	6
1.2. Выбор внутренних расчетных метеорологических условий в рабочей зоне помещения	6
Глава 2. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОМЕЩЕНИЯ.....	8
2.1. Расчет теплотерь помещения	8
2.2. Расчет тепlopоступлений в помещение.....	10
Глава 3. МЕСТНЫЕ ВЫТЯЖНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ	19
3.1. Вытяжные шкафы	20
3.2. Вытяжные панели	21
3.3. Витринные отсосы	22
3.4. Вытяжные камеры.....	23
3.5. Кожухи.....	24
3.6. Вытяжной зонг	24
3.7. Бортовые отсосы	27
Глава 4. МЕСТНЫЕ ПРИТОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ	29
Глава 5. ВОЗДУХООБМЕН В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕХАХ.....	31
Глава 6. ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА ЦЕХОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	33
6.1. Сварочный цех	33
6.2. Окрасочный цех	33
6.3. Предприятия по обслуживанию и ремонту автомобилей	34
6.4. Предприятия точного литья по выплавляемым моделям	35
6.5. Деревообрабатывающие предприятия	36
6.6. Кузнечные и термические цехи	40
6.7. Гальванические и травильные цехи	40
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	42
ПРИЛОЖЕНИЯ	44

ВВЕДЕНИЕ

В учебно-методическом пособии приводятся учебный материал и рекомендации для подготовки к практическим занятиям и выполнения курсового проекта, цель которого — приобретение обучающимися практических навыков проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в промышленных зданиях.

В состав курсового проекта входят пояснительная записка и графическая часть.

Пояснительная записка состоит из следующих разделов.

Раздел 1. Строительная теплофизика и теплотехника, микроклимат искусственной среды обитания.

- 1.1. Введение. Описание объекта строительства и технологии промышленных цехов.
- 1.2. Определение климатических характеристик района расположения объекта.
- 1.3. Определение параметров внутреннего микроклимата цехов промышленного здания.
- 1.4. Расчет теплотехнических характеристик наружных ограждений здания.

Раздел 2. Тепловой баланс помещений.

- 2.1. Определение тепловых потерь здания.
- 2.2. Расчет тепло- и влагопоступлений в помещения промышленных цехов.

Раздел 3. Местные приточные и вытяжные системы вентиляции.

- 3.1. Расчет объемов воздуха, удаляемых через местные вытяжные системы вентиляции.
- 3.2. Расчет объемов воздуха, подаваемых через местные приточные системы вентиляции. Подбор душирующих патрубков.

Раздел 4. Организация и расчет воздухообмена в промышленном цехе.

- 4.1. Составление и решение системы балансовых уравнений с целью определения общеобменных притока, вытяжки и температуры притока в холодный период года.
- 4.2. Расчет аэрации помещения (по согласованию с консультантом).

Раздел 5. Аэродинамический расчет систем и подбор оборудования.

- 5.1. Аэродинамический расчет одной приточной системы и одной системы вытяжной вентиляции, аспирации или пневмотранспорта (по согласованию с консультантом).
- 5.2. Подбор вентиляционного оборудования.

Состав графической части курсового проекта.

1. План расчетного цеха или участка М 1:100 или М 1:50 с нанесенными местными отсосами, воздуховодами, шахтами, устройствами для подачи и удаления воздуха, вентиляционными установками, очистным оборудованием с указанием диаметров или размеров сечений воздухопроводов, типоразмеров воздухораспределителей (один лист формата А2).

2. Аксонометрические схемы двух систем (приточной вентиляции и аспирации или пневмотранспорта) М 1:100 с обозначением расчетных участков, диаметров или размеров сечений воздухопроводов, типоразмеров воздухораспределителей, отметок воздухопроводов и вентиляционных решеток для забора воздуха, устья вытяжных зонтов, параметров вентиляторов.

3. План и разрез приточной вентиляционной камеры М 1:50 со спецификацией оборудования (один лист формата А1 или А2).

В представленном материале в сжатой форме систематизирован основной материал, требующийся для подготовки к практическим занятиям и выполнения курсового проекта, а также приведены необходимые нормативные и справочные сведения.

