

Федеральное агентство по образованию

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ **Часть 1**

Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию

Составители Ю.Н. Дорошенко
В.С. Рекунов

Томск 2008

Вентиляция промышленного здания: методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Часть 1 / Сост. Ю.Н. Дорошенко, В.С. Рекунов. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2008. – 51 с.

Рецензент д.т.н. М.И. Шилаев
Редактор Е.Ю. Глотова

Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 270109 «Теплогасоснабжение и вентиляция» всех форм обучения.

Печатаются по решению методического семинара кафедры отопления и вентиляции № 37 от 25 января 2008 г.

Утверждены и введены в действие проректором по учебной работе В.В. Дзюбо.

с 1.03.2008
до 1.03.2013

Подписано в печать.

Формат 60×90/16. Бумага офсет. Гарнитура Таймс. Печать офсет.
Уч.-изд. л. 2,68. Тираж 200 экз. Заказ №

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.
634006, г. Томск, ул. Партизанская, 15.

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Целью курсового проекта являются расчет и проектирование системы вентиляции промышленного здания в соответствии с действующими строительными нормами и правилами (СНиП), указаниями по проектированию (СН), техническими условиями (ТУ) на монтаж и эксплуатацию систем вентиляции. Курсовой проект состоит из расчетной и графической частей. Проект выполняется по индивидуальному заданию.

1.1. Исходные данные:

- а) название города, в котором расположено здание;
- б) ориентация здания по сторонам света;
- в) план цеха и конструктивные особенности ограждений;
- г) высота цеха;
- д) параметры теплоносителя на вводе в здание;
- е) перечень технологического оборудования.

1.2. Расчетно-пояснительная записка

Расчетно-пояснительная записка выполняется только рукописно на бумаге формата А4 (210×297 мм) на одной стороне листа и должна соответствовать требованиям ГОСТ 2.105–95 “Общие требования к текстовым документам”. Расчетно-пояснительная записка пишется разборчиво и без помарок. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общепринятых. Формулы должны быть полностью расшифрованы с обозначением всех буквенных величин и указанием размерностей.

Пояснительная записка представляет собой последовательное изложение расчетного материала со всеми соответствующими схемами и ссылками на использованную литературу и должна включать в себя:

- а) титульный лист;
- б) задание на проектирование, подписанное руководителем;

- в) оглавление;
- г) введение;
- д) расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха;
- е) описание технологического процесса и характеристику выделяющихся вредностей;
- ж) тепловой баланс здания;
- з) расчет поступлений вредных выделений;
- и) определение воздухообмена по вредностям;
- к) компоновку и размещение вентиляционных установок, трассировку воздуховодов;
- л) расчет воздухораспределителей;
- м) аэродинамический расчет воздуховодов;
- н) выбор и расчет вентиляционного оборудования для приточных и вытяжных систем;
- о) расчет воздушно-тепловой завесы;
- п) список используемой литературы.

Разделы в записке должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами. Подразделы должны иметь номера в пределах каждого раздела. Все рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и иметь подписи и заголовки.

Объем пояснительной записки должен быть не более 40 страниц.

1.3. Графическая часть

Графическую часть проекта выполняют по ГОСТ [2] на одном листе ватмана формата А1 (841×594 мм) вручную. В состав графической части входят:

- 1) план цеха в масштабе 1:100 с нанесением воздуховодов, технологического и вентиляционного оборудования. На план наносят названия помещений, номера позиций технологического оборудования, местные отсосы, обозначения вентиляционных систем, кроме того, наносят отметки чистых полов этажей и основных площадок, привязки к координатным осям или элементам строительных конструкций вентиляционных установок, воз-

духоводов, технологического оборудования, диаметры воздуховодов и сечений каналов;

2) аксонометрические схемы основных вентиляционных систем в масштабе 1:50 или 1:100 с указанием расчетных участков, их длин, расчетных нагрузок;

3) спецификации оборудования, характеристика вентиляционных систем в соответствии с ГОСТ 21.602–2003;

4) план и разрез приточной камеры в масштабе 1:50 или 1:100 с нанесением оборудования и его спецификация;

б) эскизы местных отсосов от технологического оборудования в масштабе 1:50.

2. РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО И ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА

Расчетные параметры наружного воздуха при проектировании вентиляции промышленного здания следует принимать в соответствии с [1, 2] для теплого периода по параметрам А, для холодного периода – по параметрам Б. Для переходных условий независимо от места расположения здания принимаем температуру наружного воздуха $t=8\text{ }^{\circ}\text{C}$, энтальпию $I=22,5\text{ кДж/кг}$ [1, 2]. Значения расчетных параметров наружного воздуха для заданного района строительства заносят в табл. 1.

Таблица 1

Период года	Параметры А			Параметры Б			Барометрическое давление, МПа	Расчетная географическая широта, ° с.ш.
	Температура, °С	Теплосодержание, кДж/кг	Скорость ветра, м/с	Температура, °С	Теплосодержание, кДж/кг	Скорость ветра, м/с		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Расчетные параметры внутреннего воздуха. При расчетах вентиляции промышленного здания ориентируются на допустимый диапазон параметров (табл. 2), так как вентиляция не предназначена для поддержания оптимальных параметров. Допустимые параметры (температура, относительная влажность, подвижность) воздуха в рабочей зоне помещений, отвечающие санитарно-гигиеническим требованиям, принимаются в зависимости от периода года и категории работ [1, 2, 3].

Таблица 2

Расчетные параметры воздуха на постоянных и непостоянных рабочих местах производственных помещений [2]

Период года	Категория работ	Допустимые нормы			
		температуры, °С		скорости движения воздуха, м/с, не более	относительной влажности, %, не более
на постоянных рабочих местах	на непостоянных рабочих местах	на постоянных рабочих местах	на непостоянных рабочих местах		
Теплый	Легкая:				
	Иа	28/31	30/32	0,2	75
	Иб	28/31	30/32	0,3	
	Средней тяжести:				
	IIа	27/30	29/31	0,4	
IIб	27/30	29/31	0,5		
	Тяжелая III	26/29	28/30	0,6	
Холодный и переходный	Легкая:				75
	Иа	21–25	18–26	0,1	
	Иб	20–24	17–25	0,2	
	Средней тяжести:				
	IIа	17–23	15–24	0,3	
	IIб	15–21	13–23	0,4	
	Тяжелая III	13–19	12–20	0,5	

Примечание. Допустимые нормы внутреннего воздуха приведены в виде дроби: в числителе для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) ниже 25 °С, в знаменателе – выше 25 °С.

Значения расчетных параметров внутреннего воздуха заносят в табл. 3.

Таблица 3

Период года	Категория работ	Допустимые параметры внутреннего воздуха			
		температура, °С		скорость движения, м/с	относительная влажность, %
		на постоянных рабочих местах	на непостоянных рабочих местах		
1	2	3	4	5	6

3. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ВРЕДНОСТЕЙ

Описание технологического процесса должно включать: его схему с указанием массовых расходов материалов, полуфабрикатов и готовой продукции; параметры отдельных видов технологического оборудования (температура поверхностей и внутренних объемов, установочная мощность электродвигателей, режимы их работы и т. д.); характеристику оборудования, потребляющего энергию (потребляемая электрическая мощность или количество сжигаемого топлива, его вид и теплотворная способность, расход пара и горячей воды); месторасположение источников вредных выделений, интенсивность выделения вредных веществ и пр.; число работающих в каждом помещении и категорию тяжести работы; требуемую освещенность помещения и его вид; режимы работы оборудования и помещения за время смены, число смен; тип и характеристику транспортных средств, обслуживающих помещение.

Каждый студент, приступающий к проектированию вентиляции, в первую очередь должен изучить технологию производства и режимы работы объекта проектирования. Следует четко описать все виды вредных выделений проектируемого объекта, характер их воздействия на человека, нормируемые уровни до-

пустимой концентрации. Изучая устройство и работу технологического оборудования, следует искать пути к максимально возможному сокращению поступления вредных выделений в вентилируемое помещение.

4. ТЕПЛООВОЙ БАЛАНС ЗДАНИЯ

Для составления теплового баланса здания необходимо определить все теплопотери и теплопоступления, имеющие место в помещениях. Величину расхода тепла и теплопоступлений заносят в таблицу теплового баланса (табл. 4) и определяют избыток или недостаток тепла для каждого периода года (холодного, теплого и переходного) по всем помещениям здания по формулам:

$$Q_{\text{изб}} = \Sigma Q_{\text{пост}} - \Sigma Q_{\text{пот}} > 0, \quad (1)$$

$$Q_{\text{нед}} = \Sigma Q_{\text{пот}} - \Sigma Q_{\text{пост}} < 0. \quad (2)$$

Таблица 4

Тепловой баланс помещения

Период года	Теплопотери, Вт						Теплопоступления, Вт							Баланс тепла, Вт	
	Через ограждающие конструкции	На нагрев инфильтрационного воздуха	На нагрев материалов и транспорта	Прочие	Итого	От людей	От освещения	От нагретого материала	От электромеханического оборудования	От солнечной радиации через световые проемы	От солнечной радиации через покрытие	Прочие	Итого	Недостаток (формула (2))	Избыток (формула (1))
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

4.1. Теплопоступления

Теплопоступления от людей зависят от выделяемой людьми энергии при работе (категории работ) и температуры окружающего воздуха в помещении, Вт,

$$Q_{\text{люд}} = q_{\text{явн}} \cdot n, \quad (3)$$

где $q_{\text{явн}}$ – явное тепло выделяемое человеком (мужчиной), Вт/чел., принимается в зависимости от температуры внутреннего воздуха и категории работ по табл. 5;

n – число рабочих в смену, чел.

Таблица 5

Количество теплоты и влаги, выделяемые взрослым человеком (мужчиной)

Температура окружающего воздуха, °С	Количество теплоты $q_{\text{явн}}$, Вт, и влаги w , г/ч, выделяемые взрослым человеком (мужчиной)							
	в состоянии покоя		при легкой работе		при работе средней тяжести		при тяжелой работе	
	w	$q_{\text{явн}}$	w	$q_{\text{явн}}$	w	$q_{\text{явн}}$	w	$q_{\text{явн}}$
15	30	120	55	120	110	135	185	165
16	32	114	59	116	116	129	196	158
17	34	108	63	112	122	123	207	151
18	36	102	67	108	128	117	218	144
19	38	96	71	104	134	111	229	137
20	40	90	75	100	140	105	240	130
21	42	84	83	93	149	98	251	123
22	44	78	91	86	158	91	262	116
23	46	72	99	79	167	84	273	109
24	48	66	107	72	176	77	284	102
25	50	60	115	65	185	70	295	95
26	55	56	122	60	194	64	307	86
27	60	52	129	55	203	58	319	77
28	65	48	136	50	212	52	331	68
29	70	44	143	45	221	46	341	59
30	75	40	150	40	230	40	355	50

Тепловыделения от источников искусственного освещения, Вт:

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}, \quad (4)$$

где E – нормируемая освещенность помещения, лк (табл. 6);

F – площадь пола помещения, м²;

$q_{\text{осв}}$ – удельные тепловыделения от ламп, Вт/(м²лк) (табл. 7);

$\eta_{\text{осв}}$ – доля теплоты, поступающей в помещение (при люминесцентных лампах $\eta_{\text{осв}}=0,45$; при лампах накаливания $\eta_{\text{осв}}=0,15$).

Для большинства помещений, имеющих естественное освещение, теплопоступления от источников искусственного освещения учитываются в холодный и переходный периоды года.

Таблица 6

Нормируемая освещенность помещений E , лк [4]

№	Помещение	E , лк
1	Кузнечные, термические, окрасочные, сборочные, гальванические цехи	150
2	Механические, ремонтно-механические, сварочные, деревообрабатывающие, электроремонтные цехи	200
3	Техническое обслуживание и ремонт автомобилей	200

Таблица 7

Удельные тепловыделения от светильников [4]

Тип светильника	Удельные тепловыделения, $q_{\text{осв}}$, Вт/(м ² лк) для помещений площадью, м ²					
	менее 50		50–200		более 200	
	При высоте помещения, м					
	≤4	>4	≤4	>4	≤4	>4
Люминесцентные лампы	0,08	0,2	0,06	0,074	0,056	0,067
Лампы накаливания	0,21	0,28	0,16	0,2	0,154	0,187

Поступление тепла от солнечной радиации через заполнение световых проемов.

Количество тепла, поступающее в помещение в теплый период года через световые проемы, для наиболее жаркого месяца года, Вт,

$$Q = (q'F_0' + q''F_0'')\beta, \quad (5)$$

где q' , q'' – плотности тепловых потоков, поступающих в помещение через вертикальное остекление (формулы 6 и 7), Вт/м²;

F_0' , F_0'' – площади световых проемов, соответственно, облучаемых и не облучаемых прямой солнечной радиацией, м²;

β – коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств (для штор из светлой ткани $\beta=0,4$; для штор из темной ткани $\beta=0,8$; без солнцезащитных устройств $\beta=0,9$).

Для вертикального остекления световых проемов частично или полностью облучаемых солнечной радиацией

$$q' = (q_n^b + q_p^b)K_1K_2. \quad (6)$$

Для вертикального заполнения световых проемов, находящихся в тени,

$$q'' = q_p^bK_1K_2, \quad (7)$$

где q_n^b , q_p^b – количество теплоты прямой и рассеянной солнечной радиации, Вт/м², поступающей в помещение в расчетный час, принимаются в зависимости от географической широты и ориентации световых проемов по прил. 1. За расчетный принимается час, для которого значения q_n^b и q_p^b являются максимальными;

K_1 – коэффициент, учитывающий затенение световых проемов остекления переплетом (табл. 8);

K_2 – коэффициент, учитывающий загрязнение остекления (табл. 9).

Коэффициент K_1

Заполнение светового проема	K_1
Остекление без переплетов:	
одинарное	1,0
двойное	0,9
Остекление в металлических переплетах:	
одинарное	0,8
двойное	0,72
Остекление в деревянных переплетах:	
одинарное	0,65
двойное	0,6

Таблица 9

Коэффициент K_2

Степень загрязнения остекления	K_2
Значительное	0,85
Умеренное	0,9
Незначительное	0,95
Чистое стекло	1

Пример.

Рассчитать величину максимальных поступлений тепла от солнечной радиации в помещение через заполнение световых проемов (двойное остекление в деревянных переплетах) в двух противоположных стенах, обращенных на юго-восток и северо-запад. В каждой стене имеется по шесть окон размером 2,0×1,8 м. Здание расположено на 56° с.ш. Атмосфера не загрязненная, стекло чистое без солнцезащитных устройств.

Решение.

Из прил. 1 выписывают количество прямой и рассеянной радиации, поступающее через вертикальное остекление световых проемов, обращенных на ЮВ и СЗ. Данные заносят в

табл. 10. Из таблицы видно, что период максимальных поступлений тепла в помещение наблюдается с 8 до 9 часов.

Таблица 10

Часы суток	Количество тепла, поступающее через вертикальное остекление, Вт/м ²		
	ЮВ	СЗ	всего
4–5	$\frac{28}{20}$	$\frac{—}{13}$	$\frac{28}{33}$
5–6	$\frac{140}{57}$	$\frac{—}{30}$	$\frac{140}{87}$
6–7	$\frac{287}{90}$	$\frac{—}{44}$	$\frac{287}{134}$
7–8	$\frac{424}{105}$	$\frac{—}{53}$	$\frac{424}{158}$
8–9	$\frac{479}{108}$	$\frac{—}{56}$	$\frac{479}{164}$
9–10	$\frac{479}{102}$	$\frac{—}{57}$	$\frac{479}{159}$
10–11	$\frac{427}{92}$	$\frac{—}{58}$	$\frac{427}{150}$
11–12	$\frac{330}{79}$	$\frac{—}{53}$	$\frac{330}{132}$
12–13	$\frac{176}{76}$	$\frac{165}{32}$	$\frac{341}{108}$
13–14	$\frac{21}{72}$	$\frac{344}{74}$	$\frac{365}{146}$
14–15	$\frac{—}{67}$	$\frac{401}{93}$	$\frac{401}{160}$
15–16	$\frac{—}{64}$	$\frac{339}{98}$	$\frac{339}{162}$
16–17	$\frac{—}{53}$	$\frac{174}{87}$	$\frac{174}{140}$
17–18	$\frac{—}{42}$	$\frac{26}{71}$	$\frac{26}{113}$
18–19	$\frac{—}{28}$	$\frac{—}{62}$	$\frac{—}{90}$
19–20	$\frac{—}{13}$	$\frac{—}{59}$	$\frac{—}{72}$

Чтобы определить суммарное количество тепла в период его максимального поступления в помещение, преобразуем формулу (5) с использованием (6) и (7) к виду:

$$Q = [(q_{п}^B + q_{р}^B) K_1 K_2 F'_0 + q_{р}^B K_1 K_2 F''_0] \beta = [(q_{п}^B + q_{р}^B)_{ЮВ} K_1 K_2 F_{ЮВ} + q_{р(СЗ)}^B K_1 K_2 F_{СЗ}] \beta. \quad (8)$$

Тогда по формуле (8):

$$Q = [(479 + 108) 0,6 \cdot 1,0 (6 \times 2 \times 1,8) + 56 \cdot 0,6 \cdot 1,0 (6 \times 2 \times 1,8)] 0,9 = 8333 \text{ Вт, где } K_1 = 0,6; K_2 = 1,0; \beta = 0,9.$$

Поступление тепла от солнечной радиации через массивные ограждающие конструкции. Поступление тепла в теплый период года в помещение через массивные ограждающие конструкции (наружные стены и покрытие), Вт,

$$Q_{o/k} = (q_{cp} + \Delta q) \cdot F = Q_{cp} + A_q, \quad (9)$$

где Q_{cp} – среднее за сутки количество поступающей теплоты, Вт;

A_q – изменяющаяся в течение суток часть теплопоступлений, Вт;

F – площадь массивной ограждающей конструкции, м².

Теплопоступления через наружные стены незначительны и их при выполнении курсового проекта по вентиляции можно не учитывать, а теплопоступления через покрытие можно определять по среднесуточным значениям

$$Q_{пок} = Q_{cp} = F \frac{\left(t_{н} + \frac{\rho \cdot q_{п+р}^r}{\alpha_{н}} - t_{в} \right)}{R_0}, \quad (10)$$

где $t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха в теплый период года, °С, (см. табл. 2);

$t_{н}$ – среднемесячная температура наружного воздуха за июль [2], °С;

Средние суточные количества теплоты от суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации, Вт/м², в июле [5]

ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации покрытием, для рубероида $\rho = 0,9$; для стали кровельной оцинкованной $\rho = 0,65$; для кирпича силикатного $\rho = 0,6$ [6];

$q_{п+р}^r$ – средние суточные количества теплоты от суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации, поступающие на поверхность покрытия, Вт/м², табл.11;

α_H – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности покрытия, Вт/м²·К, для горизонтальной поверхности: $\alpha_H = 8,7 + 2,6\sqrt{v}$, где v – скорость ветра для теплого периода года, м/с, (см. табл. 1).

R_0 – сопротивление теплопередачи покрытия, м²·К/Вт, определяется в соответствии с [6], исходя из условия $R_0 \geq R_0^{TP}$,

$$R_0^{TP} = \frac{n(t_{в.х.} - t_H^B)}{\Delta t^H \alpha_B}, \quad (11)$$

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, для горизонтального покрытия $n=1$;

$t_{в.х.}$ – расчетная температура внутреннего воздуха для холодного периода года, °С, (см. табл. 2);

t_H^B – расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С, принимаемая по параметру Б (см. табл. 1);

Δt^H – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, для чердачных перекрытий и покрытий производственных зданий $\Delta t^H=12$;

α_B – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м² °С), для стен, потолков, полов $\alpha_B=8,7$ Вт/(м² °С).

Географическая широта, град.	Среднее суточное значение $q_{п+р}^r$	Географическая широта, град.	Среднее суточное значение $q_{п+р}^r$
36	344	56	327
40	333	60	319
44	331	64	319
48	328	68	332
52	329		

Теплопоступления от электромеханического оборудования. Поступления тепла от электродвигателя и приводимого ими в действие оборудования (фрикционный пресс, кран-балка, пневматический молот и т. п.), Вт,

$$Q_{эл} = N_y K_{сп} (1 - K_n \eta + K_r K_n \eta) 10^3, \quad (12)$$

где N_y – установочная мощность электродвигателей, кВт;

$K_{сп}$ – коэффициент спроса на электроэнергию, при отсутствии данных можно принять $0,2 \div 0,8$;

$K_r=0,9 \div 1,0$ – коэффициент перехода тепла в помещение;

$K_n=0,9 \div 1,0$ – коэффициент, учитывающий полноту загрузки электродвигателя;

$\eta=0,75 \div 0,92$ – КПД электродвигателя при полной его нагрузке.