Глава 1. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЯ

1.1. Выбор метеорологических параметров наружного воздуха

Параметры наружного воздуха для расчета систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха принимаются в соответствии с СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» [1] и записываются в форме, представленной в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные параметры наружного воздуха

Расчетный период года	Параметры А			Параметры Б		
	$t, ^\circ\text{C}$	$I, \text{кДж/кг}$	$v, \text{м/с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$I, \text{кДж/кг}$	$v, \text{м/с}$
ТП	Температура воздуха, $^\circ\text{C}$, обеспеченностью 0,95	Расчетом	Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с	Температура воздуха, $^\circ\text{C}$, обеспеченностью 0,98	Расчетом	Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с
ПП	10	26,5	—	—	—	—
ХП	Температура воздуха, $^\circ\text{C}$, обеспеченностью 0,94	Расчетом	Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8 ^\circ\text{C}$	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, $^\circ\text{C}$, обеспеченностью 0,92	Расчетом	Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8 ^\circ\text{C}$

Примечание: ТП, ПП и ХП — теплый, переходный и холодный периоды года соответственно.

Нормами предусмотрены два вида параметров наружного воздуха: параметры А — более экстремальные, и параметры Б — более умеренные:

— на параметры А рассчитываются системы вентиляции и воздушного душирования для теплого периода года;

— на параметры Б — системы отопления, вентиляции и воздушного душирования для холодного периода года, а также системы кондиционирования для теплого и холодного периодов года.

1.2. Выбор внутренних расчетных метеорологических условий в рабочей зоне помещения

Параметры внутреннего воздуха для расчета систем вентиляции и кондиционирования воздуха принимаются по ГОСТ 12.1.005–88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [2] в зависимости от категории работ.

Пример 1. Определить параметры наружного воздуха и внутреннего микроклимата кузнечного цеха, расположенного в г. Нижний Новгород. Расчетные параметры представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные параметры наружного воздуха г. Нижний Новгород

Расчетный период года	Параметры А			Параметры Б		
	$t, ^\circ\text{C}$	$I, \text{кДж/кг}$	$v, \text{м/с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$I, \text{кДж/кг}$	$v, \text{м/с}$
ТП	23	51,1	1,9	27	54,9	1,9
ПП	10	26,5	—	—	—	—
ХП	–15	–14,2	2,8	–30	–29,7	2,8

Работы, выполняемые в кузнечном цехе, относятся к категории Пб. Расчетные параметры записываются в табл. 3.

Таблица 3

Расчетные параметры внутреннего воздуха кузнечного цеха

Период года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных*
			верхняя граница	нижняя граница	на рабочих местах					
			постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных				
ХП и ПП	Средней тяжести — Пб	17–19	21	23	15	13	40–60	75	0,2	Не более 0,4
ТП	Средней тяжести — Пб	20–22	27	29	16	15	40–60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2–0,5

Глава 2. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОМЕЩЕНИЯ

Тепловой баланс рассчитывается для трех периодов года: теплого, переходного и холодного. Расчет теплового баланса сводится в таблицу, в отдельные графы которой заносят данные о теплопотерях и теплопоступлениях (Приложение А).

2.1. Расчет теплопотерь помещения

Суммарные теплопотери помещения промышленных зданий включают в себя:

- трансмиссионные теплопотери (через ограждающие конструкции);
- теплопотери на нагрев инфильтрующегося воздуха;
- теплопотери на нагрев транспортных средств и ввозимых материалов.

Теплопотери через ограждающие конструкции помещения $Q_{ТП}$, Вт, определяются следующим образом:

$$Q_{ТП} = k \cdot A(t_{в} - t_{н})n(1 + \sum\beta), \quad (2.1)$$

где k — коэффициент теплопередачи отдельной ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С);
 A — расчетная площадь поверхности ограждения, вычисленная по правилам его объема, м²;

$t_{в}$ — внутренняя температура воздуха в помещении, °С;

$t_{н}$ — расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года, $t_{н} = t_{н5}^{0,92}$ при расчете теплопотерь через наружные ограждения (или температура воздуха за внутренним ограждением, через которое рассчитываются тепловые потери), °С;

n — коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху [3];

β — коэффициент, учитывающий добавочные теплопотери в долях от основных.

Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции является обратной величиной сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции R_o , (м²·°С)/Вт, которое в рамках курсовой работы определяется через градусо-сутки отопительного периода (ГСОП).

Расчет ведется для каждого помещения отдельно и сводится в таблицу (Приложение Б).

Теплопотери на нагрев инфильтрующегося воздуха $Q_{инф}$, Вт, учитываются в случае отсутствия аэрации в помещении в холодный период года. В противном случае инфильтрация учитывается при расчете воздухообмена. Теплопотери определяются по формуле:

$$Q_{инф} = c \cdot G_{и}(t_{в} - t_{н})A, \quad (2.2)$$

где A — коэффициент, учитывающий подогрев наружного воздуха в межстекольном пространстве. Для окон с двойным и тройным остеклением $A = 0,8$; для одинарных переплетов $A = 1$;

$G_{и}$ — инфильтрационный расход воздуха, кг/ч:

$$G_{и} = j_{\Delta p} \cdot F_{н.о.} \cdot B_{инф.пом.}, \quad (2.3)$$

где $j_{\Delta p}$ — единица расхода инфильтрационного воздуха, кг/(м²/ч);

$F_{н.о.}$ — площадь одного наружного ограждения помещения, м²;

$B_{инф.пом.}$ — коэффициент, показывающий сколько единиц расхода составляет инфильтрация в рассматриваемом случае. Для помещений с односторонним остеклением $B_{инф.пом.} = 0,5$. Для помещений с двухсторонним остеклением принимается по [4].

Относительное ветровое давление:

$$\bar{p}_v = 12 \cdot \frac{v^2 \gamma_H}{H \Delta t}, \quad (2.4)$$

где v — расчетная скорость ветра, м/с;

H — высота здания, м.

Расчет *теплопотерь на нагрев транспортных средств* Q_{TC} , Вт:

$$Q_{TC} = 0,029 \cdot G(t_B - t_H)n, \quad (2.5)$$

где G — масса автомобиля, кг;

n — количество автомобилей, шт.

Расчет *теплопотерь на нагрев ввозимого материала* Q_{MAT} , Вт:

$$Q_{MAT} = \frac{c G_{MAT} B(t_B - t_M)}{3,6}, \quad (2.6)$$

где G_{MAT} — масса материала, кг;

c — удельная массовая теплоемкость материала, КДж/кг·К;

t_M — температура материала, °С. Для сыпучих материалов t_M на 15–20 °С выше температуры наружного воздуха, для несыпучих материалов t_M на 10 °С выше температуры наружного воздуха, для металла температура равна температуре наружного воздуха;

B — коэффициент, учитывающий интенсивность выделения тепла во времени. Для металлических изделий весом до 200 кг можно принимать следующие значения B : в 1-й час — 0,5; 2-й час — 0,3; 3-й час — 0,2. Если нагретые материалы или изделия поступают в помещение непрерывно в равных количествах за каждый час смены, $B = 1$.

Пример 2. Выполнить расчет теплопотерь второго механического участка цеха по производству деревянной тары. Две машины массой 1500 кг каждая завозят 100 кг материала (дерево для обработки) в течение 1 ч.

Решение. Расчеты теплопотерь через ограждающие конструкции и на нагрев инфильтрующегося воздуха сведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Результаты расчета теплопотерь через ограждающие конструкции и на нагрев инфильтрующегося воздуха в холодный период года