Тепловыделения от нагревательных печей. Количество теплоты, поступающей от нагревательных печей (через стенки по тепловому балансу печей), Вт,

$$Q_{н.п} = 0,278 \cdot B \cdot Q_n^p \cdot \eta, \quad (13)$$

где B – расход топлива, кг/ч;

Q_n^p – теплота сгорания топлива, кДж/кг;

η – потери в цех в долях (при отсутствии данных $\eta=0,3$).

Тепловыделения через открытые отверстия и неплотности печей. Количество теплоты, поступающей в помещение через открытые отверстия и неплотности печей от продуктов сгорания, Вт,

$$Q_{\text{отв.п.}} = 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{г}}(t_{\text{г}} - t_{\text{в}}), \quad (14)$$

где $c=1,05$ кДж/кг·°С – удельная теплоёмкость газов;

$G_{\text{г}}$ – количество выбивающихся из печи газов, кг/ч;

$t_{\text{г}}$ – температура газов, поступающих в цех, обычно принимается на 150 °С ниже температуры газов в печи $t_{\text{п}}$;

$t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха в цехе.

$$G_{\text{г}} = 3600 \cdot \mu \cdot F_0 \cdot v_{\text{г}} \cdot \rho_{\text{г}} \frac{Z}{60}, \quad \text{кг/ч}, \quad (15)$$

где $\mu=0,6$ – коэффициент, учитывающий сужения струи газа при выходе из отверстия;

F_0 – площадь рабочего отверстия печи, м²;

$v_{\text{г}} = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_{\text{г}}}}$ – скорость выбивающихся из печи газов, м/с;

$\Delta P=1\div 5$ Па – избыточное давление в печи, под действием которого газы выходят из отверстия;

$\rho_{\text{г}} = \frac{353}{273 + t_{\text{г}}}$ – плотность газов, выбивающихся из печи, кг/м³;

Z – время, в течение которого открыта загрузочная дверка, мин (принять 10 мин/час).

Тепловыделения от остывающего материала. Если в помещении падают материалы и изделия в нагретом состоянии (например, из нагревательных печей), то необходимо учитывать тепло, которое они отдают помещению при охлаждении. Если остывающий материал находится в твердом состоянии, то количество выделяемого им в помещение тепла, Вт,

$$Q_{\text{м}} = 0,278 \cdot c \cdot G_{\text{м}}(t_{\text{н}} - t_{\text{к}})b, \quad (16)$$

где $G_{\text{м}}$ – количество остывающего материала, кг;

c – средняя теплоемкость материала (для стали $c=0,73$ кДж/кг·°С, для чугуна $c=0,76$ кДж/кг·°С);

$t_{\text{н}}$ – начальная температура выгружаемого материала, принимается на 50÷100 °С ниже температуры печи $t_{\text{п}}$;

$t_{\text{к}}=t_{\text{в}}$ – конечная температура выгруженного материала;

b – коэффициент, учитывающий неравномерность выделения тепла по времени, принимаемый по табл. 12.

Таблица 12

Вес изделий	1-й час	2-й час	3-й час
До 200	0,75	0,15	0,1
200–1000	0,55	0,3	0,15

Расчет ведется для одного расчетного часа.

Тепловыделения от кузнечных горнов. Поступления от кузнечных горнов, снабженных дымоотводящими зонтами, Вт,

$$Q_{\text{кг}} = 0,278 \cdot B \cdot Q_{\text{н}}^{\text{п}} \cdot \varphi, \quad (17)$$

где B – расход топлива, кг/ч;

φ – коэффициент, учитывающий долю тепла, выделяющегося в цех, берется из графика (рис. 1) в зависимости от расхода топлива B .

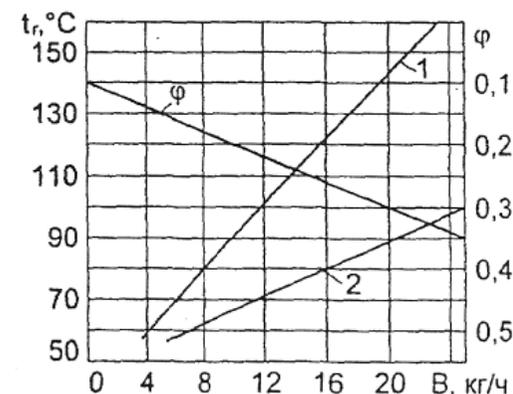


Рис. 1. График зависимости температуры газов в вытяжной трубе $t_{\text{г}}$ и поступающей в цех доли тепла φ от расхода топлива в горне B :
1 – горн на один огонь;
2 – горн на два огня

Тепловыделения от паровых молотов. Поступление теплоты от паровых молотов, Вт,

$$Q_{п.м.} = 0,278 \cdot G_{п.} (I_{н.} - I_{к.}), \quad (8)$$

где $G_{п.}$ – количество пара, расходуемое молотом, в зависимости от массы падающих частей молота, кг/ч, (табл. 13);

$I_{н.}$ и $I_{к.}$ – начальная и конечная энтальпия пара, кДж/кг, (табл. 14).

Таблица 13

Масса падающих частей молота, т	Расход пара, $G_{п.}$, кг/ч (свободная ковка)	Масса падающих частей молота, т	Расход пара, $G_{п.}$, кг/ч (свободная ковка)
0,5	600	3	1600
1	920	4	1850
2	1320	5	2100

Таблица 14

Давление $P \cdot 10^5$, Па	Энтальпия I , кДж/кг	Давление $P \cdot 10^5$, Па	Энтальпия I , кДж/кг	Давление $P \cdot 10^5$, Па	Энтальпия I , кДж/кг
1,0	2673	3,0	2726	6,5	2760
1,2	2683	3,2	2728	7,0	2761
1,4	2690	3,4	2731	7,5	2767
1,6	2695	3,6	2734	8,0	2772
1,8	2702	3,8	2736	8,5	2773
2,0	2708	4,0	2740	9,0	2775
2,2	2711	4,5	2745	9,5	2777
2,4	2715	5,0	2750	10,0	2779
2,6	2718	5,5	2754		
2,8	2721	6,0	2758		

Тепловыделения с открытой поверхности воды. Количество явного тепла, выделяющегося с открытой поверхности нагретой воды (при $t_w > t_b$), Вт,

$$Q_b = (5,71 + 4,06 \cdot v) (t_w - t_b) F, \quad (19)$$

где v – скорость движения воздуха над поверхностью воды, м/с;

t_w – температура воды, °С;

t_b – температура окружающего воздуха, °С;

F – площадь поверхности воды, м².

Для ванн с низкими температурами (холодные ванны) тепловыделений нет.

Тепловыделения от сварочных постов. Теплота, выделяемая в помещение, может быть принята от одного электросварочного поста в размере $Q_{э.п.} = 4600$ Вт, а от поста газовой сварки – 10000 Вт [9].

4.2. Теплотери

Через ограждающие конструкции. Расчет теплотерь здания через ограждающие конструкции ведем по укрупненным показателям. Теплотери здания через ограждающие конструкции в холодный период года, Вт,

$$Q_{орг}^{хпр} = q_{уд.} V (t_b - t_n^B), \quad (20)$$

где V – наружный объем здания, м³;

t_b – температура внутреннего воздуха, °С, (см. табл. 2);

t_n^B – расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С, принимаемая по параметрам Б (см. табл. 1);

$q_{уд.}$ – удельная тепловая характеристика здания (для производственных зданий $q_{уд.} = 0,4$ Вт/м³·°С).

Теплотери здания через ограждающие конструкции в переходный период года, Вт,

$$Q_{орг}^{ппр} = Q_{орг}^{хпр} \frac{t_b - t_{н(ппр)}}{t_b - t_{н(хпр)}^B}, \quad (21)$$

где $t_{н(ппр)} = +8$ °С – расчетная температура наружного воздуха для переходного периода года.

На нагрев инфильтрационного воздуха. Теплотери на нагревание инфильтрационного воздуха, то есть воздуха, поступающего в помещение через неплотности заполнения световых

проемов и ограждения (неорганизованный воздухообмен), можно принять равными 30 % от основных потерь тепла:

$$Q_{\text{инф}}=0,3 \cdot Q_{\text{огр}} \quad (22)$$

На нагрев ввозимого в помещение материала. Теплопотери на нагрев ввозимого в помещение материала, сырья и пр., Вт,

$$Q_{\text{мат}}=0,278 \cdot c \cdot G_{\text{м}}(t_{\text{в}}-t_{\text{н}})b, \quad (23)$$

где $G_{\text{м}}$ – количество ввозимого материала, кг;

c – то же, что в формуле (16);

$t_{\text{н}}$ – начальная температура поступающего в цех материала, °С;

$t_{\text{в}}$ – температура окружающего воздуха в помещении, °С;

b – коэффициент, учитывающий общую долю количества теплоты, воспринимаемую материалом за каждый час, принимаемый по табл. 15.

Таблица 15

b	1-й час	2-й час	3-й час
Несыпучий материал	0,5	0,3	0,2
Сыпучий материал	0,4	0,25	0,15

5. РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЙ ВРЕДНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ

5.1. Газовыделения

Вредные газы и пары выделяются в воздух помещения в следующих случаях: при химических реакциях и других процессах в аппаратах; при испарении с открытых поверхностей резервуаров и ванн, заполненных различными растворами, щелочами и пр., а также со смоченной растворами и щелочами поверхности предметов при перемещении их по цеху; через неплотности в кладке пламенных печей; через открытые смотровые и загрузочные щели и окна, неплотности укрытий над оборудованием, устанавливаемым в местах выделения вредностей.

Двуокись углерода CO_2 , выделяемая людьми. Углекислый газ, выделяемый взрослыми людьми при выполнении работ различной тяжести, г/ч,

$$G_{\text{л}} = q_{\text{co}_2} \cdot n, \quad (24)$$

где q_{co_2} – количество углекислого газа, выделяемое одним человеком, г/ч, принимается в зависимости от категории работ: в состоянии покоя один человек выделяет 40 г/ч углекислого газа, при легкой работе – 45 г/ч, при работе средней тяжести – 60 г/ч, при тяжелой работе – 90 г/ч.

n – число рабочих в смену.

Газы, вырывающиеся в помещение через открытые отверстия и неплотности печи. Количество выбивающихся из печи газов (при работе печи на жидком и твердом топливе – это окись углерода CO и сернистый газ SO_2 , при работе на газовом топливе – это окись углерода) $G_{\text{печ}}=G_{\text{г}}$ (см. формулу 15).

Газы, вырывающиеся в помещение из-под зонтов, установленных над горнами. Даже при рационально устроенной вентиляции из-под зонтов выбивается до 5 % газов, получаемых при сжигании топлива:

– при работе на жидком и твердом топливе – это окись углерода CO и сернистый газ SO_2 , г/ч:

$$G_{\text{горн}}^{\text{co}}=0,05 \cdot 0,233 \cdot q_{\text{х.н}} \cdot C^{\text{P}} \cdot B, \quad (25)$$

$$G_{\text{горн}}^{\text{so}_2}=0,05 \cdot 20 \cdot S^{\text{P}} \cdot B, \quad (26)$$

– при работе на газовом топливе – это окись углерода CO , г/ч:

$$G_{\text{горн}}^{\text{co}}=0,05 \cdot 0,125 \cdot q_{\text{х.н}}(\text{CH}_4+2\text{C}_2\text{H}_6+3\text{C}_3\text{H}_8+4\text{C}_4\text{H}_{10}+5\text{C}_5\text{H}_{12})B, \quad (27)$$

где C^{P} – весовое содержание углерода в топливе, %, $C^{\text{P}}=72,5$ % – при работе на угле, $C^{\text{P}}=85$ % – при работе на мазуте;

S^{P} – весовое содержание серы в топливе, %, $S^{\text{P}}=0,6$ % – при работе на угле, $S^{\text{P}}=0,7$ % – при работе на мазуте;

$q_{x.n.}$ – химическая неполнота горения топлива, %, $q_{x.n.} = 4\%$ – при работе на угле, $q_{x.n.} = 2\%$ – при работе на мазуте и на газе.

B – расход топлива, кг/ч;

$CH_4, C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10}, C_5H_{12}$ – химический состав газообразного топлива, %.

Газы, выделяющиеся в цех с продуктами сгорания от нагревательных печей при выпуске продуктов сгорания непосредственно в цех (для печей без дымоотводящих труб).

– При работе на жидком и твердом топливе – это окись углерода CO и сернистый газ SO₂, г/ч,

$$G_{\text{пр.ср.}} = 0,233 \cdot q_{x.n.} \cdot C^P \cdot B; \quad (28)$$

$$G_{\text{пр.ср.}} = 20 \cdot S^P \cdot B. \quad (29)$$

– При работе на газовом топливе – это окись углерода CO, г/ч,

$$G_{\text{пр.}} = 0,125 \cdot q_{x.n.} (CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8 + 4C_4H_{10} + 5C_5H_{12}) B, \quad (30)$$

Газовыделения в воздух помещения при сварке. Валовые выделения вредностей в воздух помещения при сварке, г/ч:

$$G_{\text{св}} = n \cdot G_1 \cdot m_c (1 - \eta_0), \quad (31)$$

где n – количество рабочих мест или постов сварки;

G_1 – расход сварочных материалов на один пост, кг/ч;

m_c – удельные выделения вредностей при сжигании 1 кг сварочных материалов, г/кг [10, с. 15];

η_0 – эффективность улавливания вредностей местными отсосами ($\eta_0 = 0,75$).

Газовыделения при испарении вредных веществ с открытой поверхности жидкости. Испарение вредных веществ с открытых поверхностей жидкости происходит вследствие разности парциальных давлений или концентраций вещества над поверхностью жидкости и в окружающей воздушной среде. Расчет

очень громоздкий, и в курсовом проекте, чтобы произвести расчет местной вытяжной вентиляции от гальванических ванн, достаточно только определить состав раствора в ваннах и тип выделяющихся вредностей.

В курсовом проекте принять токсичные газовыделения с поверхности электролита ванны в размере $G'_{\text{ж}} = 7,14$ г/ч на 1 м² [11]. 70 % токсичных выделений удаляется местными отсосами и 30 % поступает в воздух помещения и должно вытягиваться общеобменной вентиляцией, тогда газовыделения при испарении вредных веществ с открытой поверхности жидкости, г/ч:

$$G_{\text{ж}} = 0,3 \cdot G'_{\text{ж}}. \quad (32)$$

5.2. Пылевыведения

Выделение пыли происходит при дроблении и размол, перегрузке сыпучих материалов, при обдирке и шлифовке, заточке и расфасовке, в деревообрабатывающей промышленности. При расчете местной вытяжной вентиляции от пылящего оборудования обычно оказывается достаточным знать интенсивность пылевыведения и тип самого пылящего оборудования, так как определить, сколько пыли поступает в воздух, почти невозможно. Здесь оперируют не цифрами, а такими условными понятиями, как *интенсивное пылевыведение* (дробление и размол, перегрузка сыпучих материалов), *значительное пылевыведение* (обдирка и шлифовка, работа с пресс-порошками, заточка, расфасовка), *незначительное пылевыведение* (в текстильной, деревообрабатывающей промышленности). Валовое выделение пыли при сварке, г/кг расходуемых сварочных материалов [10, с. 15].

5.3. Влаговыведения

Поступление влаги в помещение происходит в результате испарения с поверхности кожи и дыхания людей, испарения со свободной поверхности, испарения с влажных поверхностей ма-

териалов и изделий, а также сушки материалов, химических реакций, работы технологического оборудования.

Влаговыделения людей. Зависят от категории работ и от температуры окружающего воздуха в помещении, г/ч,

$$W_{\text{л}} = w \cdot n, \quad (33)$$

где w – количество влаги, выделяемой одним взрослым человеком (мужчиной), г/ч, (табл. 5);

n – число рабочих в смену, чел.

С открытой водной поверхности. Количество влаги, испарившейся с поверхности некипящей воды (при t_w до 100°C), кг/ч,

$$W_{\text{в}}^{\text{некип}} = (a + 0,131 \cdot v_{\text{в}}) (P_{\text{в.п}}^{\text{пов}} - P_{\text{в.п}}^{\text{окр}}) \frac{101,3}{B} F, \quad (34)$$

где a – температурный коэффициент поверхности испарения, принимаемый по табл. 16.

Таблица 16

Температура воды $t_w, ^\circ\text{C}$	До 30	40	50	60	70	80	90	100
a	0,02	0,028	0,033	0,037	0,041	0,046	0,051	0,06

$P_{\text{в.п}}^{\text{пов}}$ – давление водяных паров, насыщающих воздух помещения при температуре поверхности воды t_w , кПа [12, табл.1];

$P_{\text{в.п}}^{\text{окр}}$ – давление водяных паров, содержащихся в окружающем воздухе, кПа,

$$P_{\text{в.п}}^{\text{окр}} = P_{\text{в.п}}^{\text{окр.н}} \cdot \phi, \quad (35)$$

где $P_{\text{в.п}}^{\text{окр.н}}$ – давление водяных паров, насыщающих воздух помещения при температуре окружающего воздуха $t_{\text{в}}$, кПа [12, табл. 1];

ϕ – относительная влажность окружающего воздуха в помещении в долях;

B – барометрическое давление внутреннего воздуха, кПа, $B=760 \text{ мм.рт.ст}=101,308 \text{ кПа}$;

$v_{\text{в}}$ – скорость движения воздуха над поверхностью испарения, м/с;

F – площадь поверхности испарения, м^2 .

Количество влаги, испарившейся при кипении воды (при $t_w > 100^\circ\text{C}$), ориентировочно, по данным В.В.Батурина, может быть принята 50 кг в 1 час с 1 м^2 зеркала испарения [11], т.е.

$$W_{\text{в}}^{\text{кин}} = 50 \cdot F, \text{ кг/ч.} \quad (36)$$

Для последующего расчета систем вентиляции суммарные вредные выделения в помещении заносят в расчетную ведомость, представленную в виде табл. 17.

Таблица 17

Период года	Наименование помещения (цеха)	Объем помещения (цеха), м^3	Газо- и пылевыведения, г/ч	Теплоизбытки, Вт (см. табл. 4)	Влаговыделения, кг/ч
1	2	3	4	5	6

6. РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА

Расчет производят для трёх периодов года (холодного, переходного, теплого). Подход к решению этой задачи зависит от вида систем вентиляции, а также от способов раздачи воздуха и удаления его из помещения.

6.1. Местные отсосы

В процессе изучения проекта уточняется оборудование, снабжаемое местными отсосами (шкафами, зонтами, бортовыми отсосами, кожухами, воронками и т. д.). Количество воздуха, удаляемого местным отсосом, зависит от его конструкции, размеров и характера вредностей. Поэтому перед расчетом следует

наметить конструкцию и габаритные размеры местного отсоса. При этом необходимо применить рекомендованные конструкции, приведенные в специальной литературе [7,8,10,11].

Ремонтно-механические цехи.

Обдирочно-шлифовальные, плоскошлифовальные, точильные, универсально-заточные, заточные станки оборудуются пылеприёмниками в виде кожухов и воронок. Количество воздуха, удаляемого от пылящих станков, определяется:

а) в случае устройства укрытия в виде кожуха, м³/ч

$$L=2 \cdot d_{кр} \cdot n \text{ — при } d_{кр} < 250 \text{ мм,} \quad (37)$$

$$L=1,8 \cdot d_{кр} \cdot n \text{ — при } d_{кр} = 250 \div 600 \text{ мм,} \quad (38)$$

$$L=1,6 \cdot d_{кр} \cdot n \text{ — при } d_{кр} > 600 \text{ мм,} \quad (39)$$

где $d_{кр}$ – диаметр круга, мм;

n – количество кругов.

б) при устройстве воронок, улавливающих пыль, – по номограмме (рис. 2).

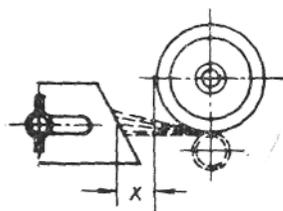
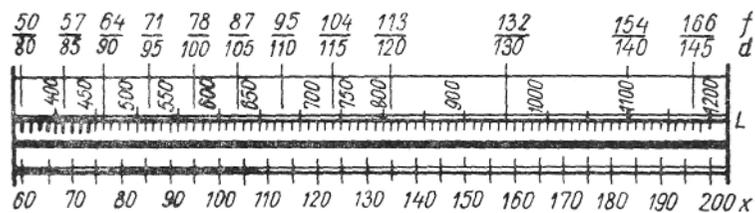


Рис. 2. Номограмма для расчета объемов отсоса запыленного воздуха от воронок станков: x – расстояние от воронки до ближайшей кромки круга ($x = 60 \div 200$ мм); L – количество удаляемого воздуха, м³/ч; d – диаметр круглой воронки, мм; f – площадь сечения прямоугольной воронки

Площадь сечения воронки можно определить по формуле

$$f = \frac{L}{3600 \cdot v_n}, \text{ м}^2, \quad (40)$$

где v_n – начальная скорость вытяжного факела, принимается для тяжелой наждачной пыли $14 \div 16$ м/с.

Обрубные верстаки оборудуются нижнебортовыми отсосами. Объем вытяжки будет определяться по формуле, м³/ч,

$$L=2500 \cdot F, \quad (41)$$

где 2500 м³/час – расход воздуха на 1 м² решетки;

F – площадь решетки, м².