Номер помещения	Наименование помещения	$t_B, ^\circ\text{C}$	Характеристика ограждения					$k, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$	n	$t_H, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_n, ^\circ\text{C}$	$Q_{\text{ост}}, \text{Вт}$	Добавки, β			$Q_{\text{пр}}, \text{Вт}$	$Q_{\text{инф}}, \text{Вт}$
			Наименование	Ориентация	Ширина $a, \text{м}$	Высота $b, \text{м}$	Площадь $A, \text{м}^2$							На ориент.	Пр.	$1 + \sum \beta$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
104	2-ой механический участок	18	НС	С	33	6,35	209,55	0,53	1	-23	41	41	4553,5	0,1	0,05	1,15	5236,6	844
			ОК	С	4,5	2	9,00	1,97	1	-23	41	41	726,9	0,1	0,05	1,15	836	
			ОК	С	4,5	2	9,00	1,97	1	-23	41	41	726,9	0,1	0,05	1,15	836	
			ОК	С	4,5	2	9,00	1,97	1	-23	41	41	726,9	0,1	0,05	1,15	836	
			НС	З	12	6,35	76,20	0,53	1	-23	41	41	1655,8	0,05	0,05	1,1	1821,4	
			НС	Ю	8	6,35	50,80	0,53	1	-23	41	41	1103,9	0	0,05	1,05	1158,1	
			ОК	Ю	4,5	2	9,00	1,97	1	-23	41	41	726,9	0	0,05	1,05	763,2	
			ПТ	—	41	12	492,00	0,53	0,9	-23	41	36,9	9622	0	0	1	9622	
ПЛ	—	41	12	492,00	0,53	0,6	-23	41	24,6	6414,7	0	0	1	6414,7				
Суммарные теплопотери, Вт																	28 380	

**Результаты расчета теплотерь через ограждающие конструкции
и на нагрев инфильтрующегося воздуха в переходный период года**

Номер помещения	Наименование помещения	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	Характеристика ограждения					$k, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$	n	$t_{н}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_n, ^\circ\text{C}$	$Q_{\text{оен}}, \text{Вт}$	Добавки, β			$Q_{\text{тп}}, \text{Вт}$	$Q_{\text{инф}}, \text{Вт}$
			Наименование огр.	Ориентация	Ширина $a, \text{м}$	Высота $b, \text{м}$	Площадь $A, \text{м}^2$							На ориент.	Пр.	$1 + \sum \beta$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
104	2-ой механический участок	18	НС	С	33	6,35	209,55	0,53	1	10	8	8	888,5	0,1	0,05	1,15	1021,8	111
			ОК	С	4,5	2	9,00	1,97	1	10	8	8	141,8	0,1	0,05	1,15	163,1	
			ОК	С	4,5	2	9,00	1,97	1	10	8	8	141,8	0,1	0,05	1,15	163,1	
			ОК	С	4,5	2	9,00	1,97	1	10	8	8	141,8	0,1	0,05	1,15	163,1	
			НС	З	12	6,35	76,20	0,53	1	10	8	8	323,1	0,05	0,05	1,1	355,4	
			НС	Ю	8	6,35	50,80	0,53	1	10	8	8	215,4	0	0,05	1,05	226,2	
			ОК	Ю	4,5	2	9,00	1,97	1	10	8	8	141,8	0	0,05	1,05	148,9	
			ПТ	—	41	12	492,00	0,53	0,9	10	8	7,2	1877,5	0	0	1	1877,5	
ПЛ	—	41	12	492,00	0,53	0,6	10	8	4,8	1251,7	0	0	1	1251,7				
Суммарные теплотери																	5500	

Теплозатраты на нагревание транспортных средств в холодный период года:

$$Q_{\text{ТС}} = 0,029 \cdot G(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})n = 0,029 \cdot 1500 \cdot (18 + 23) \cdot 2 = 3567 \text{ Вт.}$$

Теплозатраты на нагревание транспортных средств в переходный период года:

$$Q_{\text{ТС}} = 0,029 \cdot G(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})n = 0,029 \cdot 1500 \cdot (18 - 10) \cdot 2 = 696 \text{ Вт.}$$

Расчет теплотерь воздуха на нагрев ввозимых материалов для деревообрабатывающего цеха:

$$Q_{\text{мет}} = \frac{cG_{\text{мат}}B(t_{\text{в}} - t_{\text{м}})}{3,6} = \frac{2,300 \cdot 100 \cdot 0,5 \cdot (18 + (-23 + 10))}{3,6} = 159 \text{ Вт.}$$

Суммарные теплотери в холодный период года:

$$Q_{\text{тп.хп}} = 32\,106 \text{ Вт.}$$

Суммарные теплотери в переходный период года:

$$Q_{\text{тп.пп}} = 6355 \text{ Вт.}$$

Ответ. $Q_{\text{тп.хп}} = 32\,106 \text{ Вт}$, $Q_{\text{тп.пп}} = 6355 \text{ Вт}$.

2.2. Расчет теплопоступлений в помещение

Суммарные теплопоступления в помещение промышленных зданий включают в себя:

- теплопоступления от людей;
- теплопоступления от искусственного освещения;
- теплопоступления от солнечной радиации;
- теплопоступления от оборудования;
- теплопоступления от выполнения технологических процессов.

Расчет *теплопоступлений от людей* $Q_{я}$, Вт:

$$Q_{я} = n \cdot q \cdot t, \quad (2.7)$$

где n — количество людей, находящихся в помещении (мужчин, женщин, детей);

t — доля тепла, выделяемого человеком (мужчинами — 100 %; женщинами — 85 %; детьми — 75 %);

q — количество тепла, выделяемого одним человеком. Определяется путем интерполяции при работе средней тяжести и температуре внутреннего воздуха по табл. 6.

Таблица 6

Количество теплоты и влаги, выделяемых человеком при различных физической нагрузке и температуре воздуха

	Количество теплоты, Вт, и влаги, г/ч, выделяемых людьми при температуре воздуха в помещении, °С					
	10	15	20	25	30	35
<i>В состоянии покоя</i>						
Явная теплота	140	120	90	60	40	10
Влага	30	30	40	50	75	115
<i>При легкой работе</i>						
Явная теплота	150	120	100	65	40	5
Влага	40	55	75	115	150	200
<i>При работе средней тяжести</i>						
Явная теплота	165	135	105	70	40	5
Влага	70	110	140	185	230	280
<i>При тяжелой работе</i>						
Явная теплота	200	165	130	95	50	10
Влага	135	185	240	295	355	415

Расчет *теплопоступлений от солнечной радиации* $Q_{с.р.}$, Вт, выполняется по методике, изложенной в [4].

Расчет *теплопоступлений от искусственного освещения* $Q_{осв}$, Вт:

— если электрическая мощность неизвестна:

$$Q_{осв} = E \cdot F \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв}, \quad (2.8)$$

где E — освещенность, лк (табл. 7);

F — площадь помещения, м²;

$q_{осв}$ — удельное выделение тепла Вт/(м² лк): 0,05–0,13 — для люминесцентных светильников, 0,13–0,25 — для ламп накаливания;

$\eta_{осв}$ — доля тепла, поступающего в помещение.

Таблица 7

Нормы освещенности помещений различного назначения

Помещения	Освещенность рабочих поверхностей, лк.
<i>Общественные здания</i>	
Проектные залы, конструкторские бюро	500
Торговые залы продовольственных магазинов	400
Читальные залы, проектные кабинеты, торговые залы магазинов промтоваров	300

Помещения	Освещенность рабочих поверхностей, лк.
Залы заседаний, спортивные, актовые и зрительные залы клубов, фойе театров	200
Крытые бассейны, фойе клубов и кинотеатров	150
Номера гостиниц	100
Палаты и спальные камеры санаториев	75
<i>Производственные помещения</i>	
Механические, деревообрабатывающие, сборочные цехи, помещения технического обслуживания и ремонта автомобилей	200
Кузнечные, термические, малярные, металлопокрытий, сборочные цехи	150
Помещения хранения автомобилей	20

– если электрическая мощность $N_{\text{осв}}$, кВт, известна:

$$Q_{\text{осв}} = 1000N_{\text{осв}} \quad (2.9)$$

Расчет тепlopоступлений от оборудования.