Сварочные цехи.

В качестве местных отсосов при сварке мелких деталей и небольших конструкций применяются панели равномерного всасывания инж. С.А. Чернобережского размерами ($h \times l$): (645×600), (645×750), (645×900), где h – высота, мм, l – длина, мм [7,8].

Объем воздуха, отсасываемого панелью инж. С.А. Чернобережского, может быть принят в размере 3300 м³/ч на 1 м² габаритной площади панели f_r :

$$L=3300 \cdot f_r, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (42)$$

Площадь живого сечения панели, м²,

$$f_{ж}=0,23 \cdot f_r. \quad (43)$$

Скорость всасывания, м/с,

$$v = \frac{L}{3600 \cdot f_{ж}}. \quad (44)$$

При сварке крупных деталей применяются двухсторонние поворотные воздухоприемники ЛИОТ-1 с размерами панелей ($h \times l$): 900×450 мм [7,8]. Объем вытяжки одной панели можно принять $L=4000$ м³/ч.

Оптимальная высота для устройства вытяжки (высота максимальной концентрации пыли) принимается в зависимости от силы тока и диаметра электродов (табл. 18).

Таблица 18

Сила тока, А	Диаметр электрода, мм	Высота максимальной концентрации пыли, м
120	4	4
140	4	4,7
180	4÷5	6
200	5	6,6
280	5÷6	9,3

Гальванический цех.

От производственных ванн различного технологического назначения устанавливаются односторонние бортовые отсосы при ширине ванн до 700 мм и двухсторонние – при ширине более 700 мм. Расчет отсасываемого воздуха производится по методу М.М. Баранова или И.Л. Виварелли.

По методу И.Л. Виварелли количество воздуха, отсасываемого от ванны, м³/ч,

$$L_{\text{ванна}} = K_3 \cdot K_T \cdot B \sqrt{\frac{\psi \cdot (t_{\text{ж}} - t_{\text{в}}) \cdot g \cdot B^3}{3 \cdot T_{\text{в}}}} \cdot l \cdot 3600, \quad (45)$$

где K_3 – коэффициент запаса, принимаемый в зависимости от токсичности паров и газов от 0,5 до 2;

K_T – коэффициент, который учитывает добавки на подсос

воздуха с торцов ванны: $K_T = \left(1 + \frac{B}{4 \cdot l}\right)^2$ – для однобортового от-

соса; $K_T = \left(1 + \frac{B}{8 \cdot l}\right)^2$ – для двухбортового отсоса;

B и l – ширина и длина ванны, м;

B – коэффициент, характеризует тип отсоса, $B = 0,35$ – для однобортового отсоса; $B = 0,5$ – для двухбортового отсоса;

$g = 9,81$;

$t_{\text{ж}}$ и $t_{\text{в}}$ – температуры, соответственно, жидкости в ванне и воздуха в помещении, °С;

ψ – свободный угол подсоса между зеркалом ванны и ограждающей плоскостью, рад. Если ванна стоит вдоль стены и между ванной и стеной расположен отсос $\psi = \frac{\pi}{2}$, для отдельно стоящих ванн $\psi = \frac{3}{2} \pi$.

По методу М.М. Баранова количество воздуха, отсасываемого от ванны, м³/ч,

$$L_{\text{ванна}} = q \sqrt{(t_{\text{ж}} - t_{\text{в}})} \cdot l \cdot K_H \cdot K_v, \quad (46)$$

где q – удельный расход воздуха через щелевые отсосы на 1 м длины ванны, м³/ч·м, (таб. 19);

Таблица 19

Тип отсоса	h , мм	Значение q , м ³ /ч·м, при ширине ванны B , мм						
		500	600	700	800	900	1000	1100
Однобортовой	40	730	1000	1300				
	80	530	800	1000	–	–	–	–
	160	400	600	800				
Двухбортовой	40	375	450	525	600	675	750	825
	80	285	350	400	455	520	575	680
	160	220	260	300	350	380	430	480

h – высота спектра вредных выделений, мм, (прил. 2);

K_H – поправочный коэффициент на глубину уровня раствора в ванне H , мм: для однобортового отсоса $K_H = 1,12 - 0,0015H$, для двухборто-

вого отсоса $K_H = 1$ при $H = 80$ мм, $K_H = 0,015 \left(\frac{B}{H}\right)^2 - 0,305 \frac{B}{H} + 2,6$;

K_v – поправочный коэффициент на скорость движения воздуха в помещении, для однобортового отсоса $K_v = h^{0,07} (1 - h^{0,2} \Delta t \cdot 10^{-3})$,

для двухбортового отсоса $K_v = \frac{\Delta t \cdot h^{0,2} (1 - h^{0,35} \Delta t \cdot 10^{-3})}{\Delta t - 10 \ln(80/H)}$.

Кузнечно-термический цех.

Над кузнечными горнами для улавливания вредных выделений ставятся вытяжные зонты (рис. 3).

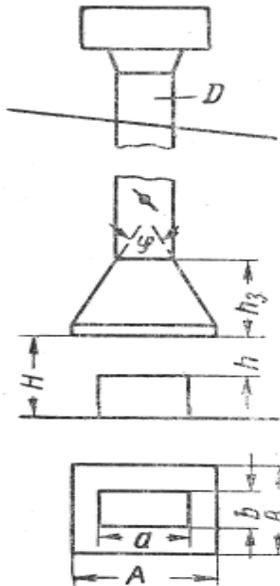


Рис. 3. Габариты зонта:

$$H = 1,6 \div 1,8 \text{ м;}$$

$$A = a + 0,8h, \text{ м;}$$

$$B = b + 0,8h, \text{ м;}$$

$$\varphi = 60^\circ;$$

$$h_3 = \frac{A - D}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + 0,3$$

Диаметр вытяжной трубы D определяется в зависимости от ее высоты $H_{\text{тр}}$ (рис. 4).

Количество воздуха, поступающего под укрытие зонта $L_{\text{горн}}$, м³/ч, определяется по графику (рис. 5) по величине расхода топлива B , т. к. график составлен для условного топлива с теплотворной способностью $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 7000 \text{ ккал/кг} = 29400 \text{ кДж/кг}$, то необ-

ходимо найденный расход воздуха пересчитать на $Q_{\text{н}}^{\text{п}}$ фактическое.

$$L_{\text{горн}} = L \frac{Q_{\text{н}}^{\text{п}}}{29400}, \quad (47)$$

где L – воздухообмен, определяемый по графику, м³/ч;

$Q_{\text{н}}^{\text{п}}$ – фактическая теплотворная способность топлива, кДж/кг.

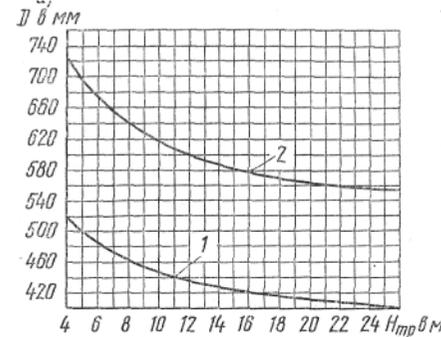


Рис. 4. Зависимость диаметра вытяжной трубы от ее высоты: 1 – для одноогневого горна, 2 – для двухогневого горна

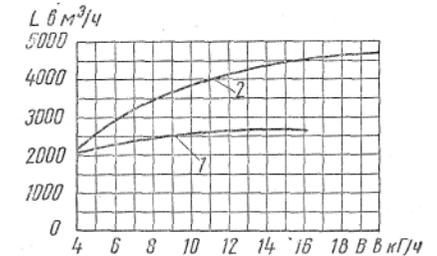


Рис. 5. Зависимость объема воздуха, поступающего под зонт, от расхода топлива: 1 – для одноогневого горна, 2 – для двухогневого горна

Над загрузочными отверстиями нагревательных печей ставятся зонты-козырьки (рис. 6). Размеры зонта-козырька принимают конструктивно: вылет $1,4 \div 1,8$ высоты загрузочного отверстия, ширина равна ширине отверстия плюс $0,1 \text{ м}$ с каждой стороны, температура воздуха, удаляемого через зонты-козырьки от проемов печей, при естественной тяге не должна превышать $350 \text{ }^\circ\text{C}$, при механической – $150 \text{ }^\circ\text{C}$ ($t_{\text{см}}$) [13]. Площадь сечения вытяжной трубы, м²,

$$F_{\text{тр}} = \frac{L}{3600 \cdot v}, \quad (48)$$

где $v = 1 \div 12 \text{ м/с}$ – скорость воздуха в вытяжной трубе;

$L_{см}$ – количество воздуха, подсасываемого под зонт, установленный над загрузочным отверстием печи, м³/ч.

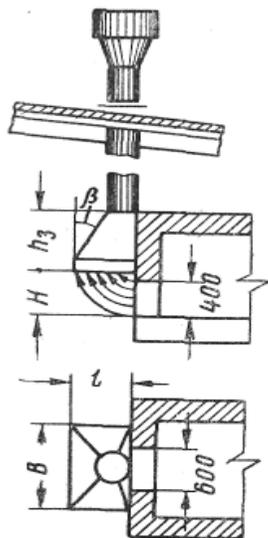


Рис. 6. Габариты зонта-козырька:

$$\begin{aligned} H &= 1,0 \div 1,2 \text{ м;} \\ B &= 0,2 + b_0; \\ l &= (1,4 \div 1,8) h_0; \\ h_3 &= \frac{B - D}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + 0,3, \\ \varphi &= 60^\circ \end{aligned}$$

Количество воздуха, подсасываемого под зонт, установленный над загрузочным отверстием печи, м³/ч,

$$L_B = 3600 b_0 (0,62 h_0 + 0,056) \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho_r}}, \quad (49)$$

где b_0 и h_0 – ширина и высота загрузочного отверстия, м;

$\Delta P = 1 \div 5$ Па – избыточное давление в печи, под действием которого газы выходят из отверстия;

ρ_r – плотность газов, выбивающихся из печи, кг/м³, (см. формулу 15).

Количество воздуха, подсасываемого под зонт, установленный над загрузочным отверстием печи, в весовых единицах, кг/ч,

$$G_B = L_B \cdot \rho_B. \quad (50)$$

Количество выбивающихся из печи газов G_r – (15).

Объемный расход смеси (воздуха и газов печи), отводимых зонтом,

$$L_{см} = \frac{G_{см}}{\rho_{см}} = \frac{G_r + G_B}{\rho_{см}}, \quad (51)$$

где $\rho_{см} = \frac{353}{273 + t_{см}}$ – плотность смеси, отводимой зонтом, кг/м³.

Температура смеси определяется из уравнения теплового баланса: $G_{см} \cdot t_{см} = G_B \cdot t_B + G_r \cdot t_r$,

$$t_{см} = \frac{G_B t_B + G_r t_r}{G_{см}}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (52)$$

У пневматических молотов и фрикционных прессов устанавливаем всасывающие панели (рис. 7).

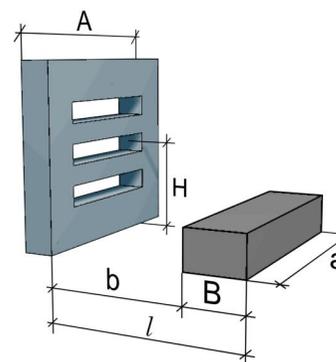


Рис. 7. Панель равномерного всасывания:

a и B – длина и ширина источника вредных выделений, м;

H – расстояние от верхней плоскости источника до центра всасывающих отверстий панели, м (при отсутствии данных можно принять

$$H = 0,6 \text{ м};$$

$$l = b + B, \text{ м};$$

$$A = 1,2 \cdot a - \text{длина панели, м.}$$

Всасывающие панели устанавливают сбоку от источника вредных выделений вертикально на расстоянии b от 0,3 до 0,8 м.

Расход воздуха удаляемого панелью, м³/ч,

$$L = C \left(\frac{Q}{1,163} \right)^{1/3} (H + B)^{5/3}, \quad (53)$$

где Q – количество тепла, выделенное источником, Вт;

C – коэффициент пропорциональности

$$C = 240 \left(\frac{l}{H + B} \right)^{2/3}. \quad (54)$$

Результаты расчета местных отсосов заносятся в табл. 21.

Таблица 21

Характеристика местных отсосов

Позиция	Оборудование, установленное в цехе			Тип отсоса	Расчетные данные			Количество воздуха, м ³ /ч		Суммарный расход воздуха на местные отсосы в цехе $\sum L_{м.о.}, \text{ м}^3/\text{ч}$
	Наименование	Количество	Выделяющиеся вредности		Размеры, м	Площадь, м ²	Скорость, м/с	От единицы оборудования	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

6.2. Общеобменная вентиляция

1) Производительность приточных систем вентиляции или аэрации в цехах с теплоизбытками и схемой воздухообмена “снизу–вверх” при наличии местных отсосов для теплого периода года, кг/ч,

$$G_{пр}^{теплу} = \frac{m \left(\frac{Q}{1,163} \right)}{0,24(t_{пз} - t_{пр})} + (1-m) \Sigma G_{м.о.}, \quad (55)$$

где Q – общее количество активного тепла, воздействующего на температуру воздуха в помещении в теплый период года, Вт, (табл. 4, кол. 14);

$t_{пз}$ – температура в рабочей зоне (табл. 2);

$t_{пр}$ – температура приточного (наружного) воздуха (табл. 1);

m – коэффициент, принимаемый для различных цехов [11] (для кузнечно-термических $m=0,45$; для гальванических $m=0,45$; для ремонтно-механического $m=0,25$; для сварочного $m=0,3$);

$\Sigma G_{м.о.}$ – суммарный расход воздуха на местные отсосы, кг/ч,

$$\Sigma G_{м.о.} = \Sigma L_{м.о.} \cdot \rho_{t_{пз}}, \quad (56)$$

$\Sigma L_{м.о.}$ – суммарный расход воздуха на местные отсосы в цехе (см. табл. 21);

$$\rho_{t_{пз}} = \frac{353}{273+t_{пз}} - \text{плотность воздуха в рабочей зоне, кг/м}^3.$$

При подаче в помещение неподогретого воздуха через верхнюю зону (в теплый период года) температура удаляемого воздуха определяется по формуле

$$t_{yx} = \frac{t_{пз} - (1-m)t_{пр}}{m}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (57)$$

Количество удаляемого воздуха, кг/ч,

$$G_{выг}^{теплу} = G_{пр}^{теплу} - \Sigma G_{м.о.}. \quad (58)$$

Количество приточного воздуха в объемных единицах, м³/ч,

$$L_{пр}^{теплу} = \frac{G_{пр}^{теплу}}{\rho_{t_{пр}}}, \quad (59)$$

где $\rho_{t_{пр}} = \frac{353}{273+t_{пр}}$, плотность приточного воздуха, кг/м³.

Количество удаляемого воздуха в объемных единицах, м³/ч,

$$L_{выг}^{теплу} = \frac{G_{выг}^{теплу}}{\rho_{t_{yx}}}, \quad (60)$$

где $\rho_{t_{yx}} = \frac{353}{273+t_{yx}}$, плотность уходящего воздуха, кг/м³.

2) Производительность приточных систем вентиляции или систем аэрации в цехах с теплоизбытками и схемой воздухообмена “снизу–вверх” при наличии местных отсосов для переходного и зимнего периода, кг/ч,

$$G_{пр}^{теплу} = \frac{\frac{Q}{0,163} + 0,24(t_{yx} - t_{пз})\Sigma G_{м.о.}}{0,24(t_{yx} - t_{пр})} - \frac{Q_{уд}}{0,24}, \quad (61)$$

где Q – общее количество активного тепла, воздействующего на температуру воздуха в помещении в переходный (холодный) период года, Вт, (табл. 4, кол. 14);

$t_{рз}$ – температура в рабочей зоне, °С, (табл. 2);

$t_{пр}$ – температура приточного воздуха, °С; $t_{пр} = t_{н}^B$ (табл. 1) – при подаче неподогретого наружного воздуха (система аэрации); $t_{пр}$ принимается на 4÷6 °С ниже температуры внутреннего воздуха в цехе при подаче подогретого наружного воздуха (через калорифер);

$\Sigma G_{м.о.}$ – суммарный расход воздуха на местные отсосы, кг/ч;

$Q_{уд}$ – удельные теплотери наружных ограждений в холодный и переходный период года, Вт/°С,

$$Q_{уд} = \frac{Q_{г}}{t_{ср} - t_{н}^B}, \quad (62)$$

где $t_{ср}$ – средняя температура воздуха в цехе, °С,

$$t_{ср} = \frac{t_{yx} + t_{рз}}{2}. \quad (63)$$

Температура удаляемого воздуха в холодный и переходный период определяется по формуле

$$t_{yx} = \frac{t_{рз} - (1-m)t'_{пр}}{m}, \quad (64)$$

где $t'_{пр} = t_{рз} - \Delta t_{норм}$ – температура приточного воздуха при его поступлении в рабочую зону ($\Delta t_{норм} = 5 \div 8$ °С для переходного периода года, $\Delta t_{норм} = 8$ °С для холодного периода года).

Значения $G_{выт}^{теплу}$, $L_{пр}^{теплу}$, $L_{выт}^{теплу}$ определяются по формулам (58) – (60).

3) Производительность приточных систем вентиляции в цехах с газовыделениями определяется по вредности, которая требует наибольший объём вытяжки, м³/ч,

$$L_{i\text{выт}}^{\text{газ}} = \frac{G_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (65)$$

где $L_{i\text{выт}}^{\text{газ}}$ – количество воздуха, которое требуется удалить для разбавления до предельно допустимой концентрации i -го вредного газа.

ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го газа в рабочей зоне, г/м³, $\text{ПДК}_{\text{со}} = 20$ мг/м³ = 0,02 г/м³, $\text{ПДК}_{\text{со}_2} = 10$ мг/м³ = 0,01 г/м³, $\text{ПДК}_{\text{о}_2} = 1,5$ г/м³ [14, прил. 2].

G_i – общее количество i -го вредного газа, выделяющегося в цех, г/ч.

Необходимый объём вытяжки определяется отдельно для каждой газовой вредности, выделяющейся в цехе по формуле (65). За расчетный необходимо принять наибольший.

Тогда количество необходимого приточного воздуха, м³/ч, для ассимиляции газовых вредностей в цехе будет определяться по формуле

$$L_{пр}^{\text{газ}} = L_{выт}^{\text{газ}} + \Sigma L_{м.о.} \quad (66)$$

Расчет воздухообменов сборочно-сварочных цехов следует вести на разбавление до предельно допустимых концентраций всех основных компонентов сварочных материалов, суммируя далее воздухообмены по каждому компоненту. Удельные воздухообмены для расчета общеобменной вентиляции приведены в табл. П.6 [10].

4) В цехах с влаговыведениями количество приточного воздуха, кг/ч, необходимого для ассимиляции выделяющейся влаги при общеобменной вентиляции, определяется по формуле

$$L_{пр}^{\text{влага}} = \frac{m \cdot 1000 \cdot W}{d_{рз} - d_{н}}, \quad (67)$$

где W – количество выделяющейся в помещении влаги, кг/ч;

$d_{н}$ – влагосодержание наружного воздуха, г/кг, определяется по I - d -диаграмме;

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 41-01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
2. СНиП 23-01–99. Строительная климатология. – М., 2000.
3. Сан ПиН 9-80 РБ98. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – Мн., 1998.
4. СНБ 2.04.05–98. Естественное и искусственное освещение. – Мн., 1998.
5. Пособие 2.91 к СНиП 2.04.05–91. Расчет поступлений теплоты солнечной радиации в помещение. – М., 1993.
6. СНБ 2.04–97. Строительная теплотехника. – Мн., 1998.
7. Батурин, В.В. Основы промышленной вентиляции / В.В. Батурин. – М.: Профиздат, 1992. – 351 с.
8. Титов, В.П. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий / В.П. Титов, Э.В. Сазонов, Ю.С. Краснов и др. – М.: Стройиздат, 1985. – 206 с.
9. Хрусталева, Б.М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / под ред. Б.М. Хрусталева. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 576 с.
10. Шиляев, М.И. Вентиляция сборочно-сварочного цеха: методические указания / М.И. Шиляев, О.В. Кобяков, Ю.Н. Кобякова. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2001. – 32 с.
11. Торговников, Б.М. Проектирование промышленной вентиляции: справочник / Б.М. Торговников. – Киев: Будивельник, 1983. – 256 с.
12. Ривкин, С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара / С.Л. Ривкин, А.А. Александров. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 80 с.
13. Справочник проектировщика. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 2 / под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.
14. ГОСТ 12.1.005. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М., 1991.

**Поступление теплоты, Вт/м², от прямой q_n и рассеянной q_p солнечной радиации в июле
через вертикальное и горизонтальное одинарное остекление [5]**

Географич. широта, градус	Часы до полудня	Ориентация вертикального светового проема (до полудня)								Горизонтальный световой проем	
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
40	5–6	$\frac{71}{38}$	$\frac{170}{46}$	$\frac{214}{46}$	$\frac{50}{35}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{21}$	$\frac{22}{22}$	$\frac{19}{31}$	18–19	
	6–7	$\frac{51}{71}$	$\frac{350}{96}$	$\frac{410}{112}$	$\frac{183}{86}$	$\frac{55}{55}$	$\frac{42}{44}$	$\frac{46}{46}$	$\frac{114}{62}$	17–18	
	7–8	$\frac{6}{78}$	$\frac{345}{114}$	$\frac{493}{133}$	$\frac{302}{100}$	$\frac{71}{71}$	$\frac{56}{55}$	$\frac{55}{57}$	$\frac{281}{78}$	16–17	
	8–9	$\frac{71}{71}$	$\frac{258}{104}$	$\frac{471}{121}$	$\frac{354}{108}$	$\frac{60}{73}$	$\frac{60}{60}$	$\frac{60}{60}$	$\frac{431}{87}$	15–16	
	9–10	$\frac{64}{64}$	$\frac{116}{80}$	$\frac{363}{99}$	$\frac{342}{95}$	$\frac{150}{79}$	$\frac{63}{62}$	$\frac{62}{62}$	$\frac{558}{93}$	14–15	
	10–11	$\frac{62}{62}$	$\frac{6}{71}$	$\frac{191}{81}$	$\frac{274}{86}$	$\frac{222}{83}$	$\frac{67}{62}$	$\frac{62}{65}$	$\frac{651}{100}$	13–14	
	11–12	$\frac{60}{60}$	$\frac{67}{67}$	$\frac{35}{73}$	$\frac{172}{77}$	$\frac{257}{83}$	$\frac{45}{77}$	$\frac{65}{65}$	$\frac{692}{104}$	12–13	
		Ориентация вертикального светового проема (после полудня)								Горизонтальный световой проем	Часы после полудня
		С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ		

Примечание. Значения радиации приводятся в виде дроби: над чертой – прямой радиации, под чертой – рассеянной.

Продолжение прил. 1

Географич. широта, градус	Часы до полудня	Ориентация вертикального светового проема (до полудня)								Горизонтальный световой проем	
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
44	5–6	$\frac{84}{42}$	$\frac{222}{53}$	$\frac{292}{58}$	$\frac{72}{40}$	$\frac{23}{23}$	$\frac{22}{22}$	$\frac{22}{23}$	$\frac{31}{36}$	18–19	
	6–7	$\frac{42}{70}$	$\frac{369}{98}$	$\frac{452}{112}$	$\frac{209}{86}$	$\frac{55}{55}$	$\frac{44}{44}$	$\frac{44}{44}$	$\frac{126}{62}$	17–18	
	7–8	$\frac{77}{77}$	$\frac{357}{110}$	$\frac{500}{130}$	$\frac{333}{109}$	$\frac{71}{71}$	$\frac{55}{55}$	$\frac{55}{55}$	$\frac{283}{76}$	16–17	
	8–9	$\frac{71}{71}$	$\frac{256}{101}$	$\frac{490}{121}$	$\frac{398}{108}$	$\frac{66}{79}$	$\frac{60}{60}$	$\frac{59}{60}$	$\frac{481}{83}$	15–16	
	9–10	$\frac{64}{64}$	$\frac{84}{80}$	$\frac{371}{100}$	$\frac{387}{101}$	$\frac{162}{81}$	$\frac{63}{60}$	$\frac{60}{62}$	$\frac{543}{93}$	14–15	
	10–11	$\frac{60}{60}$	$\frac{2}{71}$	$\frac{193}{81}$	$\frac{305}{86}$	$\frac{245}{84}$	$\frac{67}{67}$	$\frac{60}{64}$	$\frac{629}{98}$	13–14	
	11–12	$\frac{59}{59}$	$\frac{67}{67}$	$\frac{37}{72}$	$\frac{214}{79}$	$\frac{288}{85}$	$\frac{73}{77}$	$\frac{65}{65}$	$\frac{668}{98}$	12–13	
		Ориентация вертикального светового проема (после полудня)								Горизонтальный световой проем	Часы после полудня
		С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ		

Примечание. Значения радиации приводятся в виде дроби: над чертой – прямой радиации, под чертой – рассеянной.

Географич. широта, градус	Часы до полудня	Ориентация вертикального светового проема (до полудня)								Горизонтальный световой проем	
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
48	5–6	$\frac{93}{45}$	$\frac{356}{60}$	$\frac{327}{65}$	$\frac{95}{45}$	$\frac{27}{27}$	$\frac{26}{26}$	$\frac{24}{24}$	$\frac{26}{26}$	$\frac{37}{42}$	18–19
	6–7	$\frac{35}{69}$	$\frac{385}{98}$	$\frac{472}{114}$	$\frac{237}{87}$	$\frac{55}{55}$	$\frac{43}{43}$	$\frac{44}{44}$	$\frac{44}{44}$	$\frac{145}{62}$	17–18
	7–8	$\frac{74}{74}$	$\frac{348}{107}$	$\frac{542}{129}$	$\frac{363}{109}$	$\frac{3}{73}$	$\frac{53}{53}$	$\frac{53}{53}$	$\frac{53}{53}$	$\frac{285}{73}$	16–17
	8–9	$\frac{70}{70}$	$\frac{222}{99}$	$\frac{497}{121}$	$\frac{427}{112}$	$\frac{80}{81}$	$\frac{60}{60}$	$\frac{58}{58}$	$\frac{59}{59}$	$\frac{420}{82}$	15–16
	9–10	$\frac{64}{64}$	$\frac{60}{81}$	$\frac{372}{100}$	$\frac{419}{107}$	$\frac{186}{86}$	$\frac{65}{65}$	$\frac{58}{58}$	$\frac{62}{62}$	$\frac{519}{93}$	14–15
	10–11	$\frac{60}{60}$	$\frac{71}{71}$	$\frac{193}{81}$	$\frac{352}{94}$	$\frac{271}{87}$	$\frac{7}{70}$	$\frac{60}{60}$	$\frac{64}{64}$	$\frac{601}{95}$	13–14
	11–12	$\frac{59}{59}$	$\frac{67}{67}$	$\frac{37}{72}$	$\frac{251}{84}$	$\frac{317}{88}$	$\frac{106}{78}$	$\frac{65}{65}$	$\frac{65}{65}$	$\frac{643}{98}$	12–13
		Ориентация вертикального светового проема (после полудня)								Горизонтальный световой проем	Часы после полудня
		С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ		

Примечание. Значения радиации приводятся в виде дроби: над чертой – прямой радиации, под чертой – рассеянной.

Географич. широта, градус	Часы до полудня	Ориентация вертикального светового проема (до полудня)								Горизонтальный световой проем	
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
52	5–6	$\frac{102}{55}$	$\frac{301}{69}$	$\frac{371}{73}$	$\frac{116}{52}$	$\frac{31}{31}$	$\frac{28}{28}$	$\frac{28}{28}$	$\frac{28}{28}$	$\frac{57}{42}$	18–19
	6–7	$\frac{26}{69}$	$\frac{391}{98}$	$\frac{497}{119}$	$\frac{272}{91}$	$\frac{59}{59}$	$\frac{43}{43}$	$\frac{44}{44}$	$\frac{44}{44}$	$\frac{158}{62}$	17–18
	7–8	$\frac{71}{71}$	$\frac{342}{106}$	$\frac{545}{129}$	$\frac{328}{110}$	$\frac{13}{76}$	$\frac{55}{55}$	$\frac{53}{53}$	$\frac{53}{53}$	$\frac{291}{73}$	16–17
	8–9	$\frac{67}{67}$	$\frac{196}{96}$	$\frac{498}{123}$	$\frac{448}{114}$	$\frac{94}{85}$	$\frac{63}{63}$	$\frac{57}{57}$	$\frac{58}{58}$	$\frac{419}{82}$	15–16
	9–10	$\frac{63}{63}$	$\frac{42}{79}$	$\frac{374}{100}$	$\frac{429}{110}$	$\frac{206}{87}$	$\frac{67}{67}$	$\frac{59}{59}$	$\frac{60}{60}$	$\frac{508}{87}$	14–15
	10–11	$\frac{60}{60}$	$\frac{69}{69}$	$\frac{193}{84}$	$\frac{333}{96}$	$\frac{299}{90}$	$\frac{14}{72}$	$\frac{60}{60}$	$\frac{62}{62}$	$\frac{585}{93}$	13–14
	11–12	$\frac{59}{59}$	$\frac{65}{65}$	$\frac{37}{72}$	$\frac{272}{86}$	$\frac{344}{91}$	$\frac{150}{78}$	$\frac{65}{65}$	$\frac{63}{63}$	$\frac{630}{98}$	12–13
		Ориентация вертикального светового проема (после полудня)								Горизонтальный световой проем	Часы после полудня
		С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ		

Примечание. Значения радиации приводятся в виде дроби: над чертой – прямой радиации, под чертой – рассеянной.

Географич. широта, градус	Часы до полудня	Ориентация вертикального светового проема (до полудня)								Горизонтальный световой проем	
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
56	4–5	$\frac{88}{19}$	$\frac{165}{32}$	$\frac{237}{27}$	$\frac{28}{20}$	$\frac{\text{—}}{12}$	$\frac{\text{—}}{13}$	$\frac{\text{—}}{13}$	$\frac{\text{—}}{13}$	$\frac{33}{20}$	19–20
	5–6	$\frac{103}{56}$	$\frac{344}{74}$	$\frac{433}{74}$	$\frac{140}{57}$	$\frac{\text{—}}{35}$	$\frac{\text{—}}{28}$	$\frac{\text{—}}{30}$	$\frac{\text{—}}{30}$	$\frac{76}{42}$	18–19
	6–7	$\frac{17}{66}$	$\frac{401}{93}$	$\frac{523}{115}$	$\frac{287}{90}$	$\frac{\text{—}}{58}$	$\frac{\text{—}}{42}$	$\frac{\text{—}}{43}$	$\frac{\text{—}}{44}$	$\frac{169}{57}$	17–18
	7–8	$\frac{\text{—}}{65}$	$\frac{339}{98}$	$\frac{547}{122}$	$\frac{424}{105}$	$\frac{22}{74}$	$\frac{\text{—}}{53}$	$\frac{\text{—}}{48}$	$\frac{\text{—}}{53}$	$\frac{287}{71}$	16–17
	8–9	$\frac{\text{—}}{62}$	$\frac{174}{87}$	$\frac{504}{114}$	$\frac{479}{108}$	$\frac{128}{85}$	$\frac{\text{—}}{64}$	$\frac{\text{—}}{55}$	$\frac{\text{—}}{56}$	$\frac{405}{78}$	15–16
	9–10	$\frac{\text{—}}{58}$	$\frac{26}{71}$	$\frac{378}{91}$	$\frac{479}{102}$	$\frac{245}{88}$	$\frac{\text{—}}{67}$	$\frac{\text{—}}{56}$	$\frac{\text{—}}{57}$	$\frac{493}{87}$	14–15
	10–11	$\frac{\text{—}}{57}$	$\frac{\text{—}}{62}$	$\frac{193}{76}$	$\frac{427}{92}$	$\frac{347}{91}$	$\frac{21}{72}$	$\frac{\text{—}}{58}$	$\frac{\text{—}}{58}$	$\frac{566}{91}$	13–14
	11–12	$\frac{\text{—}}{55}$	$\frac{\text{—}}{59}$	$\frac{37}{67}$	$\frac{330}{79}$	$\frac{398}{92}$	$\frac{176}{76}$	$\frac{\text{—}}{63}$	$\frac{\text{—}}{53}$	$\frac{606}{93}$	12–13
		Ориентация вертикального светового проема (после полудня)								Горизонтальный световой проем	Часы после полудня
		С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ		

Примечание. Значения радиации приводятся в виде дроби: над чертой – прямой радиации, под чертой – рассеянной.

Географич. широта, градус	Часы до полудня	Ориентация вертикального светового проема (до полудня)								Горизонтальный световой проем	
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
60	4–5	$\frac{112}{28}$	$\frac{272}{40}$	$\frac{291}{37}$	$\frac{\text{—}}{28}$	$\frac{\text{—}}{16}$	$\frac{\text{—}}{15}$	$\frac{\text{—}}{14}$	$\frac{\text{—}}{14}$	$\frac{49}{23}$	19–20
	5–6	$\frac{107}{51}$	$\frac{387}{71}$	$\frac{448}{78}$	$\frac{152}{58}$	$\frac{\text{—}}{35}$	$\frac{\text{—}}{28}$	$\frac{\text{—}}{30}$	$\frac{\text{—}}{33}$	$\frac{92}{42}$	18–19
	6–7	$\frac{15}{59}$	$\frac{404}{86}$	$\frac{542}{107}$	$\frac{313}{85}$	$\frac{\text{—}}{53}$	$\frac{\text{—}}{40}$	$\frac{\text{—}}{40}$	$\frac{\text{—}}{43}$	$\frac{178}{57}$	17–13
	7–8	$\frac{\text{—}}{57}$	$\frac{331}{83}$	$\frac{556}{110}$	$\frac{441}{96}$	$\frac{37}{10}$	$\frac{\text{—}}{49}$	$\frac{\text{—}}{45}$	$\frac{\text{—}}{50}$	$\frac{284}{65}$	16–17
	8–9	$\frac{\text{—}}{55}$	$\frac{146}{77}$	$\frac{509}{99}$	$\frac{501}{98}$	$\frac{166}{81}$	$\frac{\text{—}}{60}$	$\frac{\text{—}}{50}$	$\frac{\text{—}}{52}$	$\frac{391}{70}$	15–16
	9–10	$\frac{\text{—}}{51}$	$\frac{19}{62}$	$\frac{378}{77}$	$\frac{501}{92}$	$\frac{287}{86}$	$\frac{\text{—}}{65}$	$\frac{\text{—}}{51}$	$\frac{\text{—}}{53}$	$\frac{466}{78}$	14–15
	10–11	$\frac{\text{—}}{51}$	$\frac{\text{—}}{55}$	$\frac{193}{65}$	$\frac{452}{84}$	$\frac{384}{91}$	$\frac{70}{69}$	$\frac{\text{—}}{53}$	$\frac{\text{—}}{53}$	$\frac{534}{80}$	13–14
	11–12	$\frac{\text{—}}{50}$	$\frac{\text{—}}{55}$	$\frac{37}{60}$	$\frac{363}{74}$	$\frac{449}{91}$	$\frac{215}{71}$	$\frac{\text{—}}{56}$	$\frac{\text{—}}{53}$	$\frac{578}{78}$	12–13
		Ориентация вертикального светового проема (после полудня)								Горизонтальный световой проем	Часы после полудня
		С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ		

Примечание. Значения радиации приводятся в виде дроби: над чертой – прямой радиации, под чертой – рассеянной.

Географич. широта, градус	Часы до полудня	Ориентация вертикального светового проема (до полудня)								Горизонтальный световой проем	
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
64	4–5	<u>158</u> 38	<u>330</u> 51	<u>307</u> 51	<u>96</u> 38	<u>—</u> 21	<u>—</u> 19	<u>—</u> 21	<u>—</u> 22	<u>63</u> 30	19–20
	5–6	<u>109</u> 52	<u>429</u> 74	<u>471</u> 85	<u>208</u> 62	<u>—</u> 36	<u>—</u> 28	<u>—</u> 31	<u>—</u> 35	<u>105</u> 42	18–19
	6–7	<u>12</u> 55	<u>408</u> 83	<u>558</u> 105	<u>362</u> 85	<u>—</u> 52	<u>—</u> 38	<u>—</u> 37	<u>—</u> 44	<u>187</u> 57	17–19
	7–8	<u>—</u> 52	<u>316</u> 83	<u>576</u> 106	<u>423</u> 95	<u>57</u> 69	<u>—</u> 46	<u>—</u> 42	<u>—</u> 48	<u>286</u> 62	16–17
	8–9	<u>—</u> 51	<u>133</u> 73	<u>519</u> 95	<u>543</u> 95	<u>194</u> 79	<u>—</u> 58	<u>—</u> 46	<u>—</u> 50	<u>386</u> 62	15–16
	9–10	<u>—</u> 49	<u>12</u> 58	<u>379</u> 74	<u>544</u> 91	<u>331</u> 85	<u>—</u> 64	<u>—</u> 48	<u>—</u> 50	<u>443</u> 72	14–15
	10–11	<u>—</u> 48	<u>—</u> 51	<u>193</u> 62	<u>488</u> 82	<u>435</u> 90	<u>116</u> 67	<u>—</u> 49	<u>—</u> 51	<u>507</u> 67	13–14
	11–12	<u>—</u> 48	<u>—</u> 51	<u>37</u> 57	<u>395</u> 74	<u>495</u> 90	<u>256</u> 70	<u>—</u> 51	<u>—</u> 51	<u>544</u> 65	12–13
		Ориентация вертикального светового потока (после полудня)								Горизонтальный световой проем	Часы после полудня
		С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ		

Примечание. Значения радиации приводятся в виде дроби: над чертой – прямой радиации, под чертой – рассеянной.

Окончание прил. 1

Географич. широта, градус	Часы до полудня	Ориентация вертикального светового проема (до полудня)								Горизонтальный световой проем	
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ		
68	4–5	<u>128</u> 44	<u>409</u> 58	<u>384</u> 65	<u>135</u> 42	<u>—</u> 23	<u>—</u> 17	<u>—</u> 19	<u>—</u> 20	<u>82</u> 37	19–20
	5–6	<u>113</u> 52	<u>475</u> 78	<u>504</u> 95	<u>245</u> 66	<u>—</u> 38	<u>—</u> 28	<u>—</u> 31	<u>—</u> 38	<u>134</u> 46	18–19
	6–7	<u>9</u> 55	<u>412</u> 83	<u>534</u> 106	<u>336</u> 88	<u>7</u> 55	<u>—</u> 38	<u>—</u> 37	<u>—</u> 44	<u>198</u> 57	17–18
	7–8	<u>—</u> 51	<u>297</u> 83	<u>588</u> 106	<u>499</u> 99	<u>79</u> 69	<u>—</u> 46	<u>—</u> 42	<u>—</u> 48	<u>283</u> 62	16–17
	8–9	<u>—</u> 51	<u>135</u> 74	<u>531</u> 98	<u>578</u> 99	<u>231</u> 102	<u>—</u> 58	<u>—</u> 46	<u>—</u> 49	<u>376</u> 62	15–16
	9–10	<u>—</u> 48	<u>5</u> 57	<u>394</u> 74	<u>583</u> 91	<u>369</u> 85	<u>—</u> 65	<u>—</u> 48	<u>—</u> 49	<u>440</u> 67	14–15
	10–11	<u>—</u> 48	<u>—</u> 51	<u>193</u> 62	<u>531</u> 85	<u>463</u> 90	<u>174</u> 65	<u>—</u> 49	<u>—</u> 50	<u>483</u> 67	13–14
	11–12	<u>—</u> 48	<u>—</u> 51	<u>37</u> 57	<u>442</u> 74	<u>523</u> 90	<u>302</u> 71	<u>—</u> 51	<u>—</u> 51	<u>520</u> 67	12–13
		Ориентация вертикального светового проема (после полудня)								Горизонтальный световой проем	Часы после полудня
		С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	В	СВ		

Примечание. Значения радиации приводятся в виде дроби: над чертой – прямой радиации, под чертой – рассеянной.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Назначение ванн	Обрабатываемый материал	$t_{ж}, ^\circ\text{C}$	Химикаты	Вредные выделения	h , мм
Травление	Сталь	15–60	Серная кислота	Аэрозоль серной кислоты	80
	Сталь	30–40	Соляная кислота	Хлористый водород	80
	Сталь	15–20	Азотная кислота	Пары азотной кислоты	40
	Медь	15–20	Плавиковая кислота	Фтористый водород	40
Декапирование	Медь и сплавы	15–20	Цианистый калий	Цианистый водород	80
	Сталь	15–20	Хромпик	Аэрозоль серной кислоты	80
Матирование	Медь	15–20	Азотная и серная кислота	Пары азотной и серной кислоты	40
Меднение	Сталь	18–25	Цианистый калий	Цианистый калий	80
Лужение	Медь	60–70	Едкий натрий	Пары щелочи	80
Железнение	Сталь	100	Серная кислота	Пары серной кислоты	80
Промывка в горячей воде	–	70–80	–	Пары воды	160

Оглавление

1. Задание на проектирование	3
1.1. Исходные данные.....	3
1.2. Расчетно-пояснительная записка.....	3
1.3. Графическая часть.....	4
2. Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха	5
3. Описание технологического процесса и характери- стики выделяющихся вредностей	7
4. Тепловой баланс здания	8
4.1. Теплопоступления.....	9
4.2. Теплопотери.....	20
5. Расчет поступлений вредных выделений	21
5.1. Газовыделения.....	21
5.2. Пылевыведения.....	24
5.3. Влаговыведения.....	24
6. Расчет воздухообмена	26
6.1. Местные отсосы.....	26
6.2. Общеобменная вентиляция.....	35
Список рекомендуемой литературы	41
Приложения	42