– Тепlopоступления от электродвигателей станков и механизмов $Q_{\text{эл.дв}}$, Вт:

$$Q_{\text{эл.дв}} = 1000N_{\text{уст}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot K_{\text{загр}} \cdot K_{\text{исп}}(1 - \eta + K_T \cdot \eta), \quad (2.10)$$

где $N_{\text{уст}}$ — установочная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{одн}}$ — коэффициент одновременности работы ($K_{\text{одн}} = 0,5-1$);

$K_{\text{загр}}$ — коэффициент загрузки ($K_{\text{загр}} = 0,5-0,8$) (при работе механического оборудования зачастую используется не вся установочная мощность);

$K_{\text{исп}}$ — коэффициент использования мощности ($K_{\text{исп}} = 0,7-0,9$) (учитывает снижение КПД в случаях работы при мощности, меньшей установочной);

K_T — коэффициент, учитывающий количество теплоты, поступившей в воздух помещений от обработанных деталей, находящихся в помещении ограниченное время ($K_T = 0,6$);

η — коэффициент полезного действия электродвигателя ($\eta = 0,75-0,92$).

– Тепlopоступления от силовых трансформаторов $Q_{\text{с.тр}}$, Вт:

$$Q_{\text{с.тр}} = 1000N_{\text{уст}} \cdot K_{\text{загр}} \cdot K_{\text{исп}}(1 - \eta). \quad (2.11)$$

– Тепlopоступления от сварочных трансформаторов $Q_{\text{св.тр}}$, Вт.

Если сварочные трансформаторы установлены в том же помещении, где производится технологический процесс:

$$Q_{\text{св.тр}} = 1000 \sum N_{\text{уст}} \cdot K_{\text{загр}} \cdot K_{\text{исп}} \cdot K_{\text{одн}} \cdot K_T(1 - \eta). \quad (2.12)$$

– Тепlopоступления от остывающих материалов $Q_{\text{ост.мат}}$, Вт:

- кузнечные, термические цеха и т.д.:

$$Q_{\text{ост.мат}} = c_{\text{мат}} \cdot G_{\text{мат}}(t_{\text{мат}} - t_{\text{в}}), \quad (2.13)$$

где $c_{\text{мат}}$ — удельная теплоемкость материала остывающего изделия, кДж/кг °С;

$G_{\text{мат}}$ — масса остывающих изделий, кг;

$t_{\text{мат}}$ и $t_{\text{в}}$ — начальная температура материала изделия и температура воздуха цеха, соответственно, °С.

• литейные цеха металлургических и машиностроительных заводов. Если в цехе имеются жидкие металлы, то количество теплоты, поступающее в помещение, складывается

из теплоты остывания жидкого металла до температуры отверждения, теплоты отверждения и теплоты остывания:

$$Q_{\text{ост.мат}} = c_{\text{ж}} \cdot G(t_{\text{ж}} - t_{\text{ТВ}}) + i_{\text{ТВ}} + c_{\text{ТВ}} \cdot G(t_{\text{ТВ}} - t_{\text{В}}), \quad (2.14)$$

где $c_{\text{ж}}$ — удельная теплоемкость жидкого металла, кДж/кг °С (табл. 8);

$t_{\text{ж}}$ и $t_{\text{ТВ}}$ — температура жидкого металла, заливаемого в формы, и температура отверждения металла, соответственно, °С;

$i_{\text{ТВ}}$ — теплота плавления или отверждения металла, кДж/кг (см. табл. 8).

Таблица 8

Теплофизические характеристики стали и чугуна

Материал	Температура плавления или отверждения металла, °С	Теплота плавления или отверждения металла, кДж/кг	Теплоемкость металла	
			в расплавленном состоянии, кДж/кг · °С	в твердом состоянии от 0 до $t_{\text{ТВ}}$ кДж/кг · °С
Сталь	1300–1500	92–100	1,17	0,73
Чугун	1050–1500	96–100	1,05	0,755

Расчет теплоступлений от промышленной печи рассмотрен на конкретном примере 3.

Пример 3. Выполнить расчет теплоступлений второго механического участка цеха по производству деревянной тары, в котором работают 9 чел.

Решение. Расчеты теплоступлений от людей. Характер работы — средней тяжести.

Расчет для холодного и переходного периода года.

Количество явной теплоты, Вт:

$$Q_{\text{ч.я}} = q_{\text{ч.я}} \cdot N \cdot \eta = 117 \cdot 9 \cdot 1 = 1053.$$

Количество полной теплоты, Вт:

$$Q_{\text{ч.п}} = q_{\text{ч.п}} \cdot N \cdot \eta = 207 \cdot 9 \cdot 1 = 1863.$$

Расчет для теплого периода года.

Количество явной теплоты, Вт:

$$Q_{\text{ч.я}} = q_{\text{ч.я}} \cdot N \cdot \eta = 84 \cdot 9 \cdot 1 = 756.$$

Количество полной теплоты, Вт:

$$Q_{\text{ч.п}} = q_{\text{ч.п}} \cdot N \cdot \eta = 203 \cdot 9 \cdot 1 = 1827.$$

Теплоступления от осветительных приборов в холодный период года, Вт:

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} = 150 \cdot 161 \cdot 0,094 \cdot 0,45 = 1022.$$

Теплоступления от солнечной радиации.

В результате расчета по методике, изложенной в [4], теплоступления от солнечной радиации составили $Q_{\text{с.р}} = 2616$ Вт в теплый период и $Q_{\text{с.р}} = 1022$ Вт в переходный период.

Теплоступления от оборудования.

В цехе находится несколько станков и циркуляционная пила, расчет теплоступлений от которых сведен в табл. 9.

Расчет теплоступлений от оборудования

Наименование оборудования	Модель	Кол-во	$N_{уст}$, кВт	$K_{одн}$	$K_{загр}$	$K_{исп}$	η	K_T	$Q_{эл.дв}$, Вт
Рейсмусовый станок	РС 6-6	2	7,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	2681
Циркулярная пила	ЦА	1	10	1	0,7	0,7	0,8	0,6	3332
Торцовочный станок	ЦКБ-6	1	9,7	1	0,7	0,7	0,8	0,6	3232
Продольно-распиловочный станок	Ц8Д-8М	2	116	0,5	0,5	0,7	0,75	0,6	28 420
Прорезной станок	ЦДК-5	1	33,2	1	0,7	0,8	0,8	0,6	12 643
ИТОГО									50 308

Теплоступления от мазутной печи.

В цехе установлена мазутная печь, максимальная температура отжига изделий — 500 °С. Коэффициент диафрагмирования — 0,6 (отверстие в печи прямоугольное). Температура воздуха в помещении — $t_b = 15$ °С; температура в печи — $t_{п} = 500$ °С; время открывания дверцы печи в течение 1 ч ее работы — $\tau = 12$ мин; степень черноты тела относительно абсолютно черного тела — $C_0 = 5,78 \text{ Вт/м}^2$.

Размеры печи: длина печи — $a = 2$ м; ширина печи — $b = 1,8$ м; высота печи — $h = 2$ м.

Размеры дверцы печи: ширина — $a_1 = 0,5$ м; высота — $h_1 = 0,4$ м.

Характеристики стенок, пода и свода печи:

– шамотный кирпич: толщина кирпича — $\beta_{ш} = 0,232$ м; теплопроводность кирпича — $\lambda_{ш} = 0,838 + 0,000582t$ Вт/м·К;

– трепельный кирпич: толщина кирпича — $\beta_T = 0,232$ м; теплопроводность кирпича — $\lambda_T = 0,198$ Вт/м·К.

Характеристика дверцы: толщина шамотного кирпича — $\beta_{ш} = 0,115$ м; толщина чугунной обоймы — $\beta_ч = 0,01$ м; теплопроводность чугуна — $\lambda_ч = 39,6$ Вт/м·К.

Решение. Теплоступления от стенок печи.

Температура на внутренней поверхности печи:

$$t_{в.п} = t_{п} - 5 = 500 - 5 = 495 \text{ °С.}$$

Задаем температуру на внешней поверхности печи — $t_{пов} = 80$ °С. Коэффициент теплообмена на внешней поверхности печи — $\alpha_{пов} = 17,5$ Вт/(м²·К). Температура t_1 на стыке между шамотным и трепельным кирпичом:

$$\frac{\lambda_{ш}}{\beta_{ш}}(t_{в.п.} - t_1) = \frac{\lambda_T}{\beta_T}(t_1 - t_{пов}).$$

Принимаем ориентировочно $\lambda_{ш} = 1,5$ Вт/(м²·К):

$$t_1 = \frac{\lambda_{ш} \cdot t_{в.п.} + \lambda_T \cdot t_{пов}}{\lambda_{ш} + \lambda_T} = \frac{1,5 \cdot 495 + 0,198 \cdot 80}{1,5 + 0,198} = 447 \text{ °С.}$$

Средняя температура шамотного кирпича:

$$t_{cp} = \frac{t_{в.п.} + t_1}{2} = \frac{495 + 447}{2} = 471 \text{ °С.}$$

Теплопроводность шамотного кирпича:

$$\lambda_{ш} = 0,838 + 0,000582t = 0,838 + 0,000582 \cdot 500 = 1,129 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К).}$$

Коэффициент теплопередачи от внутренней поверхности печи к наружной:

$$K_{ст} = \frac{1}{\frac{\beta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\beta_{т}}{\lambda_{т}}} = \frac{1}{\frac{0,232}{1,29} + \frac{0,232}{0,198}} = 0,74 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Количество теплоты, проходящей через 1 м² при заданных температурах $t_{в.п}$ и $t_{пов}$:

$$q_{ст} = K_{ст}(t_{в.п} - t_{пов}) = 0,74(495 - 80) = 307 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Количество тепла, отдаваемого 1 м² стенки в помещение:

$$q_{п} = \alpha_{пов}(t_{пов} - t_{в}) = 17,5(80 - 15) = 1138 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Новое значение температуры на внешней поверхности печи, так как $q_{ст} \neq q_{п} \Rightarrow \Rightarrow t_{пов} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$t_1 = \frac{\lambda_{ш}t_{в.п} + \lambda_{т}t_{пов}}{\lambda_{ш} + \lambda_{т}} = \frac{1,29 \cdot 495 + 0,198 \cdot 30}{1,29 + 0,198} = 433 \text{ }^\circ\text{C}.$$

В виду незначительного изменения t_1 принимаем: $\lambda_{ш} = 1,29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ и $K_{ст} = 0,74 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$:

$$q_{ст} = K_{ст}(t_{в.п} - t_{пов}) = 0,74(495 - 30) = 344 \text{ Вт}/\text{м}^2;$$

$$q_{п} = \alpha_{пов}(t_{пов} - t_{в}) = 17,5(30 - 15) = 263 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Проводим графическую интерполяцию (рис. 1.1).

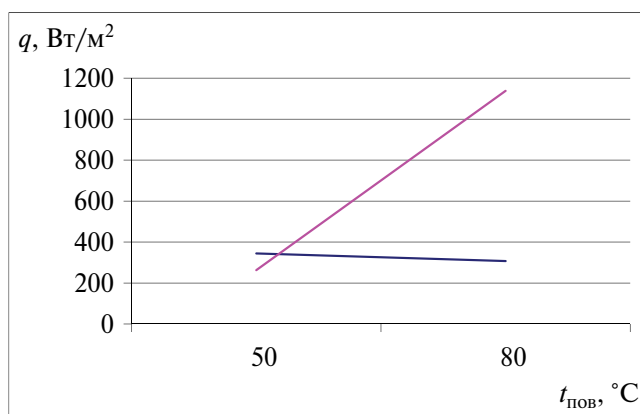


Рис. 1.1. Графическая интерполяция для определения температуры поверхности

$$t_{пов} = 55 \text{ }^\circ\text{C}; q_{ст} = 370 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Площадь поверхности боковых стенок печи — $F_{ст} = 7,4 \text{ м}^2$.

Теплопоступления от стенок печи:

$$Q_{ст} = q_{ст}F_{ст} = 370 \cdot 7,4 = 2738 \text{ Вт}.$$

Теплопоступления от свода печи. Температура на внешней поверхности свода — $t_{пов} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$. Коэффициент теплообмена для нагретых горизонтальных поверхностей — $\alpha_{пов} = 12,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru