

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**Тульский государственный университет**  
Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Санитарно-технические системы»

**Методические указания**  
**учебной дисциплины (модуля)**  
**«Проектная деятельность»**

Тема «Проектирование вентиляции промышленных зданий»

Уровень профессионального образования: *высшее образование – бакалавр*

Направление подготовки: 08.03.01 – *"Строительство"*

Профиль подготовки: *"Теплогазоснабжение и вентиляция"*

Квалификация выпускника: *бакалавр*

Форма обучения: *очная, заочная*

Тула –2019 г.

**ЛИСТ****согласования методических указаний дисциплины (модуля)**

Методические указания учебной дисциплины (модуля) разработаны к.т.н. доцентом Рожковым В.Ф. и обсуждены на заседании кафедры санитарно-технических систем института горного дела и строительства ТулГУ (протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2019).

Разработчики методических указаний учебной дисциплины (модуля): \_\_\_\_\_  
личная подпись(и)

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	6
1.1 Задачи проектирования.....	6
1.2 Климатические данные района застройки.....	6
1.3 Планировочные решения здания.....	6
1.4 Характеристика технологического процесса.....	7
2 ВЫБОР РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНОГО И ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА.....	8
2.1 Выбор расчетных параметров наружного воздуха.....	8
3.2 Выбор расчетных параметров внутреннего воздуха.....	8
3 РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ ТЕПЛА В ПОМЕЩЕНИЯ.....	11
3.1 Источники теплопоступлений.....	11
3.2 Теплопоступления от солнечной радиации.....	11
3.2.1 Поступление тепла через остекление.....	12
3.2.2 Поступление тепла через покрытия.....	14
3.3 Теплопоступления от источников искусственного освещения.....	16
3.4 Тепловыделения от людей.....	17
3.5 Тепловыделения от механического оборудования, снабженного электродвигателями.....	17
3.6 Тепловыделения от нагревательного оборудования.....	18
3.6.1 Печи для плавки металла и его выдержки в жидком состоянии.....	18
3.6.2 Электрические печи, печи - ванны, сушильные шкафы.....	21
3.6.3 Горны, стенды для сушки ковшей, сушила и печи, работающие на газообразном топливе.....	24
3.7 Тепловыделения от нагретых поверхностей.....	26
3.8 Тепловыделения от остывающего материала.....	27
3.9 Тепловыделения при работе паровых молотов.....	29
3.10 Тепловыделения при сварочных работах.....	31
4 РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ ПОМЕЩЕНИЯМИ .....	33
4.1 Статьи расходов тепла .....	33
4.2 Потери тепла через внешние ограждения, зданий .....	33
4.3 Потери тепла на нагрев воздуха, поступающего в помещения за счет инфильтрации.....	34
4.4 Потери тепла на нагрев воздуха, поступающего через открытые наружные двери.....	35
4.5 Расход тепла на нагрев ввозимых в цех материалов.....	35
4.6 Расход тепла на обогрев транспорта, поступающего в помещение.....	35
4.7 Тепловой баланс производственного помещения.....	36
5 РАСЧЕТ ГАЗО- И ПАРОВЫДЕЛЕНИЙ .....	37
5.1 Общие положения .....	37
5.2 Газовыделения при горении топлива.....	38
5.3 Газовыделения при сварочных работах.....	38
5.4 Газовыделения при покраске изделий.....	39
5.5 Газовыделения при розливе металла в формы.....	41
6 РАСЧЕТ ВЛАГО-ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЙ.....	43
6.1 Влаговыведения с открытой водной поверхности.....	43
6.2 Влаговыведения от прочих источников.....	44
6.3 Определение количества выделяющейся пыли.....	45
7 МЕСТНАЯ ВЫТЯЖНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ.....	46
7.1 Выбор типовых местных отсосов.....	46
7.2 Вытяжные шкафы.....	51
7.3 Зонты-козырьки, комбинированные зонты.....	54

7.3.1	Типы зонтов-козырьков.....	54
7.3.2	Расчет размеров зонта-козырька и комбинированного зонта.....	56
7.3.3	Расчет расхода воздуха зонта-козырька.....	57
7.3.4	Расчет расхода воздуха комбинированного зонта.....	58
7.3.5	Особенности расчета зонтов-козырьков к электропечам.....	59
7.4	Зонты над нагретой поверхностью.....	60
7.4.1	Методика расчета.....	60
7.5	Бортовые отсосы.....	61
7.6	Местные отсосы при сварочных работах.....	65
7.7	Местные отсосы при окрасочных работах.....	67
7.8	Местная вытяжная вентиляция литейных цехов.....	69
7.8.1	Общие сведения.....	69
7.8.2	Охлаждающие кожухи литейных конвейеров.....	69
7.9	Местные отсосы от пылящего оборудования.....	71
7.10	Эффективность местных отсосов.....	72
8	МЕСТНАЯ ПРИТОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ.....	73
8.1	Воздушные завесы.....	73
8.2	Воздушный душ.....	74
9	РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	80
9.1	Выбор схем организации воздухообмена.....	80
9.2	Рекомендуемые схемы организации воздухообмена.....	82
9.3	Факторы, определяющие воздухообмен производственных помещений.....	82
9.4	Расчет воздухообмена по “газам”.....	83
9.5	Расчет воздухообмена по “влаге”.....	84
9.6	Расчет воздухообмена по “местным отсосам”.....	85
9.7	Расчет воздухообмена по “теплу”.....	86
9.8	Расчет воздухообмена по “нормам”.....	90
9.9	Воздушный баланс.....	91
10	КОМПОНОВКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ.....	92
10.1	Распределение воздуха.....	92
10.2	Подбор приточной камеры.....	93
10.3	Подбор калорифера.....	96
10.3.1	Методика подбора калорифера.....	97
11	АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	102
11.1	Общие сведения.....	102
11.2	Задачи и метод расчета.....	103
11.3	Последовательность расчета.....	105
11.3.1	Системы с механической вентиляцией.....	105
11.3.2	Системы с естественной вентиляцией.....	108
12	РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	110
12.1	Оформление пояснительной записки.....	110
12.2	Оформление графической части.....	113
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	122
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	125
Приложение 1	Климатические данные некоторых городов РФ.....	125
Приложение 2	Удельные ежечасные поступления тепла от прямой и рассеянной солнечной радиации через световые проемы.....	127
Приложение 3	Форма таблицы теплового баланса цеха.....	130
Приложение 4	Форма таблицы для расчета воздухообмена цеха.....	131
Приложение 5	Рекомендуемые схемы вентиляции, способы подачи и удаления воздуха и значения коэффициента «m».....	132
Приложение 6	Таблицы требуемого воздухообмена и воздушного баланса.....	137

## ВВЕДЕНИЕ

Цель данного проекта адаптировать студентов к методике проектирования вентиляции промышленных зданий, решению наиболее часто возникающих при этом задач. Помочь студенту при выполнении курсового проекта по вентиляции промышленного здания самостоятельно разобраться в особенностях выбора требуемого воздухообмена и способов его организации.

Технологические процессы литейных, термических, сборочно-сварочных и других цехов машиностроительных и металлообрабатывающих производств сопровождаются выделением теплоты, вредных газов, паров и пыли, которые с течением времени делают воздух помещения непригодным для дыхания. Изменение состава и состояния воздушной среды может негативно влиять на самочувствие людей, снижать производительность труда и вызывать различные профессиональные заболевания. Поддержание состояния воздушной среды, благоприятных для работающих при выполнении технологического процесса, обеспечение требуемых нормативных условий на рабочих местах, является задачей вентиляции. Без правильно организованного воздухообмена производственных помещений и поддержания температурного режима в них, не возможно обеспечение условий безопасной работы для трудящихся на производстве и невозможна сертификация предприятия на соответствие их санитарным нормам.

Эффективность работы вентиляции в цехах зависит от многих факторов, в том числе, от рационального выбора элементов вентиляционных систем для обработки приточного и вытяжного воздуха, от правильно выполненного монтажа, наладки и эксплуатации систем вентиляции. Но прежде всего успех выполнения задач, стоящих перед вентиляцией производственных помещений определяется правильно принятым при проектировании воздухообменом и схемой его организации.

Ссылки на источники информации, необходимой для расчетов помогут студенту использовать достаточно большой их перечень, приведенный в списке рекомендуемой литературы в конце пособия.

Кроме данных методических указаний при выполнении курсового проекта потребуются пользоваться также методическими указаниями

- по составлению теплового баланса помещений, определению избытков тепла;
- по определению паро- пыле- и газовыделений, поступающих в цех;
- по расчету производительности местной вытяжной и местной приточной вентиляции;
- по подбору и расчету воздухоподающих устройств (воздухораспределителей);
- по выбору приточных камер и их элементов;
- по аэродинамическому расчету вентиляционных систем

Для качественного выполнения курсового проекта следует использовать консультации преподавателей и находить самостоятельно новую информацию.

## 1 ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Проектирование вентиляции, как и других систем ТГВ, начинается с составления задания на проектирование. В нем указывается, что должно быть запроектировано и необходимые данные для проектирования. Исходными данными являются, прежде всего, планы и разрезы здания с указанием мест размещения технологического оборудования и экспликация последнего. Кроме того заказчик представляет целый ряд необходимых данных по подготовленному проектировщиком перечню.

Поэтому студент как будущий проектировщик, должен научиться составлять задание на проектирование, опираясь на письменные и устные указания руководителя курсового проектирования.

В пояснительной записке в раздел 1 «Проектное задание. Исходные данные» следует включить следующие пункты:

### 1.1 Задачи проектирования;

### 1.2 Климатические данные района застройки;

Характеристики климата можно оформить таблицей. В эту таблицу заносятся все климатические данные, которые могут потребоваться при выполнении расчетов: параметры наружного воздуха группы *A* для теплого и холодного, а так же группы *B* для двух периодов года; значения средней температуры наружного воздуха в июле ( $t_n$ , °C); значение среднесуточного количества тепла суммарной солнечной радиации, поступающей в июле на горизонтальную поверхность ( $I_{ср}$ , Вт/м<sup>2</sup>), которые используются при расчете теплопоступлений от солнечной радиации через покрытие; значения средней температуры отопительного периода; продолжительность отопительного периода и другие параметры принимаемые по СП 131.13330.2012 [6].

### 1.3 Планировочные решения здания;

Характеристика ограждающих конструкций включает данные:

- описание планировочных решений задания; количество этажей, наличие подвала и технического этажа и т.д.;
- характеристику строительных конструкций (термическое сопротивление наружных ограждений стен, окон, покрытия; характеристику (D) тепловой инерции покрытия, конструкцию окон, тип переплетов и остекления, степень их загрязнения;
- наличие наружных ворот, их конструкция, размеры и продолжительность открывания;
- местоположение объекта и его ориентацию относительно стран света;
- характеристику источников искусственного освещения.

#### 1.4 Характеристика технологического процесса включает:

- краткое описание технологического процесса с указанием характера производственных вредностей, выделяющихся в помещениях от технологического оборудования;
- суммарную мощность, коэффициенты использования мощности электродвигателей;
- электрическую мощность или род и расход топлива нагревательного оборудования;
- количество остывающего в цехе металла (или другого материала) и интервалы температур остывания его;
- температуру и размеры нагретых поверхностей оборудования, технологических жидкостей и т.п., передающих тепло воздуху помещения;
- при наличии сварки – тип и расход сварочных материалов (сварочной проволоки, электродов, ацетиленового или другого газа, используемого в процессе сварки), расход электроэнергии;
- при применении окрасочных работ: площади окрашиваемой поверхности, метод нанесения покрытия, расход и тип краски, коэффициент эффективности удаления вредных выделений технологическим отсосом;
- наличие технологической вытяжки или встроенных местных отсосов и производительность их по воздуху;
- требования заказчика к микроклимату помещений по технологическим, санитарно-гигиеническим или экономическим условиям;
- число ежечасно работающих, сменность;
- время и продолжительность работы цеха;
- категорию тяжести выполняемой работы;
- количество ввозимого материала снаружи в холодный период года;
- источники тепла и холода, параметры тепло- и холодоносителей;
- некоторые другие данные для конкретных типов цехов.

Учебным целям курсового проектирования в большей степени отвечают цеха **машиностроительных** производств, поэтому в основном они являются объектами в заданиях на курсовой проект по вентиляции промышленного здания.

Руководитель курсового проектирования может выдать описание технологического процесса, но студент может и самостоятельно ознакомиться с технологическим процессом можно по литературе, описывающей технологию или вентиляцию того или иного производства [23], [24], [25], [26], [27], [29], [31]. Краткие сведения о характере вредностей и типах местных отсосов от технологического оборудования приведены в нормах проектирования вентиляции отдельных цехов, [8]...[14].

## 2 ВЫБОР РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНОГО И ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА

### 2.1 Выбор расчетных параметров наружного воздуха

Расчетными параметрами наружного воздуха могут быть параметры (удельная энтальпия  $I_n$ , кДж/кг, температура  $t_n$ , °C и скорость ветра  $g$ , м/с) группы А или Б. Выбор группы параметров ведется в зависимости от назначения вентиляции в соответствии с пунктом 5.13 СП 60.13330.2012 [4]. При проектировании вентиляции производственных помещений за расчетные параметры в теплый период (ТП) следует принимать параметры А, а для холодного периода (ХП) параметры Б.

Значения параметров наружного воздуха для теплого и холодного периода года, выбираются по СП 131.13330.2012 согласно таблицы 10.1 [6] или по Приложению 1 таблица 1.1 в зависимости от географического положения района застройки объекта проектирования. Если не указан в проектном задании район застройки, заказчик должен сообщить требуемые параметры наружного воздуха для теплого и холодного периода года. Расчетные параметры наружного воздуха в переходный период года независимо от географического положения и назначения вентиляции принимаются равными: температура +10° C, теплосодержание 26,5 кДж/кг сухого воздуха.

По заданию на проектирование допускается принимать более низкие параметры наружного воздуха в холодный период года и более высокие параметры наружного воздуха в теплый период года, п.5.15 СП 131.13330.2012 [6].

В курсовом проекте допускается рассчитать воздухообмен только для теплого (ТП) и холодного (ХП) периодов.

***В пояснительной записке курсового проекта студент должен не только привести значения параметров, но и дать обоснование выбору.***

### 2.2 Выбор расчетных параметров внутреннего воздуха

Так как параметры внутреннего воздуха в зависимости от высоты могут меняться, то нормы обязывают при проектировании вентиляции обеспечить определенными лишь параметры в рабочей зоне помещения, которые могут быть **оптимальными** или **допустимыми**.

Согласно нормативному документу СП [4] п.5.1 проектируемая вентиляция должна обеспечить параметры воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне производственных помещений в пределах **допустимые** норм, при всех состояниях наружного воздуха в пределах от принятых параметров наружного воздуха для холодного периода до принятых параметров наружного воздуха для теплого периода года (если не указаны особые требования к микроклимату в проектном задании).

Значения допустимых параметров внутреннего воздуха в рабочей зоне принимаются по ГОСТ 12.1.005-88 [2] в зависимости от категории выполняемой работы (таблица 2.1) и СанПин [1].



Как правило, в тех цехах, которые являются объектом курсового проектирования, есть рабочие места различных категорий тяжести, но в целом в рабочей зоне следует принимать работу средней тяжести Па или Пб. А на отдельных рабочих местах с категорией П (тяжелая), обеспечиваются нормируемые параметры струями воздуха местной приточной вентиляции.

При выборе расчетных параметров воздуха в рабочей зоне производственных помещений категорию работ для заданного производства (если она не указана в задании на проектирование) можно принять по СН [7]. Выбор расчетной температуры воздуха в рабочей зоне  $t_{рз}$  должен быть обоснован целесообразностью и соответствовать указаниям п.5.1б и 51в СП 60.13330.2012 [4].

Таблица 2.1 Расчетные температуры, скорость и относительная влажность воздуха на постоянных и непостоянных рабочих местах производственных помещений (ГОСТ 12.1.005-88)

Период года	Категория работ	Оптимальные нормы на постоянных и непостоянных рабочих местах			Допустимые нормы				
		Температура, °С	Скорость движения, м/с, не более	Относительная влажность, %	Температуры, °С			Скорости движения воздуха, м/с, не более	Относительной влажности воздуха, %, не более
					На всех рабочих местах	На постоянных рабочих местах	На непостоянных рабочих местах		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Теплый	Легкая:			40-60	На 4 °С выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А) и не более указанных в гр. 7 и 8				75
	1а	23-25	0,1			28/31	30/32	0,2	
	1б	22-22	0,2			28/31	30/32	0,3	
	Средней тяжести:								
	Па	21-23	0,3			27/30	29/31	0,4	
	Пб	20-22	0,3			27/30	29/31	0,5	
	Тяжелая								
Холодный и переходные условия	П	18-20	0,4	40-60	-	26/29	28/30	0,6	75
	Легкая								
	1а	22-24	0,1			21-25	18-26	0,1	
	1б	21-23	0,1			20-24	17-25	0,2	
	Средней тяжести:								
	Па	18-20	0,2			17-23	15-24	0,3	
	Пб	17-19	0,2			15-21	13-23	0,4	
	Тяжелая								
	П	16-18	0,3			13-19	12-20	0,5	

**Примечания.**

1. В таблице 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.

2. Для районов с температурой наружного воздуха (параметры А) 25 °С и выше соответственно для категории работ легкой, средней тяжести и тяжелой температуру на рабочих местах следует принимать на 4 °С выше температуры наружного воздуха, но не выше указанной в знаменателе гр. 7 и 8

3. В населенных пунктах с расчетной температурой наружного воздуха 18 °С и ниже (параметры А) вместо 4 °С указанных в гр. 6, допускается принимать 6 °С

4. Нормативная разность температур между температурой на рабочих местах и температурой наружного воздуха (параметры А) 4 или 6 °С может быть увеличена при обосновании расчетом в соответствии с п. 2.10

5. В населенных пунктах с расчетной температурой наружного воздуха  $t$ , °С, на постоянных и непостоянных рабочих местах в теплый период года (параметры А), превышающей:

а) 28 °С - на каждый градус разности температур  $t - 28$  °С следует увеличивать скорость движения воздуха на 0,1 м/с, но не более чем на 0,3 м/с выше скорости, указанной в гр. 9;

б) 24 °С - на каждый градус разности температур  $t - 24$  °С допускается принимать относительную влажность воздуха на 5 % ниже относительной влажности, указанной в гр. 10

6. В климатических зонах с высокой относительной влажностью воздуха (вблизи морей, озер, и др.), а также при применении адиабатной обработки приточного воздуха водой для обеспечения на рабочих местах температур, указанных в гр. 7 и 8, допускается применять относительную влажность воздуха на 10% выше относительной влажности, определенной в соответствии с примеч. 5.6

7. Если допустимые нормы невозможно обеспечить по производственным или экономическим условиям, то следует предусмотреть воздушное душирование или кондиционирование воздуха на постоянных рабочих местах.

Значения расчетных параметров воздуха в рабочей зоне (температуру  $t_{pz}$ , °С; относительную влажность  $\phi$ , % и подвижность воздуха  $\vartheta$ , м/с), а также расчетные параметры наружного воздуха рекомендуется записать в таблицу 2.2.

Таблица 2.2. Расчетные параметры воздуха

Район застройки	Географическая широта	Период года	Категория работ	Параметры внутреннего воздуха			Параметры наружного воздуха					
				$t_{pz}$ , °С	$\phi$ , %	$\vartheta$ , м/с	группа параметров (А или Б)	$t_n$ , °С	$t_{n,ср}$ , °С	$I_n$ , кДж/кг	$I_{ср}$ , Вт	$\vartheta$ , м/с
		ТП										
		ХП										

**При выполнении курсового проекта не допускается принимать расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха по таблицам, приведенным в справочниках и пособиях, а следует пользоваться только СП.**

## 3 РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ ТЕПЛА В ПОМЕЩЕНИЯ

### 3.1 Источники теплопоступлений

Большинство технологических процессов сопровождается образованием и выделением в воздух помещений производственных вредностей. Производственные вредности – это факторы производственной среды и организации трудовых процессов, которые оказывают или могут оказывать неблагоприятное влияние на состояние здоровья и работоспособность человека. К числу производимых вредностей, в частности, относятся избытки тепла, примеси в воздухе вредных и ядовитых паров и газов, влагоизбытки, примеси пыли, наличие интенсивного теплового облучения работающего.

Одинаковыми для всех видов производственных помещений источниками тепловыделений являются солнечная радиация, искусственное освещение, электродвигатели, люди.

Для каждого вида технологического процесса характерны свои источники тепловыделений, которые можно разделить на следующие группы.

**Механическое оборудование**, снабженное электродвигателями (различные станки, транспортеры, автоматы и т.д.).

**Нагревательное оборудование**, которое служит для нагрева (или плавления) металла, сушки изделий, т.е. печи, сушила, горны.

**Остывающий материал**. Остывающим материалом может быть расплавленный и нагретый металл, нагретые в сушилах земляные формы и другие материалы.

**Нагретые поверхности**. Источниками явного тепла могут быть как поверхности твердых тел, так и жидкостей. К таким источникам относятся ванны и баки (если температура в них больше температуры рабочей зоны  $t_{p.з.}$ ), нагретые стенки сушил, охладительных кожухов литейных конвекторов и охладительных камер для отливок, нагретые стенки трубопроводов и т.д.

**Тепловыделения от людей** следует учитывать в тепловом балансе помещений, если на каждого человека, находящегося в помещении, приходится объем помещения меньше  $40 \text{ м}^3$ . В случае необходимости учета тепловыделений от людей следует воспользоваться методикой, используемой в предыдущем курсовом проекте. При расчете обычной вентиляции в расчетах учитывается только выделение явного тепла. Удельные выделения тепла от людей принимаются по справочникам проектировщика [20],[32]

**В пояснительной записке по курсовому проекту следует привести методику расчета для одного помещения, а для остальных помещений данные расчетов привести в виде таблиц.**

### 3.2 Теплопоступления от солнечной радиации

Теплопоступления от солнечной радиации через световые проемы и покрытия учитываются в тепловом балансе для теплого периода года.

Расчетным часом суток для выбора воздухообмена является час, когда ожидаются самые большие теплоизбытки в помещении, т.е. когда будут

наибольшие суммарные теплопоступления от солнечной радиации, технологического оборудования и прочих источников тепловыделений. Часы максимальных выделений тепла по технологическим условиям ( $\tau_{\text{г max}}$ ) указываются в задании на разработку проекта.

Если не указан в задании час ( $\tau_{\text{г max}}$ ), то следует принять, что выделение тепла от технического оборудования происходит равномерно в интервале часов  $(\tau_1) \div (\tau_2)$  ч, где  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  соответственно начало и конец расчета технологического оборудования.

Для выбора расчетного часа воздухообмена нужно определить час максимальных поступлений тепла от солнечной радиации ( $\tau_{\text{o max}}$ ) в интервале часов максимальных теплопоступлений от технологического оборудования.

Если принято равномерное выделение тепла от технологического оборудования, то час максимальных суммарных теплопоступлений совпадает с часом максимального поступления тепла от солнечной радиации.

### 3.2.1 Поступление тепла через остекление

При решении этой задачи можно пользоваться не только ниже данной методикой, но и методиками приведенными в справочно-методической литературе. [20, 21, 22 и др.]

При проектировании вентиляции, в том числе и с испарительным (адиабатическим) охлаждением воздуха, поступление тепла в помещение через остекление ( $Q_o$ , кДж/ч) определяется по формуле:

$$Q_o = 3.6 \cdot (q_{\text{п}} \cdot K_{\text{инс}} + q_{\text{р}} \cdot K_{\text{обл}}) \cdot A_{\text{ок}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \quad (3.1)$$

где  $q_{\text{п}}$ ,  $q_{\text{р}}$  — максимальная интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на светопроем в июле, Вт/м<sup>2</sup>. В зависимости от географической широты района строительства и ориентации ограждения определяется по таблице 2.1, Приложения 2;

$A_{\text{ок}}$  — площадь светопроема, м<sup>2</sup>;

$\beta_1$  — коэффициент теплопропускания окон с учетом затенения непрозрачной частью (переплетами) заполнения светопроема и загрязнения атмосферы, определяется по таблице 3.1;

$\beta_2$  — коэффициент учитывающий снижение определяется по таблице 3.2;

$K_{\text{обл}}$  — коэффициент облучения поверхности светопроема рассеянной радиацией  $K_{\text{обл}} = 0,85$ .

$K_{\text{инс}}$  — коэффициент инсоляции, учитывающий долю прошедшего потока падающей на вертикальный световой проем прямой солнечной радиации после затенения наружными козырьками или вертикальными ребрами. При отсутствии козырьков о вертикальных ребер  $K_{\text{инс}} = 1$

При использовании таблицы 2.1 Приложения 2 следует иметь в виду, что если отсутствуют значения  $q_{\text{вп}}$ , это значит окна в данный час находятся в тени.

В таблице 2.1 Приложения 2 указано истинное солнечное время, а часы работы предприятия задаются по декретному. Ориентировочно истинное солнечное время меньше декретного на 1 час.

Если в помещении окна ориентированы только на одну сторону, то за час максимальных исступлений солнечной радиации принимается тот час (до полудня или после полудня), для которого сумма ( $q_{вп} + q_{вр}$ ) имеет наибольшее значение. Для различных помещений одного и того же здания этот час может быть различным. Если в помещении световые проемы ориентированы на разные стороны света, определение часа максимальных теплопоступлений ( $\tau_{\text{оmax}}$ ) усложняется, так как необходимо рассчитать почасовое поступление тепла через световые проемы для каждой наружной стены, а затем найти суммарные поступления тепла через все световые проемы для каждого часа.

Результаты расчета оформить в виде таблицы 3.3. После таблицы сделать вывод о часе максимальных теплопоступлений ( $\tau_{\text{оmax}}$ ) и величине поступлений тепла, которая должна быть учтена в тепловом балансе помещения.

Таблица 3.1 Коэффициент  $\beta_1$ , учитывающий затенения остекления световых проемов переплѣтами и загрязнение атмосферы

Заполнение светового проема	Незагрязненная атмосфера. Для световых проемов, облучаемых в расчѣтный час солнцем или находящихся в тени	Загрязненная атмосфера промышленных районов при расположении объекта строительства на широте			
		26-40° с.ш.	44-68° с.ш.	36-40° с.ш.	44-68° с.ш.
		для световых проемов, облучаемых в расчѣтный час солнцем		для световых проемов, находящихся в расчѣтный час в тени	
Остекление одинарное без переплѣтов, заполнение проема стеклоблоками или стеклом профильным	1	0,7	0,75	1,6	1,75
Остекление двойное без переплѣтов	0,9	0,63	0,68	1,45	1,58
Остекление в металлических переплѣтах: одинарных двойных	0,8	0,560	0,6	1,28	1,40
	0,72	0,51	0,54	1,15	1,26
Остекление в деревянных переплѣтах: одинарных двойных	0,65	0,46	0,48	1,04	1,14
	0,60	0,42	0,45	0,96	1,05

Таблица 3.2 Коэффициент  $\beta_2$ , учитывающий снижение поступлений тепла в помещение за счет загрязнения световых проемов

Степень загрязнения остекления	Коэффициент $K_2$ , для остекления	
	вертикального	наклонного и горизонтального
1	2	3
Значительное	0,85	0,75
Умеренное	0,9	0,80
Незначительное	0,95	0,85
Чистое стекло	1	0,95

Таблица 3.3 Расчет тепловыделений от солнечной радиации через остекление

Расчетные формулы	$Q=3,6 \cdot \sum [(q_n+q_p) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot A_{ок}], \text{ кДж/ч}$										$\sum Q_{ок}, \text{ кДж/ч}$
Часы	сторона света: $A_{ок}, \text{ м}^2$					сторона света: $A_{ок}, \text{ м}^2$					
	$q_n, \text{ Вт/м}^2$	$q_p, \text{ Вт/м}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$Q_{ок}, \text{ кДж/ч}$	$q_n, \text{ Вт/м}^2$	$q_p, \text{ Вт/м}^2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$Q_{ок}, \text{ кДж/ч}$	

### 3.2.2 Поступление тепла через покрытия

Поступление тепла в помещение в теплый период года через совмещенные покрытия зданий и сооружений для любого расчетного часа суток ( $Q_n$ ) определяется по формуле:

$$Q_n = 3,6 \cdot (t_{усл} - t_{в}) \cdot A_{опр} \cdot K = 3,6 \cdot \left[ t_n + \frac{(q_n + q_p) \cdot P}{\alpha_n} - t_y \right] \cdot A_{опр} \cdot K, \quad (3.2)$$

где  $t_n$  — расчетная температура наружного воздуха, °С;

$q_n, q_p$  — максимальная интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность, Вт/м<sup>2</sup>. В зависимости от географической широты района строительства определяется по таблице 2.1, Приложения 2;

$A_{опр}$  — площадь покрытия, м<sup>2</sup>;

$P$  — коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью покрытия: для асфальтового покрытия  $P = 0,9$ ; для рубероида с алюминиевой покраской  $P = 0,5$ ; с серой песчаной посыпкой  $P = 0,9$ ; с красной песчаной посыпкой  $P = 0,95$ ; для толи  $P = 0,85$ ; для шифера серебристо-серого  $P = 0,75$ ;

$t_y$  — расчетная температура удаляемого воздуха под перекрытием, °С;

$K$  — коэффициент теплопередачи покрытия,  $K = 1/R_o$ , Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

$\alpha_n$  — коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия, Вт/м<sup>2</sup>, определяется по формуле:

$$\alpha_n = 1,16 \cdot (5 + 10 \cdot \sqrt{g}), \quad (3.3)$$

где  $g$  — расчетная скорость ветра, м/с, для теплого периода, принимается по СП [6] или Приложение 1 таблица 1.1;

$R_o$  — сопротивление теплопередачи заполнения светопроема, (м<sup>2</sup> · °С/Вт), определяемое теплотехническим расчетом или принимается не менее нормируемых значений сопротивления теплопередачи заполнения светопроема  $R_{норм}$ ;

$R_{норм}$  — определяется в зависимости от градусо-суток отопительного периода района строительства (таблица 5 [4]).

Градусо-сутки отопительного периода, ГСОП, определяют по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{ср.от.п}) \cdot Z_{от}, \quad (3.4)$$

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

$t_{\text{ср.от.п}}$  – средняя температура отопительного периода, °С, принимается по [6] или Приложение 1 таблица 1.1;

$Z_{\text{от}}$  – продолжительность отопительного периода в сутках, принимается по [6] или Приложение 1 таблица 1.1.

Тогда  $R_{\text{норм}}$  определяется по формуле:

$$R_{\text{норм}} = 1,6 + 0,0004 \times \text{ГСОП}. \quad (3.5)$$

Температура воздуха под перекрытием  $t_y$ , определяется как температура воздуха общеобменной вентиляции из верхней зоны с учетом повышения температуры внутреннего воздуха по высоте.

Если в помещении осуществляется только общеобменный приток, точнее весь приток с одной и той же температурой для расчета  $t_{yx}$  лучше всего воспользоваться симплексом "m" значение которого приводится в нормах СН-118-68 (см. таблица 2.1) и в нормах проектирования вентиляции отдельных типов цехов [8]...[14].

$$m = \frac{t_{pz} - t_{пр}}{t_{yx} - t_{пр}}, \quad (3.6)$$

где  $t_{pz}$  – температура воздуха в рабочей зоне, °С;

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

Если при организации вентиляции используется приток с разной температурой, симплексом "m" пользоваться неудобно и температуру вытяжки из верхней зоны определяют через температурный градиент  $k$ :

$$t_y = t_{pz} + k (H_{\text{п}} - 2). \quad (3.7)$$

где  $H_{\text{п}}$  – высота помещения, м.

Для выбора значения  $K$ , можно использовать рекомендации некоторых авторов, о величине температурного градиента для различных производств.

*Например:*

для литейных цехов  $K = 0,8 \div 1,5$  °С/м;

для кузнечных и термических  $K = 0,6 \div 1,2$  °С/м меньшее значение для холодного периода;

для механических, сварочных цехов с незначительными избытками тепла  $K = 0,15 \div 0,4$  °С/м.

Выбрать правильно значение температурного градиента трудно, так как предлагаемые значения  $k$  зависят от многих факторов, и в частности от теплоизбытков, от интенсивности вентиляции, высоты помещения. Если, например, при избытках теплоты, при определении температуры приточного воздуха в холодный период оказалась она выше температуры рабочей зоны, то значение температурного градиента завышено.

При расчетах поступления тепла надо иметь ввиду, что величина  $Q_{\text{п}}$  может оказаться отрицательной. Это возникает когда под перекрытием, устанавливается высокая температура, а поступления от солнца на кровлю не велики, поэтому через кровлю происходят потери тепла, а не поступления. Расчет тепlopоступлений через покрытие оформить в виде таблицы 3.4.

Таблица 3.4 Расчет тепlopоступления от солнечной радиации через по-  
крытия

Наименование помещения	$A_{\text{окр}},$ м <sup>2</sup>	$q_n,$ Вт/м <sup>2</sup>	$q_{F^2},$ Вт/м <sup>2</sup>	$t_n,$ °C	$t_y,$ °C	P	$\frac{gradt}{\text{или } k},$ °C/м	$\vartheta_{B^2},$ м/с	$\alpha_n,$ Вт/м <sup>2</sup>	$t_{\text{ср.от}},$ °C	$R_{\text{норм}},$ м <sup>2</sup> ·C·ч/кДж	$K,$ Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	$Q_n,$ кДж/ч

### 3.3 Тепlopоступления от источников искусственного освещения

В том случае, если и осветительная арматура и лампы находятся в пределах помещения, то вся энергия, затрачиваемая на освещение, переходит в тепло, нагревающее воздух помещения, и тепловыделения от освещения (кДж/ч) определяются по формуле:

$$Q = 3,6 \cdot N_{\text{осв}}, \quad (3.8)$$

где  $N_{\text{осв}}$  - суммарная мощность источников освещения, Вт.

Если значение  $N_{\text{осв}}$  не указано в задании на курсовой проект, то его можно принимать ориентировочно по площади помещения  $F_{\text{п}}$ :

$$N_{\text{осв}} = N_{\text{уд}} \cdot F_{\text{п}}, \quad (3.9)$$

где  $N_{\text{уд}}$  - удельная мощность общего освещения, принимаемая по таблице 3.5, Вт/м<sup>2</sup>.

Таблица 3.5 Удельная мощность общего равномерного освещения  $N_{\text{уд}}$   
для светильников с люминесцентными лампами

Тип светильников	Тип лампы	Удельная мощность (Вт/м <sup>2</sup> ) при $F_{\text{п}}, \text{ м}^2$					
		10-15	15-25	12-50	50-150	150-300	более 300
ОДР и ПВЛ-6		Высота подвеса Н=3...4м					
	ДЦ	20,5	17,8	15,5	13,2	10,5	7,9
	Д,ХБ и ТБ 80	16	14	12,1	10,3	8,3	6,2
	Б-80,ХБ и ТБ 30-40, Б-30	14	12,2	10,6	9	7,2	5,4
	Б-40	12,4	10,8	9,4	8	6,4	4,8
ОДР и ПВЛ-6		Высота подвеса Н=4...6м и более					
	ДЦ	26,5	22,5	19,3	12,9	9,6	8,3
	Д,ХБ и ТБ	20,5	17	15,1	11,1	7,5	6,5
	Б-30,ХБ	18	15,5	11,7	9,7	6,5	5,5
	Б-30,Б-40	16	13,7	11,7	3,6	5	5
<b>Примечание:</b> Буквы в марке ламп обозначают: Л - люминесцентная, Б - белого света, ХБ - холодно-белого света, ТБ - тепло-белого, Д - дневного света, ДЦ - правильной цветопередачи.							

Расчет тепlopоступлений от источников искусственного освещения оформить в виде таблицы 3.6.



Таблица 3.6 Расчет теплоступления от источников искусственного освещения

Наименование помещения	$F_{\text{п}}, \text{м}^2$	$N_{\text{уд}}, \text{Вт/м}^2$	$Q_{\text{и}}, \text{кДж/ч}$

### 3.4. Тепловыделения от людей

Тепловыделения от людей следует учитывать в тепловом балансе помещений, если на каждого человека, находящегося в помещении, приходится объем помещения меньше 40 м<sup>3</sup>. В случае необходимости учета тепловыделений от людей следует воспользоваться методикой, используемой в предыдущем курсовом проекте. При расчете обычной вентиляции в расчетах учитывается только выделение явного тепла. Удельные выделения тепла от людей принимаются по справочникам.

### 3.5 Тепловыделения от механического оборудования, снабженного электродвигателями

При работе электродвигателей потребляемая ими энергия может частично или полностью переходить в тепло, нагревающее воздух.

Если оборудование и электродвигатели, приводящие его в движение, находятся в разных помещениях, то следует определять отдельно тепловыделения от оборудования и от двигателей.

Тепловыделения от установленных в общем помещении электродвигателей и приводимого ими в действие оборудования определяют по формуле:

$$Q = 3600N_y k_3 k_{\text{од}} (1/\eta - 1 + k_{\text{п}}), \quad (3.10)$$

где  $N_y$  - установочная мощность электродвигателей, кВт;

$k_3$  - коэффициент загрузки электродвигателей;

$k_{\text{од}}$  - коэффициент одновременности работы двигателей;

$k_{\text{п}}$  - коэффициент перехода тепла в воздух помещения;

$\eta$  - КПД двигателя.

Если значения коэффициентов  $k_3$ ,  $k_{\text{од}}$ ,  $k_{\text{п}}$ ,  $\eta$  в технологической части проекта не указаны, то тепловыделения от оборудования, снабженного электродвигателями (находящихся в общем с ним помещении) можно определить по упрощенной формуле:

$$Q = 3600 \Sigma N_y k_{\text{и}} \quad (3.11)$$

где  $\Sigma N_y$  - суммарная мощность оборудования, работающего по одному и тому же режиму, кВт;

$k_{\text{и}}$  - коэффициент использования установочной мощности, принимаемый по таблице 3.7, где даны значения  $k_{\text{и}}$ , на основе инженерной практики эксплуата-

ции оборудования, снабженного электродвигателями, в машиностроительном производстве.

Таблица 3.7 Значения  $k_n$  для различного оборудования

Наименование оборудования	$k_n$
Металлорежущие станки с нормальным режимом работы: мелкие токарные, строгальные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные, точильные, заточные и др.	0,12-0,16
Металлорежущие станки при тяжелом режиме работы: штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, наждачные, фрезерные, крупные токарные, строгальные, карусельные расточные станки	0,17
Оборудование, работающее в особо тяжелом режиме: приводы молотов, ковочных машин, моечных машин, очистных галтовочных барабанов, дробеструйных и дробеметных барабанов и камер, смешивающих бегунов и др.	0,2-0,24
Многошпиндельные автоматы	0,2
Переносной электроинструмент	0,6
Экстаузеры, вентиляторы общеобменной и местной вентиляции	0,6-0,65
Насосы, компрессоры, двигатели-генераторы	0,07
Элеваторы, транспортеры, шнеки, конвейеры	0,55
Краны	0,1
Сварочные трансформаторы дуговой сварки	0,2
Однопостовые сварочные двигатели-генераторы	0,3

### 3.6 Тепловыделения от нагревательного оборудования

Нагревательное оборудование отдает в цех тепло путем конвективного и лучистого теплообмена от нагретых поверхностей стенок, свода, нагретых открытых дверок, нагретых дымоотводящих каналов и воздухопроводов, открытых проемов печи, путем теплопередачи через пол и закрытые дверцы, с горячими продуктами сгорания, прорывающимися в воздух помещения.

В практике проектирования промышленной вентиляции, как правило, не производится расчета каждого из названных выше тепловыделений оборудования, а используются данные технологов или укрупненные показатели, приведенные в указаниях по проектированию отопления и вентиляции соответствующего типа цехов. Ниже описывается методика определения тепловыделений по укрупненным показателям для каждой из групп теплового оборудования.

#### 3.6.1. Печи для плавки металла и его выдержки в жидком состоянии

Такое оборудование устанавливается в литейных цехах. К названному оборудованию относятся вагранки для плавки чугуна, электродуговые печи и индукционные печи низкой и высокой частоты, применяемые для плавки стали, цветных металлов и выдержки их в жидком состоянии. Характеристика этих печей приведена в таблице 3.8.

Тепловыделения от электродуговых печей определяются по формуле

$$Q = 3600N\eta_{xx} \text{ или } Q = B \cdot Q_n^p \cdot \eta, \quad (3.12)$$

где  $N$ -расход электроэнергии, кВт;

$\eta_{xx}$  - коэффициент, учитывающий долю тепла, теряемого в окружающую среду, от всего тепла, затрачиваемого на расплавление металла (принимается по таблице 3.9)

$Q_n^p$  - теплота сгорания газа топлива, кДж/нм<sup>3</sup>;

$B$  – расход газообразного топлива, нм<sup>3</sup>/ч.

Тепловыделения от плавильных печей можно определить по технологическим данным об удельном количестве тепла, поступающего в воздух помещения на 1 кВт установленной мощности или по расходу 1 кг условного топлива. Если плавильная печь работает на природном газе, то расход его  $B$  (нм<sup>3</sup>/ч) следует перевести в эквивалентный по теплопроизводительности расход условного топлива  $B_y$  (кг/ч). Соотношение  $B_y/B$  равно соотношению теплотворной способности природного газа ( $Q_n^p \approx 35000$  кДж/нм<sup>3</sup>) и теплоты сгорания топлива ( $Q_y \approx 28000$  кДж/кг).

При реальном проектировании тепловыделения от печей принимаются по данным технологов (или энергетической службы предприятия) для каждого конкретного оборудования или удельные тепловыделения для того или иного типа печи. Например: тепловыделения от индукционных тигельных печей для плавки стали ИСТ они составляют 2000 ккал на каждые 100 кг емкости печи.

Так печь ИСТ-0,4 емкостью 400 кг, производительностью 0,26-0,3 г/ч (продолжительность плавки 1-1,3 ч), мощностью 290 кВт является источником поступления тепла 8000 ккал/ч или 33000 кДж/ч.

Тепловыделения от вагранки определяются в зависимости от диаметра наружной поверхности вагранки  $d_{нар} = d_v + 0,5$ , м.

Таблица 3.8 Характеристика плавильных печей

Тип печи	Плавящийся металл	Производительность, т/ч	Топливо (вид и единицы измерения)	Расход
1	2	3	4	5
Вагранки диаметром, мм	чугун		Природный газ, м <sup>3</sup> /ч	
850		5		100
1100		8		150
1350		12		225
1700		20		325
2100		30		550
Электродуговые печи:	сталь чугун		Электроэнергия, кВт	
ДСН-0,5		0,275		130
ДСН-1,5		0,75		380
ДСН-3		1,5		700
ДСН-6		3		1500
ДСН-2		6		3000

Окончание таблицы 3.8

Тип печи	Плавающий- ся металл	Производитель- ность, т/ч	Топливо (вид и еди- ницы изме- рения)	Расход
1	2	3	4	5
Индукционные печи низкой частоты	сталь(плавк а и выдерж- ка)		Электроэнер- гия, кВт	
ИСТ-0,06		0,05		14
ИСТ-0,16		0,1		24
ИСТ-0,25		0,16		60
ИСТ-0,4		0,26		65
Индукционные тигель- ные печи промышленной частоты	алюминий (плавка и выдержка)			
МАТ-0,4		0,2		40
МАТ-1		0,6		70
МАТ-2,5		1,3		120
Индукционные печи промышленной частоты	медные спла- вы(плавка и выдерж- ка)			
ИЛТ-1		0,82		67
ИЛТ-2,5		0,86		100
ИЛК-0,6		0,88		25
ИЛК-1,6		2,66		55
ИЛК-2,5		2,45		80
Примечания:				
Высоту вагранок можно принимать равной 7-8 м.				
Тепловыделения вагранок составляют:				
- при отсутствии системы охлаждения водой стенок шахты вагранок – 2514 кДж/(ч*м <sup>2</sup> )				
- при водяном охлаждении – 1257 кДж/(ч*м <sup>2</sup> ).				

Таблица 3.9 Значения коэффициента  $\eta_{xx}$  плавильных печей

Тип печи	Емкость пе- чи, т	Значение $\eta_{xx}$ при плавке	
		чугуна	стали
Электродуговые	0,5	0,25	0,32
	3	0,22	0,30
	10	0,14	0,22
Высокочастотные	0,1	0,55	0,62
	0,5	0,48	0,55
	2	0,40	0,47

Тепловыделения от печей в окружающую среду можно принять равными тепловому эквиваленту мощности холостого хода печей (таблица 3.10).

Таблица 3.10 Тепловыделения от печей литейных цехов

Наименование оборудования	Валовое количество вредностей	Единица измерения
1	2	3
Индукционные печи (плавка стали и чугуна), емкость кг:		1 кДж/ч на 1 кВт установочной мощности печи
100	2100	
500	1870	
2000	1584	
Электродуговые печи (плавка стали) типа:		
ДСТ-0,5	1080	
ДСТ-2,0	940	
ДСТ-10,0	650	
Электрические печи (завалка и плавка латуни и бронзы) и электродуговые ДМК	1800	1 кДж на 1 кг условного топлива -
Индукционные печи АЯКС	544	
Тепло от тигельных газовых печей (завалка и плавка латуни и бронзы) емкостью 150 кг	5867	
Раздаточные печи при подогреве жидкого металла	5867	

### 3.6.2. Электрические печи, печи - ванны, сушильные шкафы

Тепловыделения от электропечей и печей-ванн, предназначенных для нагрева изделий под ковку и для термической обработки металла, определяются по формуле:

$$Q = 3600 N_y \eta_{xx}, \quad (3.13)$$

где  $Q$  - тепловыделения в окружающую среду без учета тепла, отдаваемого остывающим металлом, кДж/ч;

$\eta_{xx}$  - коэффициент, учитывающий мощность холостого хода установочной мощности печи;

$N_y$  - установочная мощность печи, кВт.

Печи термической обработки, характеризуются коэффициентом холостого хода  $\eta_{xx} = 0,20 \dots 0,22$ . У современных печей термической обработки (хорошо изолированных)  $\eta_{xx} \approx 0,1$ .

При отсутствии данных о холостом ходе печей тепловыделения определяются по формуле:

$$Q = 3600 N_y \kappa_u = q N_y \quad (3.14)$$

а для группы печей по формуле:

$$Q = 3600 \sum N_y \kappa_{od} = q \kappa_{od} \sum N_y \quad (3.15)$$

где  $\sum N_y$  - суммарная установочная мощность однотипных печей, кВт;

$q$  - тепловыделения при затрате энергии в 1 кВт, кДж/кВт (таблица 3.11)

$k_y$  - коэффициенты использования;

$k_{од}$  - коэффициент одновременности работы оборудования.

Таблица 3.11 Значения  $q$  для электропечей

Наименование печей	$q$ , кДж/кВт
1. Камерные	838
2. Шахтные	838
3. Методические	838
4. Колокольного типа	544
5. Печи-ванны (соляные, селитровые, электродные)	1676
6. Масляные ванны и баки	630
7. Установки ТВЧ и КИП	335
8. Сушильные печи	1260
9. Электропечи сопротивления без указания их типа	1050
10. Сушильные шкафы	2100

Производительность по нагреваемому металлу и расход электроэнергии некоторых нагревательных печей даны в таблице 3.12, а тепловыделения без учета тепла от нагретого металла в таблице 3.13.

Таблица 3.12 Характеристика нагревательных печей

Тип нагревательной печи	Температура в печи, °С	Производительность по нагреваемому металлу, кг/ч	Расход топлива	
			электроэнергии, кВт	условное топливо, кг/ч
Камерные				
СНЗ-2,5х5,1х1,7/10	900-1000	30	18	7,6
СНЗ-3х1,5х2/10	900-1000	50	28,6	11
СНЗ-4х8х2,6/10	900-1000	85	50,8	20,0
СНЗ-5х10х3,2/10	900-1000	150	90	36,0
СНЗ-6,5х13х4/10	900-1000	220	132	53
СНЗ-8,5х17,5х5/10	900-1000	350	208	82
СНЗ-11х22х7/10	900-1000	600	360	144
Шахтные				
СШЗ 10.50/10 Д-0,85 м	до 1000	до 850	30	15
СШЗ 4.4/10 Д=0,4	до 1000	до 120	-	3
СШЗ 3,12/10 Д=0,4	до 1000	до 200	то же	3
СШЗ 6.6/10 Д=0,4	до 1000	до 170	- " -	4
СШЗ 10.20/10 Д=0,4	до 100	до 400	- " -	5

Окончание таблицы 3.12

Тип нагревательной печи	Температура в печи, °С	Производительность по нагреваемому металлу, кг/ч	Расход топлива	
			электроэнергии, кВт	условное топливо, кг/ч
Ванны соляные электродные				
СВГ 10/8,5	до 850	30	10	-
СВГ 20/8,5	до 850	80	20	-
СГВ 30/8,5	до 850	130	30	-
С-35	до 1300	30	35	-
С-75	до 1300	35	75	-
<b>Примечание.</b> 1. Данные расхода топлива приведены для случая подогрева под закалку. 2. Для подогрева под ковку расход топлива увеличивается на 20 %.				

Таблица 3.13 Тепловыделения от электропечей и ванн без учета тепла от нагретого металла

Марка печи	Установочная мощность $N_{\text{ус}}$ , кВт	Потери холостого хода, кВт	Тепловыделения в цех	
			кДж/ч	% от $N_{\text{ус}}$
Камерные печи				
ПН-11-1	11	4	12600	31
ПН-12-1	30	10	35684	33
ПН-13-1	45	15	54500	33
ПН-15-1	72	17	62250	24
ПН-15-Г	15	-	18900	35
ПВ-11	24	12	41900	50
ПВ-12	50	13	64950	36
ПН-44-1	40	-	50280	35
Камерные печи с толкателем				
ПНТ-5-1	180	-	194000	30
ПНГ-5-3	100	-	109000	30
ПНГ-5-2	140	-	151000	30
ПНГ-5-4	58	-	62850	30
ПНГ-3-1	90	-	96330	30
Методические печи				
ПНГ-5-3	58	15	54500	26
ПНГ-3-1	90	20	71230	22
ПНГ-5-1	180	40	142400	22
ПНГ-5-3	100	31	111000	31
ПНГ-4	105	25	90000	24
ПНГ-5-2	140	40	142400	29
ПНГ-5-1	180	40	142460	22
ПНГ-8-1	200	44	159220	28
Конвейерные печи				
ПК-1	200	-	213700	30

Окончание таблицы 3.13

Марка печи	Установочная мощность $N_{\text{ус}}$ , кВт	Потери холостого хода, кВт	Тепловыделения в цех	
			кДж/ч	% от $N_{\text{ус}}$
Шахтные печи				
ПШ-312	30	10	36000	33
ПШ-320	50	15	54500	30
ПШВ-1512	60	13	46660	22
ПШВ-1520	95	20	171230	21
ПН-31-1	20	5	18000	25
ПН-32-Д	36	6	21808	17
ПМ-32Д-2	29	6	21808	21
ПН-34Д-1	72	16	56600	22
ПН-34Д-245	45	10	36000	22
ПА-32-1	30	7	25000	23
ПА-32-3	20	5	18000	25
ПЭМ-1	32	2	6160	53
ПШ-515-2	20	8	37300	33
ПШ-115-1	30	10	36000	33
ПН-22	30	17	25000	23
ПШ-625-2	40	10	36000	26
ПШ-1024	124	30	10800	24
ПШ-625-1	60	13	46000	21
ПЧК-920	120	20	71230	17
Электродные печи				
СП-2-18	18	-	13000	20
СП-2-35	35	-	25000	20
СП-3-75	75	-	52375	20
Масляные ванны				
МБ-7	2,7	-	19300	20
МБ-12	3,24	-	23050	20
МБ-21	4,4	-	3140	20
МБ-40	8,5	-	60860	20
Цементные печи для азотирования				
ПА-32-1	30	8	28580	27
ПА-32-4	45	10	36000	22
Камерные				
ЖЗ-2,5х5,	960-1000	30	18	7,6
ЖЗ-3х1,5х2/10	900-1000	50	20,5	11,6

### 3.6.3. Горны, стенды для сушки ковшей, сушила и печи, работающие на газообразном топливе

Если известны данные балансовых испытаний и расход топлива, то теплоступление от печи следует определить по формуле:

$$Q = BQ_H^P \eta \quad (3.16)$$

где  $B$  - расход топлива, кг/ч или  $\text{нм}^3/\text{ч}$ ;



$Q_H^P$  - низшая теплота сгорания, кДж/кг или кДж/нм<sup>3</sup> (для природного газа  $Q_H^P=3500$  кДж/нм<sup>3</sup>)

$\eta$  - коэффициент, учитывающий, какая доля тепла, выделяющегося в печи, теряется в окружающую среду.

При отсутствии данных балансовых испытаний можно принять  $\eta=0,25$  при условии отвода продуктов сгорания в дымоходы и устройства местных отсосов в виде зонтов у загрузочных проемов печей.

При расчете тепловыделений от кузнечных горнов  $\eta$  принимается в пределах 0,14 - 0,29 и определяется по графику [16] в зависимости от расхода условного топлива.

Рабочая теплота сгорания кузнечного угля составляет ориентировочно 6000 ккал/кг или 25000 кДж/кг.

Согласно рекомендациям [8] следует принимать тепловыделения:

- от стендов для сушки ковшей - 5800 кДж/ч на 1 кг условного топлива;
- от горизонтальных отдельно стоящих сушил - 9640 кДж/ч на 1 кг условного топлива;
- от горизонтальных сушил, примыкающих одной продольной стенкой к корпусу смежного сушила, - 7200 кДж/ч на 1 кг условного топлива;
- от горизонтальных сушил, примыкающих двумя продольными стенками корпуса к смежному сушил, или от вертикальных сушил - 5250 кДж/ч на 1 кг условного топлива.

Расход условного топлива и количество нагреваемого металла, для печей, работающих на жидком, твердом или газообразном топливе, можно принять по таблице 3.14, по известной площади пода и технологического предназначения печи.

Таблица 3.14 Характеристика кузнечных и термических печей

Площадь пода, м <sup>2</sup>	Расход условного топлива ( $Q_n^p = 28000$ кДж/кг)		Количество нагреваемого металла, кг/м <sup>2</sup> · час
	при мазуте и твердом топливе, кг/м <sup>2</sup> час	при газообразном топливе, кг/м <sup>2</sup> час	
<b>А. Печи нагревательные под ковку и штамповку (температура нагрева 1150-1200°)</b>			
0,25	45	40	270
0,5	50	45	320
0,75	60	55	400
1,0 и более	70	65	450
<b>Б. Печи отжига с выкатным подом (температура нагрева 950-1000°)</b>			
до 2	50-55		130-150
4,0 и более	60-65		130-150
<b>В. Печи закалочные (температура нагрева 850-950°)</b>			
0,25	30		150
0,5	25		160
0,75	22		180
1,0 и более	20		180

Окончание таблицы 3.14

Площадь пода, м <sup>2</sup>	Расход условного топлива ( $Q_n^p = 28000$ кДж/кг)		Количество нагреваемого металла, кг/м <sup>2</sup> · час
	при мазуте и твердом топливе, кг/м <sup>2</sup> час	при газообразном топливе, кг/м <sup>2</sup> час	
Г. Печи отпускные (температура нагрева до 550°)			
0,25	23	125	
0,5	20	135	
0,75	18	150	
1,0 и более	16	150	
Д. Печи для цементации (температура нагрева 1100-1200°)			
0,25	4,0	20	
0,5	3,5	22	
0,75	3,5	25	
1,0 и более	3,5	30	

### 3.7. Тепловыделения от нагретых поверхностей

Тепловыделения от закалочных (масляных и водяных) баков и ванн, от ванн гальванических, кожухов литейных конвейеров и от теплового оборудования при отсутствии данных о расходе топлива можно определить как теплоступления от нагретых твердых поверхностей по формуле:

$$Q = \Sigma [F_n \cdot \alpha \cdot (\tau_s - \tau_{p3})], \quad (3.17)$$

где  $Q$  - суммарное теплоступление от всех нагретых поверхностей оборудования, кДж/ч;

$F_n$  - площадь нагретой поверхности, м<sup>2</sup>;

$\tau_s$  - температура нагретой поверхности, °С;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи нагретой поверхности кДж/(м<sup>2</sup>·ч·°С).

$$\alpha = \alpha_0 \sqrt[4]{\tau_s - t_{p3}},$$

$\alpha_0$  - опытный коэффициент, равный:

для вертикальных поверхностей - 9,2;

для горизонтальных, обращенных вверх - 11,2;

для горизонтальных, обращенных вниз - 4,6.

Температуру нагретых поверхностей следует принимать по данным технологий. При отсутствии этих данных температура нагретых поверхностей оборудования принимается в зависимости от температуры внутри оборудования. При температуре жидкостей внутри ванны ( $\tau_b$ ) до 100 °С температура наружной поверхности стенок принимается на 2 - 3 °С ниже температуры внутри ванны. При температуре внутри ванны более 100 °С стенки ванны изолируются так, чтобы температура наружной поверхности не превышает 45 °С.

В гальванических ваннах и баках, кроме стенок, нагретой является и поверхность жидкости, тепловыделения от которой определяются по формуле:

$$Q = (20,5 + 17,5 \vartheta_6)(\tau_6 - \tau_{p3}) \cdot F_{жс} \cdot (1 - \varphi), \quad (3.18)$$

где  $F_{жс}$  - площадь поверхности,  $\text{м}^2$ ;

$\vartheta_6$  - подвижность воздуха над ванной,  $\text{м/с}$ , при наличии местного отсоса  $\vartheta_6 = 0,6 \text{ м/с}$ , при отсутствии местного отсоса  $\vartheta_6 = 0,3 \dots 0,4 \text{ м/с}$ ;

$\varphi$  - коэффициент, учитывающий эффективность действия местного, для шкафного укрытия  $\varphi = 0$ ; а для бортового откоса принимается по графику А.В. Пузырева в зависимости от количества воздуха, отсасываемого местным отсосом на каждый килограмм испарившейся влаги.

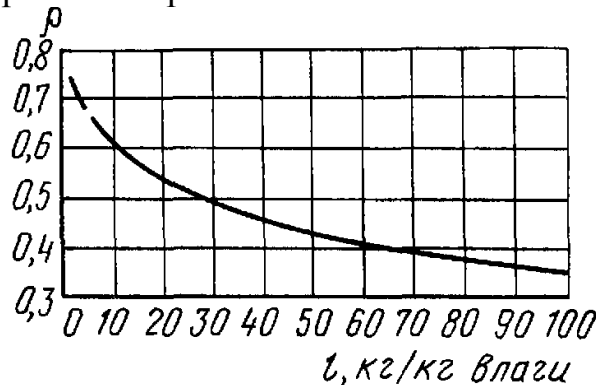


Рисунок 3.1 График для определения коэффициента прорыва тепла и влаги  $\rho$  в зависимости от удельного расхода воздуха  $l$ , удаляемого из-под зонта или завесы, в  $\text{кг}$  на  $1 \text{ кг}$  испаренной влаги

Предварительно следует определить количество испарившейся с поверхности ванны влаги  $W$  (см. п.4) и расход воздуха  $G_{\text{мо}}$  (см. методические указания по расчету воздухообмена) при отсутствии местного отсоса при  $\varphi = 1$ . Если селитровые и масляные ванны оборудованы бортовыми отсосами, принимают  $\varphi = 0,5 \dots 0,6$ .

### 3.8 Тепловыделения от остывающего материала

Для расчета этого вида тепловыделений необходимо, чтобы в технологическом задании на проект были заданы род материалов (или его средняя теплоемкость в заданном интервале температур), количество материала, его начальная и конечная температуры, размеры или масса остывающих изделий.

Если остывающий материал находится в твердом состоянии, то

$$Q = G_{\text{м}} C (t_{\text{нач}} - t_{\text{кон}}) \beta \quad (3.19)$$

При остывании материала в расплавленном состоянии

$$Q = G_{\text{м}} [C_{\text{ж}} (t_{\text{нач}} - t_{\text{пл}}) + i + C (t_{\text{пл}} - t_{\text{кон}})] \beta, \quad (3.20)$$

где  $Q$  - количество тепла, выделяющегося от остывающего материала,  $\text{кДж/ч}$ ;

$G_{\text{м}}$  - масса остывающего материала,  $\text{кг/ч}$ ;

$t_{\text{нач}}$  - начальная температура материала,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{кон}}$  - конечная температура материала,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$C, C_{\text{ж}}$  - средняя теплоемкость материала соответственно в твердой и жидком состояниях,  $\text{кДж}/(\text{кг}, ^{\circ}\text{C})$ ;

$i$  - теплота плавления, кДж/кг;  
 $t_{пл}$  - температура плавления, °С;  
 $\beta$  - коэффициент, учитывающий интенсивность выделения тепла в данный час. Для металлических изделий коэффициент  $\beta$  можно определить по таблице 3.15.

Таблица 3.15 Значения коэффициента  $\beta$

Масса, отливки, кг	Распределение тепловыделений		
	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
Более 1000	0,4	0,25	0,35

Если технологический процесс установившийся, и в помещении цеха, одновременно находится материал, остывающий 1-й час, 2-й час и т.д., коэффициент  $\beta$  принимается равным 1.

Количество остывающего материала, если не задано в технологической части, принимается по производительности печей, вагранок, сушил и т.д.

Средняя теплоемкость материала в интервале от начальной до конечной температуры может быть определена по формуле

$$C = C_0 + \beta_0 (t_{нач} - t_{кон}), \quad (3.21)$$

где  $C_0$  - теплоемкость материала при 0 °С (таблица 3.16);

$\beta_0$  - температурный коэффициент теплоемкости.

Таблица 3.16 Тепловые характеристики чугуна и стали

Материал	$t_{пл},$ °С	$i,$ Дж/кг	$\beta_0$	$C_0,$ кДж/(кг, °С)	$C_{ж},$ кДж/кг, °С
Сталь	1300 - 1500	92 - 100	0,000046	0,46	1,2
Чугун	1050 - 1500	96 - 100	0,000047	0,51	1,0

Если под местом, где остывает материал предусмотрен местный отсос, то в формулы 3.19 и 3.20 следует внести поправочный коэффициент  $(1-\varphi)$ , где  $\varphi$  – коэффициент эффективности местного отсоса «по теплу».

Тепловыделения от остывающего материала и кузнечных и термических цехов составляют 30 ÷ 35 % общей теплопроизводительности печей, а для кузнечных горнов - 6 - 8 %. Поэтому для кузнечных цехов тепловыделения от остывающего металла можно учесть, включив их в тепловыделения от печей и горнов. В термических цехах металл может отдавать тепло не воздуху помещений, а маслу или воде закалочных ванн и баков. В этом случае в тепловом балансе учитывается не все тепло, выделившееся при остывании, а только то, которое выделилось при переносе материала от печи к ванне и при остывании на воздухе после извлечения из ванны. Принято, что материал при переносе от одного оборудования к другому в этом же цехе остывает в среднем на 100 °С, а

после извлечения из закалочных ванн и баков - до температуры рабочей зоны помещения.

Тепловыделения от расплавленного металла на различных участках литейных цехов следует принимать по нормативным данным [8] или по таблице 3.17 в зависимости от типа литья: на плацу или на конвейере и вида металла.

### 3.9 Тепловыделения при работе паровых молотов

Тепловая энергия пара, поступающего к молотам при работе, переходит в механическую энергию при ковке и поковке металла. В результате работы парового молота выделяется тепло, количество которого определяется по формуле:

$$Q = G_n (I_1 - I_2) \quad (3.22)$$

где  $G_n$  - расход пара поступающего к молотам, кг/ч (таблица 3.18);

$I_1, I_2$  - теплосодержание соответственно поступающего в молот и отработанного пара, кДж/кг.

Таблица 3.18 Расход пара в зависимости от типа молота

Масса падающих частей молота, т	Расход пара, кг/ч		
	Штамповочные молоты		Молоты свободнойковки
	На работу	На обдувку	
0,5	680	14	600
1	970	14	920
2	1400	8	1320
3	1700	8	1600
4	2000	8	1850
5	2250	5	2100
10	2300	5	

Для ориентировочных подсчетов можно принимать разность теплосодержания ( $I_1 - I_2$ ) = 377 кДж/кг по рабочему режиму и ( $I_1 - I_2$ ) = 2720 кДж/кг для пара, расходуемого на обдувку штампов. Более точно вычисление теплосодержаний может быть выполнено по паровым таблицам, если заданы параметры острого и мягкого пара.

Таблица 3.17 Тепловыделения от металла в литейных цехах

количество тепла, выделяющегося на отдельных участках																
№ п/п	участки	в час					за весь период нахождения отливки на данном участке (распределение по часам)									
		заливка на конвейере					заливка на плиту с централизованной выбивкой									
		чугуна		стали		чугуна	стали		стали	латуни		бронзы		стали	латуни	бронзы
		количество тепла в ккал на 1 т металла	% от теплосодержания металла	количество тепла в ккал на 1 т металла	% от теплосодержания металла		количество тепла в ккал на 1 т металла	% от теплосодержания металла		количество тепла в ккал на 1 т металла	% от теплосодержания металла	количество тепла в ккал на 1 т металла	% от теплосодержания металла			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	заливочный	30000 36000	10 12	35000 40000	10 11	160000 185000	54 62	214000	60 67	99000 112000	55 62	105000 120000	55 69			
2	охлаждающий кожух литейного конвейера или участков остывания форм	60000 72000	20 24	136000 153000	38 44	-	-	-	-	-	-	-	-			
3	у выбивающей решетки	45000 54000	15 18	35000 40000	10 11	33000 35000	11 12	21000 24000	6 7	16000 18000	9 10	17000 19000	9 10			
4	охлаждающий конвейер или участков остывания литья	80000	27	60000	17	22000	7	31000	9	16000	9	17000	9			
5	транспортная система оборотной смеси или на плиту формовочного отделения	34000 52000	11 17	34000 52000	10 15	34000 52000	11 17	34000 52000	10 15	18000 30000	10 17	19000 30000	10 16			
6	обрубное отделение	6000	2	5000	2	6000	2	5000	2	4000	2	4000	2			
	итого	255000 300000	85 100	305000 350000	87 100	255000 300000	85 100	305000 350000	87 100	153000 180000	85 100	162000 190000	85 100			
расход тепла на испарение влаги из формовочной смеси при заливке в сырые формы																
		45000	15	45000	13	45000	15	45000	13	27000	15	28000	15			

Примечание: в числителе приведены выделения тепла при заливке в сырые формы, в знаменателе – в сухие.

### 3.10 Тепловыделения при сварочных работах

Тепловыделения при ручной сварке, сварке в среде углекислого и инертных газов, сварке трением, электрорезке следует принимать эквивалентными расходу электроэнергии:

$$Q = 3600 N, \quad (3.23)$$

где  $Q$  - тепловыделения, кДж/ч;

$N$  - расход электроэнергии по данным технологов, кВт.

Если нет данных о расходе электроэнергии, ориентировочно можно принять в среднем для одного сварочного поста:

$$Q = 16800, \text{ кДж/ч.} \quad (3.24)$$

При газопламенной обработке металла тепловыделения можно определить из выражения:

$$Q = Q_n^p B \eta, \quad (3.25)$$

где  $B$  – расход газа, л/ч или кг/ч;

$Q_n^p$  – теплота сгорания газа, кДж/л или кДж/кг;

$\eta$  - коэффициент использования горелок, примерно равный 0,85.

Ориентировочно тепловыделения одного газосварочного поста в среднем можно принять

$$Q = 39000 \text{ кДж/ч}$$

При автоматической, полуавтоматической сварке и сварке под слоем флюса тепловыделения составляют 335 кДж/ч на 1 кВт установочной мощности.

Тепловыделения от сварочных контактных машин определяются по формуле:

$$Q = 900 N \eta, \quad (3.26)$$

где  $Q$  - тепловыделения, кДж/ч;

$N$  - среднечасовая расходуемая мощность, кВт (таблица 3.19);

$\eta$  - коэффициент загрузки машин;

900 - коэффициент, учитывающий водяное охлаждение сварочных машин.

Тепловыделения от других, менее распространенных источников тепла при сварочных работах следует принимать по нормам [8,9] или по справочному пособию.

Таблица 3.19 Характеристика контактных сварочных машин

Стыковые		Шовные		Точечные	
Марка	Мощность, кВт	Марка	Мощность, кВт	Марка	Мощность, кВт
АСА-5	I	АША-10	4,2	АГА-5	0,5
АСА-10	2	АША-20	3,4	АГ -10	2,1
АСА-30	6	АША-50	12,0	АТА-20	1,8
АСА-60	12	АША-100	42,0	АТА-40	3,5
АСАГ-250	50			АТА-100.	8,5
АСАГ-350	70			АТС-250	22,0



## 4 РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ ПОМЕЩЕНИЯМИ

### 4.1 Статьи расходов тепла

При определении избытков тепла в холодный период года в производственных помещениях следует учесть, что кроме теплопоступлений возможны и потери тепла, в частности на нагрев ввозимых снаружи материалов, на нагрев транспорта, который ввозит материалы в цех.

Если проектом предусмотрена вентиляция, совмещенная с отоплением, то в тепловом балансе следует учитывать:

- потери тепла через наружные ограждения;
- потери тепла через открытые наружные двери (ворота);
- потери тепла на нагрев воздуха поступающего за счет инфильтрации.

Если в производственном помещении предусмотрен в холодный период механический приток превышающий механическую вытяжку (положительный дисбаланс), то в помещении создается избыточное давление, под действием которого осуществляется общеобменная вытяжка через открытые проемы, в частности вытяжка из верхней зоны через аэрационный фонарь, шахту и т.д. В этом случае инфильтрация воздуха не должна происходить.

Если ворота снабжены воздушными завесами, работа которых сбалансирована с открыванием и закрыванием ворот, то можно не учитывать потери тепла при открывании ворот.

Потери тепла на нагрев воздуха, проникающего через наружные проемы, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, принимаются равными 80% для двойных дверей с тамбуром между ними или 65 % для одинарных дверей от основных потерь через их.

В курсовом проекте допускается предполагать, что всё наружные ворота и двери оборудованы тепловыми завесами и потери тепла на нагрев воздуха, проникающего через открытые проемы, в тепловом балансе помещений не учитываются.

### 4.2 Потери тепла через внешние ограждения зданий

Основные и добавочные потери тепла через ограждающие конструкции зданий при выполнении ВКР следует определять путем суммирования потерь тепла через отдельные наружные ограждения, по методике известной студентам по КП по отоплению.

В курсовом проекте по вентиляции промышленных зданий *допускается* в целях сокращения расчетов расчет, теплотерь производить *ориентировочно* по укрупненным измерителям по формуле:

$$Q = q_o V(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}), \quad (4.1)$$

где  $Q$  - расход тепла, кДж/ч;

$V$  - объем помещения, м<sup>3</sup>;

$q_o$  - удельная тепловая характеристика здания для отопления,  $\text{кДж}/(\text{ч м}^3)$  (см. таблицу 4.1);

$t_{\text{вн}}$  ;  $t_{\text{н}}$  - расчетные температуры воздуха внутри помещения и снаружи,  $^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 4.1 Удельные тепловые характеристики производственных зданий  $q_o$  и  $q_v$ ,  $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$

Наименование цехов	Объем здания, тыс. $\text{м}^3$	Удельная тепловая характеристика	
		для отопления $q_o$	для вентиляции $q_v$
Литейные	10-50	1,25-1,0	4,6-4,2
	50-100	1,0-0,9	4,2-3,8
	100-150	1,0-0,6	3,8-3,35
Термические	до 10	17-1,25	5,44-5,0
	10-30	1,25-1,0	5,0-4,2
	30-75	1,0-0,84	4,6-2,5
Кузнечные	5-10	2,3-1,9	1,7-1,0
	10-50	1,9-1,7	1,0-0,6
	50-100	1,7-1,65	0,67-0,5
	100-200	1,65-1,5	0,5-0,33
Деревообрабатывающие	50-100 100-150	1,5-1,45	2,5-2,1
		2,5-1,9	2,1-1,7
		1,9-1,7	1,7-1,65
		1,7-1,65	
Металлоконструкции (сварные)	50-100	1,5-1,45	2,2-1,7
	100-150	1,85-1,25	1,7-1,45
Металлопокрытий травильный	2	2,7-2,5	2,10-16,8
	2-5	2,5-1,9	16,8-12,6
	5-10	1,9-1,7	12,2-8,4
Ремонтные	5-10	2,5-2,1	0,84-0,6
	10-20	2,1-1,9	0,6-0,42

#### 4.3 Потери тепла на нагрев воздуха, поступающего в помещения за счет инфильтрации

Добавочные потери тепла на инфильтрацию воздуха в помещениях производственных зданий следует определять по расчету в соответствии с указаниями ведомственных нормативов и норм технологического проектирования, утвержденных в установленном порядке и учитывать дисбаланс по притоку и вытяжке; при отсутствии необходимых данных добавочные потери тепла на инфильтрацию наружного воздуха допускается принимать в размере 30 % основных потерь тепла через ограждения помещения.

#### 4.4 Потери тепла на нагрев воздуха, поступающего через открытые наружные двери

Добавочные потери тепла на нагрев воздуха, проникающего через наружные проемы, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, принимаются равными 80% для двойных дверей с тамбуром между ними или 65 % для одинарных дверей от основных потерь через них.

В курсовом проекте допускается предполагать, что всё наружные ворота и двери оборудованы тепловыми завесами и потери тепла на нагрев воздуха, проникающего через открытые проемы, в тепловом балансе помещений не учитываются.

#### 4.5 Расход тепла на нагрев ввозимых в цех материалов

Расход тепла на нагрев ввозимых снаружи материалов определяется по той же методике, что и тепловыделения от остывающего материала:

$$Q = G_m c (t_{pz} - t_n) \beta, \quad (4.2)$$

где  $Q$  - расход тепла, кДж/ч;

$G_m$  - количество ввозимого материала, кг/ч;

$c$  - теплоемкость материала, кДж/(кг·°C).

Расчет расхода тепла производится исходя из периода времени, необходимого для нагрева материала за три часа, причем за расчетную величину принимается, расход тепла для цехов с недостатками тепла за 1<sup>ый</sup> час, а для цехов с избытками тепла - за 3<sup>ий</sup> час. Коэффициент  $\beta$ , учитывающий неравномерность тепла, во времени, следует принимать по таблице 4.2.

Если промежутки времени между завозом в цех материалов составляют менее трех часов, то необходимо учитывать наложение расходов, тепла, связанное с двумя последовательными доставками материалов.

Таблица 4.2 Значения коэффициента  $\beta$

Время нахождения материалов в помещении	Коэффициент $\beta$	
	для насыпучих материалов и транспорта	для сыпучих материалов
Первый час	0,5	0,4
Второй час	0,3	0,25
Третий час	0,2	0,15

#### 4.6 Расход тепла на обогрев транспорта, поступающего в помещение

Расход тепла на нагрев транспорта определяется по формуле

$$Q = q_{mp} \beta, \quad (4.3)$$

где  $q_{mp}$  - общий расход тепла на нагрев транспорта, кДж/ч, (принимается по таблице 4.3);

$\beta$  - коэффициент, учитывающий интенсивность поглощения тепла по времени (принимается по таблицы 4.2).

При нахождении транспорта в помещении менее одного часа количество ассимилированного тепла принимается пропорциональным фактическому времени из расчета интенсивности поглощения тепла в течение первого часа.

Таблица 4.3 Расход тепла на нагрев одного автомобиля, МДж

Марка автомобиля	Грузо- подъем- ность, т	Температура наружного воздуха $t_{\text{н}}$ , °C			
		-15		-20	
		Температура внутреннего воздуха $t_{\text{в}}$ , °C			
		+5	+15	+5	+15
ЗИЛ-157	5	0	35,6	13,4	50,66
РАФ-10	0,5	0,48	8,8	3,77	11,72
ЗИЛ-130, 150	7	9,21	35,6	20,93	48,15
ГАЗ-51, 51А	3	5,02	20,93	12,14	27,63

Окончание таблицы 4.3

Температура наружного воздуха $t_n$ , °C							
-25		-30		-35		-40	
Температура внутреннего воздуха $t_{p3}$ , °C							
+5	+15	+5	+15	+5	+15	+5	+15
28,47	66,73	43,54	80,81	58,0	95,88	73,69	110,95
7,12	15,5	10,9	18,84	14,24	22,19	17,58	25,5
33,66	59,03	43,96	70,76	56,1	82,48	67,83	94,2
18,84	34,33	25,96	41,45	32,66	46,15	39,36	55,27

#### 4.7 Тепловой баланс производственного помещения

Результаты расчетов поступлений и расходов тепла в теплый и холодный период года записываются в таблицу «Тепловой баланс», форма которой приведена в Приложении 3 таблица 3.1.

Величина в графе 11 этой таблицы имеет знак «+», а в 17 – знак «-». В графах 18 или 19 записывается алгебраическая сумма этих величин. Если выделения превышают расход имеют место – избытки, если наоборот – недостатки.

Как правило, в теплый период года в цехах любого назначения возникают избытки тепла (так как нет расходов его), а в холодный период могут иметь место, как избытки, так и недостатки тепла. Сведения о теплоизбытках или недостатках заносят в таблицу «Исходные данные к расчету воздухообмена», форма которой представлена в Приложении 4 таблица 4.1

## 5 РАСЧЕТ ГАЗО- И ПАРОВЫДЕЛЕНИЙ

### 5.1 Общие положения

Количество вредных веществ, выделяющихся в воздух, должно приниматься, как правило, по данным технологов. Но при проектировании вентиляции, используя устройства местной вытяжки, можно обеспечить локализацию удаления вредностей и не допустить или сократить проникновения их в помещение.

В настоящее время существует много отраслевых и общегосударственных методик для определения выделения вредных веществ при производственных процессах по укрупненным показателям (например, на тонну обрабатываемого металла, на единицу площади поверхности испарения, на единицу конкретного оборудования и т.д.)

Методики собраны в сборники, двумя из которых предлагается воспользоваться при выполнении курсового проекта по промышленной вентиляции [35] и [36].

В учебном пособии [37] в приложении Д и Е приведены некоторые данные из этих сборников по определению газовой выделений от оборудования машиностроительного производства, технологических операций наиболее часто имеющих место в технологическом задании на курсовое проектирование. При проектировании вентиляции литейных цехов рекомендуется пользоваться сборником [35], термических – [36], а остальных видов производств – и [35] и [36]. В Приложении Е не приводится информация о пылевых выделениях, так как пылящее оборудование должно оборудоваться укрытиями с коэффициентом эффективности близким к 1.

Сведения о выделениях вредных веществ при различных технологических операциях постоянно уточняются, пополняются, нормативные значения корректируются. Руководители курсового проектирования приветствуют, если студент находит более современную нормативно-справочную информацию о газовой выделении при соответствующем технологическом процессе.

**Расчет газовой выделений следует обосновать, подтвердить расчетами и свести в таблицу 5.1.**

Таблица 5.1 Расчет газовой и паровой выделений

№ п/п	Наименование оборудования	Кол. оборудования, шт	Наименование газа	Удел. выделения	Ед. изм. удел. выделения	Характер источника обора-я	Общее газовой-деление газа, г/ч	Коэф-ти МО, %	Количество поступающих вредностей		
									В трубу, г/ч	В цех, г/ч	№ вент. системы

В таблице должны быть указаны:

- удельные выделения газов и паров,

- общее количество газов и паров, выделяющихся в результате техпроцесса,
- то количество газов и паров, которое поступает в цех, а не удаляется местными или технологическими отсосами.

После расчета газовыделений при каждой технологической операции определяется суммарное количество каждого газа поступающего в воздух цеха от всех технологических операций, эти значения заносят в таблицу «Исходные данные к расчету воздухообмена», Приложение 4 таблица 4.1.

Тесный контакт технолога и специалиста по вентиляции особенно ценен в начальной стадии проектирования, когда решается основной вопрос: с какими вредностями и при каких условиях с ними придется бороться. Если качественный состав выделяющихся вредностей в обязательном порядке задает технолог, то при определении количества загрязняющих веществ проектировщику вентиляции приходится прибегать к расчетам, с учетом эффективности работы применяемых местных отсосов.

Вредные газы, пары и аэрозоли могут поступать в помещение различными путями: непосредственное поступление при технологическом процессе (например, при сварке металла), при химических реакциях в частности при горении топлива, при прорыве через неплотности трубопроводов и аппаратуры, испарения с открытых поверхностей и т.д.

## 5.2 Газовыделения при горении топлива

Количество вредных веществ, образующихся при сжигании жидкого и газообразного топлива в котлах, печах, горнах приведены в таблице 5.2 и в Приложениях Д и Е [37]

Таблица 5.2 Удельные выделения вредных веществ при сжигании мазута (г/кг мазута или г/м<sup>3</sup> газообразного топлива)

Вид топлива	Сернистый ангидрид SO <sub>2</sub>	Твердые частицы	Окись углерода CO	Окись азота NO <sub>2</sub>
Жидкое топливо				
-мазут топочный высокосернистый	54,9	6,0	37,7	2,46
-мазут флотский низкосернистый	5,9	5,0	37,7	2,57
Природный газ	-	-	12,9	2,15

Количество вредных веществ, указанных в таблице выделяется в воздух помещения, если происходит сжигание топлива с выпуском продуктов сгорания непосредственно в цех. При устройстве дымоотводящих каналов или местных отсосов у печей и горнов объем газов, поступающих в цех, принимается 3-8% общего объема продуктов сгорания.

## 5.3 Газовыделения при сварочных работах

При производстве сварочных работ, выделяется сварочная аэрозоль и различные газы, качественный и количественный характер которых зависит от

типа сварки, количества и марки расходуемого сварочного материала. Количество вредных веществ, выделяющихся при ручной сварке на 1кг электродов, приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 Удельные выделения вредных веществ при ручной сварке (г/кг электродов) штучными электродами

Марка электродов	Окись углерода	Сварочная аэрозоль	Марганец и его окислы	Хромовый ангидрид	Фтористый водород	Окислы азота
УОНИ-13/45	-	14	0,51	-	1,0	-
УОНИ-13/55	-	18,6	0,97	-	0,53	-
УОНИ-13/65	-	7,5	1,41	-	1,17	-
УОНИ-13/80	-	11,2	0,78	-	1,14	-
УОНИ-13/85	-	13,0	0,6	-	1,1	-
ЭА-606/11	1,4	11,0	0,68	0,6	0,004	1,3
МР-3	-	11,5	1,8	-	0,4	-
МР-4	-	10,8	1,1	-	1,53	-

Сведения об удельных газовыделениях при сварочных работах приведены в Приложении Д3 [37]. Более полная информация о газовыделениях во всех видах сварки, резки и наплавке металла приведены в справочно-нормативных сборниках [35],[36].

При *рассеянной сварке* все вредные вещества поступают в воздух цеха. При *сварке на постоянных постах*, которые образуются местными отсосами (чаще всего панелями равномерного всасывания) в помещение проникает только часть вредностей. В случае использования панелей, эффективность которых составляет 70% , в цех поступает соответственно 30% вредностей.

#### 5.4 Газовыделение при покраске изделий

При производстве в помещении равномерной по времени окраски или лакировки количество выделяющихся паров зависит от метода покраски, состава окрасочных материалов (ЛКМ), а также от эффективности местной или технологической вытяжки.

Основными компонентами ЛКМ являются пленкообразователи, растворитель и пигменты. Кроме того в состав ЛКМ могут входить пластификаторы, придающие пленке эластичность, ускоряющие процесс высыхания, и наполнители для придания прочности и удешевления.

При покраске окунанием, обливанием и кистью, в воздух выделяется только газообразные вещества-компоненты растворителей.

При покраске распылением в воздух помещения, кроме паров растворителей в воздух выделяется окрасочный аэрозоль.

В качестве растворителей применяются многокомпонентные и реже однокомпонентные растворители, представляющие собой летучие легковоспламеняющиеся бесцветные жидкости. Наибольшее распространение среди растворителей имеют ксилол, толуол (ароматические углеводороды), сольвент

(сложная смесь, главным образом ароматических углеводородов), уайт-спирит, ацетон, спирт.

Состав некоторых многочисленных растворителей приведен в таблице 5.4.

Для определения количества выделяющихся веществ при покраске нужно знать расход и состав ЛКМ, что должно быть указано в технологической части задания на проектирование вентиляции.

Таблица 5.4 Состав распространенных многокомпонентных растворителей

ЛКМ	Растворитель	Компоненты	Содержание по массе, %
Перхлорвиниловые	Растворитель (Р-4) (ГОСТ 7827-74)	Бутилоцетат	12
		Ацетон	26
		Толуол	62
Нитроцеллюлозные нитроглифталевые, эпоксидные, мочевино-меламино-формальдегидные, молотковые	Растворитель №646 (ГОСТ 18188-72)	Бутилоцетат	10
		Этилцеллозольв	8
		Ацетон	7
		Бутиловый спирт	15
		Этиловый спирт	10
		Толуол	50
Алкидно-акриловые фемольные	-	Уайт-спирит	50
		Ксилол	50
Масляные эмали и битумные лаки	Растворитель РС-2 (МРТУ 6-10-952-70)	Уайт-спирит	70
		Ксилол	30
Меламино-мочевино и фенолоформальдегидные	Растворитель РКБ-1 (ТУ 6-10-994-70)	Ксилол	50
		Бутиловый-спирт	50

Количество выделяющихся паров при покраске определяется по формуле

$$G_{\Gamma} = \frac{F A m}{100}, \text{ г/ч} \quad (5.1)$$

где  $F$ -площадь окрашиваемой поверхности в час, мг/ч

$A$ -расход лакокрасочных материалов на 1 мг окрашиваемой поверхности, г/м<sup>2</sup>,

$m$ - содержание летучих растворителей в ЛКМ, %

Некоторые значения  $A$  и  $m$  приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 Расход ЛКМ и выход летучих растворителей при покраске

ЛКМ	Способ покраски	$A$ , г/м <sup>2</sup>	$m$ , %
Бесцветный аэролак	Покрытие кистью	200	92
Нитрошпаклевка, нитролак	Покрытие кистью	100-180	35-10
Цветные аэролаки и эмали	Покрытие распылением	180	75
Масленные лаки и эмали	Покрытие распылением	60-90	35

Часть летучих выделяется при покраске, а другая при сушке, (см. таблицу 5.6).



Окраска изделий кистью, окунанием или распылением может происходить в окрасочных кабинах, представляющих собой шкаф с открытым проемом и устроенным отсосом воздуха.

Таблица 5.6 Выделение загрязняющих веществ при нанесении лакокрасочных покрытий

Способ окраски	Аэрозоли (% от производительности при окраске)	Пары растворителя (% от общего содержания растворителя в краске)	
	При окраске	При окраске	При сушке
<b>Распыление</b>			
Пневматическое	30	25	75
Безвоздушное	2,5	23	77
Гидроэлектростатическое	1,0	25	75
Пневмоэлектрическое	3,0	20	80
Электростатическое	0,3	50	50
Горячее	2	22	78
Электроосаждение	0	10	90
Окунание	-	28	72
Струйный облив	-	35	65
<b>Покрытие лаком в лаконоливных машинах</b>			
металлических изделий	-	60	40
деревянных изделий	-	80	20

В этом случае коэффициент эффективности местного отсоса может быть 90-97%.

В случае многокомпонентных растворителей, необходимо определить выделение каждого из компонентов отдельно. Если в одном и том же помещении происходит и сушка и окраска, то возможно выделение газов при перемещение окрашенных изделий от места окраски до места сушки, которые оборудуются технологическими отсосами. В этом случае в характеристике техпроцесса по данным технолога должен быть указан общий коэффициент прорыва вредностей в воздух помещения

### 5.5 Газовыделения при розливе металла в формы

В некоторых вариантах курсовых проектов необходимо определить количество окиси углерода, выделяющейся при розливе металла в формы на плацу или на конвейере.

При литье на плацу нужно знать

- сколько металла заливается в час, (г/ч);
- какой массы отливки, (кг);
- какой металл: сталь или чугун.

Если металл – чугун, количество СО определяют по данным норм АЗ-489 приведенным в таблице 5.7.

Последние цифры показывают общее время остывания форм, а также полное количество окиси углерода, выделяющейся за все время остывания. При

заливке стали в земляные формы приведенные в таблице 5.7 показатели выделения окиси углерода надо умножать на 0,5.

Таблица 5.7 Выделение окиси углерода при розливе металла

Время пребывания отливок в цехе от начала заливки, мин	Количество окиси углерода CO, г/т при массе отливок, кг									
	10	20	30	50	100	200	300	500	1000	2000
1	600	400	350	270	200	140	110	80	60	40
2	700	650	550	420	330	220	170	130	100	70
3	900	800	650	500	400	300	230	160	130	100
5	1100	900	800	650	530	400	300	200	170	140
10	1200	1100	1050	850	700	550	430	310	260	210
15	-	1200	1150	100	830	670	525	385	330	270
20	-	-	1200	1050	910	750	600	450	380	320
25	-	-	-	1100	950	800	650	490	420	350
30	-	-	-	-	100	850	690	530	455	380
35	-	-	-	-	1030	890	730	570	490	410
40	-	-	-	-	1050	920	760	600	520	435
45	-	-	-	-	-	950	785	625	550	460
50	-	-	-	-	-	970	810	650	570	480
55	-	-	-	-	-	990	830	675	590	500
60	-	-	-	-	-	1000	850	700	610	520
70	-	-	-	-	-	-	870	720	630	550
80	-	-	-	-	-	-	890	740	650	575
90	-	-	-	-	-	-	900	760	680	600
100	-	-	-	-	-	-	-	775	700	620
110	-	-	-	-	-	-	-	790	720	625
120	-	-	-	-	-	-	-	800	740	650
150	-	-	-	-	-	-	-	-	750	680
180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	700

При литье на конвейере нужно знать кроме вышеперечисленных данных время ( $\tau$ ) пребывания металла с момента заливки в формы на заливочном участке конвейера до момента поступления их в охлаждающий кожух. Зная длину заливочного участка конвейера ( $l$ , м) и скорость движения конвейера ( $\vartheta=0.6$ , м/мин), определяют  $\tau = l/\vartheta$  (мин). Далее по таблице 5.7 определяют количество CO, выделяющейся за это время одной тонной металла. Кроме того нужно учесть, что заливочные участки оборудуются местными отсосами типа панелей равномерного всасывания, коэффициент эффективности которых равен 0,7. После расчета газовыделений от каждой технологической операции, определяют суммарное количество каждого вредного газа, выделяющегося в цех.

Расчет газо-и паровыделений оформляется таблицей 5.1.

## 6 РАСЧЕТ ВЛАГО-ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЙ

### 6.1 Влаговыделения с открытой водной поверхности

При температуре жидкости ниже температуры кипения количество испаряющейся влаги определяется по формуле:

$$W = \beta^1 (p_1 - p_2) \frac{735}{P_{\text{бар}}} F, \quad (6.1)$$

где  $\beta^1$  – коэффициент влагообмена, кг/(м · ч);

$p_1, p_2$  – парциальное давление водяных паров соответственно при полном насыщении при температуре поверхности жидкости и в окружающем воздухе Па;

$F$  – площадь поверхности испарения, м<sup>2</sup>;

$W$  – количество испаряющейся влаги, кг/ч.

Для практических расчетов можно принять

$$\beta^1 = (a + 0,174 \cdot \mathcal{G}),$$

где  $\mathcal{G}$  – подвижность воздуха над зеркалом испарения, м/с; для воздуха, движущегося над зеркалом испарения, естественно, рекомендуется принимать  $\mathcal{G} = 0,3 \div 0,4$ , а для воздуха, движущегося принудительно,  $\mathcal{G} = 0,6$  м/с;

$a$  – фактор гравитационной подвижности (таблица 6.1).

Таблица 6.1 Значения фактора  $a$

Температура воды, °С	до 30	40	50	60	70	80	90	100
$a$	0,022	0,028	0,033	0,037	0,041		0,040	0,051

Если жидкость перемещается за счет движения материала или вследствие других причин, то температура ее поверхности принимается равной средней температуре жидкости, а площадь испарения принимается большей в 1,5 – 2 раза.

Если испарение происходит без подвода тепла к жидкости, величина  $p_1$  определяется температурой воздуха по мокрому термометру.

При остывании воды при известных начальной  $t_{\text{нач}}$  и конечной  $t_{\text{кон}}$  температурах (так, например, определяется количество воды, испаряющейся со смоченной поверхности пола), расчет влаговыделения ведется по формуле:

$$W = G_{\text{в}} \frac{(t_{\text{нач}} - t_{\text{кон}})}{585 \cdot 4,19}, \quad (6.2)$$

где  $W$  – количество остывшей или стекающей на пол воды, кг/ч.

При температуре поверхности воды, близкой к температуре воздуха по мокрому термометру, т.е. когда вода длительное время находится в соприкосновении с воздухом и испарение происходит за счет тепла, отнятого у воздуха, влаговыделения.

$$W = (6 \div 6,5) (t_{\text{пз}} - t_{\text{м}}) F, \quad (6.3)$$

где  $t_m$  – температура воздуха по мокрому термометру;

$F$  – площадь поверхности испарения,  $m^2$ .

При кипении воды количество испаряющейся влаги определяется количеством тепла, затрачиваемого на парообразование, и ориентировочно принимается 40-50 кг/(ч·м<sup>2</sup>).

При испарении с поверхности водных растворов минеральных солей при концентрации растворов до 25% количество испаряющейся жидкости можно определить по формуле

$$W = (0,000352 - 0,000786) (p_1 - p_2) \mu F, \quad (6.4)$$

где  $p_1, p_2$  – парциальное давление паров жидкости при полном насыщении при температуре поверхности и в воздухе помещения. Для указанных растворов можно принять  $p_1$  и  $p_2$  как для водяных растворов;

$\mu$  – молекулярная масса воды.

При устройстве плотных укрытий или крышек, не имеющих отсоса воздуха, влаговыведения в помещении принимаются по написанным выше формулам с понижающим коэффициентом 0,1 – 0,3 (учитывающим повышенное парциальное давление водяного пара в воздухе под укрытием). При наличии отсоса воздуха из укрытия влаговыведения в помещении рекомендуется принимать в размере 15-20% при резком открывании дверей или люков и 25-30% при чистом открывании от общего количества влаги, выделяющейся под укрытием. Прорыв влаги в помещения из-под зонтов, завес и бортовых отсосов определяется аналогично сказанному, но понижающий коэффициент принимается по графику, предложенному А.В.Пузыревым (см. рисунок 3.1).

## 6.2. Влаговыведения от прочих источников

Испарения с влажных материалов и полуфабрикатов в процессе их сушки определяются опытным путем весовым методом, т.е. путем навешивания их до и после усушки, а при проектировании принимаются по технологическим данным.

Влаговыведения от людей в зависимости от окружающего воздуха и интенсивности проводимой работы определяются по формуле:

$$W = d \cdot n, \quad (6.5)$$

где  $n$  – количество людей, находящихся в помещении;

$d$  – количество влаги, выделяемой одним человеком; определяется по справочникам проектировщика [20],[32] и другим источникам.

Количество влаги, испаряющейся от металлообрабатывающих станков при работе эмульсией, определяется по формуле:

$$W = 0,15N_y, \quad (6.6)$$

где  $W$  – количество испаряющейся влаги, кг/ч;

$N_y$  – установочная мощность, кВт.

Влаговыведения от химических реакций, например процессов горения, определяются по данным этих реакций, при этом выделяется влаги:

при сжигании	1 кг ацетилена- 0,7 кг;
	1 кг бензина - 1,4 кг;
	водорода - 9,0 кг;
	дашовского газа - 1,3 кг.

Прорыв пара через неплотности производственного оборудования и коммуникаций при правильной их эксплуатации сводится к минимуму, которым можно пренебречь. Но в некоторых случаях прорыв пара через неплотности соединений оценивается в 3% от количества протекающего в данном оборудовании и определяется по аналогии с полученными при натуральных обследованиях.

Влагопоступления воздухом более влажным, чем воздух помещения, например воздух, поступающий за счет инфильтрации,

$$W = G_{\text{инф}} (d_{\text{н}} - d_{\text{в}}), \quad (6.7)$$

где  $G_{\text{инф}}$  – количество воздуха, поступившего за счет инфильтрации, кг/ч;

$d_{\text{н}}$ ,  $d_{\text{в}}$  – влагосодержание соответственно воздуха наружного и внутреннего, г/кг, определяемое по  $I-d$  диаграмме в зависимости от расчетных параметров наружного и внутреннего воздуха.

### 6.3 Определение количества выделяющейся пыли

Как правило, пылящее оборудование снабжается местными отсосами закрытого типа, коэффициент эффективности действия которых при надлежащей их эксплуатации равен 100%. Количество отсасываемого воздуха таково, что его достаточно для разбавления прорывающегося количества пыли. Поэтому при проектировании вентиляции в этом случае количество выделяющейся пыли определять нет необходимости. Исключение составляет проектирование вентиляции сварочного производства. При рассеянной сварке сварочные аэрозоли выделяются в воздух полностью, а при сварке на стационарных постах, оборудованных местными отсосами - частично (25-50%).

## 7 МЕСТНАЯ ВЫТЯЖНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

### 7.1 Выбор типовых местных отсосов

**Местная вытяжка** предназначена для улавливания вредностей непосредственно у места их выделения, недопущения распространения вредностей по всему объему помещения и должна быть так устроена, чтобы на рабочем месте в зоне дыхания работающего концентрации вредных газов не превышали допустимых значений.

Производительность **местной** вентиляции определяется конкретными условиями на этих местах и не зависит от производительности общеобменной вентиляции. Производительность же **общеобменного притока** и **общеобменной вытяжки** определяется с учётом количества воздуха, подаваемого местным притоком и удаляемого местными отсосами.

Поэтому расчет воздухообмена цеха в целом надо начинать с определения производительности местного притока и местной вытяжки.

Авторы данного методического пособия не задавались целью собрать в них все сведения о местных отсосах и методики расчета местной вентиляции. Студент в процессе курсового проектирования должен научиться руководствоваться нормативными документами и использовать справочники и изданные методические пособия.

Задача пособий – помочь студенту при выборе решений при проектировании местной вентиляции ориентироваться в многообразии источников по этому вопросу. В конце настоящего пособия приведен библиографический список наиболее доступных для студента источников, а в Приложении В приведены сведения о конструкции типовых местных отсосов наиболее часто встречающихся в задании на курсовое проектирование вентиляции цехов машиностроительных производств.

При расчете местной вытяжной вентиляции проектировщик должен определить:

- тип местного отсоса;
- конструктивные размеры местного отсоса;
- количество воздуха, удаляемого местным отсосом  $L_{MO}$  (м<sup>3</sup>/ч).

Последнее является наиболее важным на стадии разработки технического проекта.

Тип местного отсоса может быть рекомендован технологами, указан в задании на проектирование или определён по нормам и справочно-информационным источникам.

Количество воздуха, отсасываемого местными отсосами ( $L_{MO}$ , м<sup>3</sup>/с, может быть

- выбрано по нормам в зависимости от типа и марки оборудования [8]-[17];

– определено подробным расчётом, методика которого приведена в справочниках и других источниках специальной литературы или в настоящем пособии;

- определено ориентировочно по площади проемов ( $F$ , м<sup>2</sup>), через которые происходит всасывание воздуха и нормируемому значению скорости воздуха в этом проёме ( $\vartheta_n$ , м/с)

$$L_{mo} = 3600 \cdot F \cdot \vartheta_n. \quad (\text{м}^3/\text{ч}). \quad (7.1)$$

По этой формуле расход воздуха  $L_{mo}$  может быть определен практически для всех типов местных отсосов. Расчетная скорость в проеме отсоса нормируется с учетом степени токсичности выделяющихся вредных веществ, температуры вредных веществ, характера технологических операций, и т.д.

При выполнении курсового проекта можно воспользоваться рекомендациями учебного пособия, разработанного сотрудниками МИСИ [31]. Эти рекомендации представлены в таблице 7.1. При выполнении выпускной квалификационной работы и реального проектирования значения  $\vartheta_n$  следует принимать по нормативным документам [8...17]. В нормах по проектированию [8...14] отопления и вентиляции различного типа цехов имеется таблица «Местные отсосы», в которой указывается тип отсоса, его производительность  $L_{mo}$  и нормативная скорость  $\vartheta_n$ .

Некоторые справочники и специальная литература [22, 29 и др.] приводят данные этих норм. Наиболее полно представлены нормы в справочном пособии под редакцией Злобинского Б.М. [27]. В приложениях Б учебного пособия [37] представлена в сокращённом виде таблицы «Местных отсосов» некоторых норм серии АЗ. В Приложении В представлены конструкции некоторых типов отсосов.

В курсовом проекте сведения о местных отсосах заносятся в таблицу 7.2.

В таблице студент должен, обязательно указать, по какому источнику приняты данные по местной вытяжке.

Ниже приводятся указания или методика расчетов некоторых типов местных отсосов, наиболее применяемых в курсовых проектах. В некоторых случаях в данном методическом пособии указания к расчету ограничиваются лишь информацией о литературе, в которой приведена методика и дан пример расчета.

Таблица 7.1 Расчетные минимальные скорости воздуха в открытом проеме местного отсоса

Оборудование и технологические операции	Местный отсос	Скорость движения воздуха, м/с
Стол для ручной сварки мелких изделий	Вытяжной шкаф с рабочим проемом 800X400 мм	0,5 – 0,7
	Решетка в плоскости стола с живым сечением 50%	0,5
Стол или стенд с фиксированными местами сварки	Панель равномерного всасывания над столом	3,5
Сварка в закрытых и полужакрытых пространствах	Воронка с присосом	6,5
Печи кузнечно-прессового производства: нагревательные камерные щелевые	Зонт-козырек	0,8
	Комбинированный зонт	0,7
Пресс кривошипный горячештамповочный	Укрытие	0,5
Электропечи сопротивления в термическом производстве	Козырек над загрузочным отверстием	0,6
Камерные печи с газовым нагревом термического производства	Комбинированный зонт	0,8
Шахтные электропечи азотирования	Кольцевой отсос	6 – 6,5
Электропечи с контролируемой средой	Зонт-козырек над разгрузочным отверстием	0,6
Агрегат цианирования термического производства	Общее укрытие	1,5
Электрованны: шахтная масляная  соляная электродная СВС  соляная тигельная СВГ	Кольцевой отсос	4,5
	Укрытие	0,6
	Бортовой отсос	7
	Укрытие	0,8
Ванны:  обезжиривания промычки щелочью промасливания	Бортовой отсос	3,3
		3,5
		5,3
Ванны и баки для закалки в масле	Бортовой отсос или укрытие	от 4 до 10 0,7



Продолжение таблицы 7.1

Оборудование и технологические операции	Местный отсос	Скорость движения воздуха, м/с
Машина моечная	Укрытие	0,8
Стенд аммиачных баллонов	Зонт	0,5
Установка: гидропирования	Укрытие	1
закалочная ТВЧ	Кольцевой отсос	3
Камера дробеструйная или дробе-метная	Укрытие	5
Оборудование, выделяющее пыль	Укрытие	3 – 5
Бак для варки сульфитного щелока	Шкаф	0,7
Вагранка: выпуск металла	Зонт	1
»    шлака	»	1
Печь дуговая плавильная	Укрытие	1
Индукционная печь для плавки стали	Зонт	1,5
Заливка на конвейере	Панель равномерного всасывания	до 5
Охлаждение отливок	Укрытие	до 4
Выбивка решетки	Укрытие	5
Ванны и агрегаты гальванического производства: холодные растворы ( $t_p < 50^\circ\text{C}$ )	Полные укрытия	0,7
нагретые	То же	1
Обезжиривание мелких деталей	Шкаф	0,7
Лужение		1
Растворение кислот, щелочей, солей: холодные растворы ( $t_p < 50^\circ\text{C}$ )		0,7
нагретые »		1
Кадмирование цианистое или серебрение		1 – 1,5
Свинцевание		0,3 – 0,5
Травление: азотной кислотой		0,7 – 1
соляной кислотой		0,5–0,7
хромирование		1 – 1,5
цинкование цианистое		1 – 1,5
Пайка свинцом или третником		0,5 – 0,7
Лабораторные работы		0,3 – 0,5

Окончание таблицы 7.1

Оборудование и технологические операции	Местный отсос	Скорость движения воздуха, м/с
Окраска пневматическим распылением лакокрасочных материалов: содержащих свинцовые соединения и ароматические углеводороды	Окрасочная камера	1,3
не содержащих свинцовых соединений и ароматических углеводородов		1
содержащих диизоцианаты, эпоксидные, полиуретановые и акрилатные соединения		1,7
Окраска безвоздушным распылением лакокрасочных материалов: содержащих свинцовые соединения или ароматические углеводороды		1,7
не содержащих свинцовых соединений или ароматических углеводородов		0,7
Окраска электроручным распылением		0,4 – 0,5
Электростатическая окраска лакокрасочными материалами: содержащими ксилол		0,8
не содержащими ксилол		0,6

В таблицу 7.2 заносятся данные о количестве отсасываемого воздуха как для типовых местных отсосов, принятых по нормативным документам так и полученные расчетным путем. В конце (графа 7 таблицы 7.2) указывается величина суммарного расхода воздуха местной вытяжки. Значение этой величины заносится в таблицу «Исходные данные к расчету воздухообмена» (таблица 4.1 Приложение 4).

Таблица 7.2 Местные отсосы

Технологическое оборудование			Местные отсосы				
Поз. по плану	Наименование технологического оборудования	Количество, $n$ , шт	Тип местного отсоса	Коэффициент эффективности местного отсоса	Количество воздуха отсасываемого от единицы оборудования $L_{mo}, \text{м}^3/\text{ч}$	$L_{mo} \cdot n, \text{м}^3/\text{ч}$	Ссылка на нормативную литературу
1	2	3	4	5	6	7	8

Суммарная производительность местных отсосов  $\Sigma L_{mo} = \underline{\hspace{2cm}} \text{м}^3/\text{ч}$

## 7.2 Вытяжные шкафы

Вытяжной шкаф является местным отсосом закрытого типа, наиболее эффективно ( $\varphi_{\text{эф}} > 90\%$ ) удаляющим вредные вещества непосредственно на месте их выделения. Поэтому целесообразно применять этот вид местного отсоса, так как это приводит к уменьшению потребного воздухообмена цеха в целом и соответственно снижает степень затрат средств на устройство вентиляции цеха. Однако технологический процесс не всегда позволяет разместить оборудование или ту или иную технологическую операцию в шкаф. Вытяжные шкафы могут быть различных конструкций. Некоторые из них показаны на рисунке 7 – VII [26] и рисунке 4.2 [22].

Объемный расход воздуха, удаляемого из шкафа, зависит от размеров рабочего проема, скорости в рабочем проеме, а так же от наличия источников тепловыделений в шкафу. Размер рабочего проема должен быть задан технологиями или принят для типовой кабины (шкафа) по альбому [16].

Минимальная скорость в проёмах шкафов, из условия невозможности выбивания загрязнений через рабочий проём, может быть принята по таблицам [21], [22], [24], [26], [30], а так же по таблице 4.3 [37] (по данным [24], [30]).

*При отсутствии источников тепла в шкафу* расход воздуха можно определить по формуле (7.1).

*При наличии источников тепла в шкафу*, производительность местного отсоса ( $L_{mo}$ ) определяется по формуле:

$$L_{mo} = 114 \cdot \sqrt[3]{h \cdot Q \cdot F^2}, \text{ м}^3/\text{с}; \quad (7.2)$$

где  $h$  – высота открытого проёма, м;

$Q$  – тепловыделения в шкафу, Вт.;

$F$  – площадь открытого проема,  $\text{м}^2$ .

Найденное количество воздуха следует сравнить с расходом, потребным для обеспечения минимально допустимой скорости (таблица 7.3) в проеме. Для дальнейших расчётов следует принять большее значение (пример расчета дан в [22] стр.84-85 п.4.2 [37]).

Таблица 7.3 Местные отсосы закрытого типа

Оборудование и технологические операции	Вид укрытия	Выделяющиеся вредности	Минимальная расчетная скорость $\vartheta$ , м/сек
Плавка и розлив свинца, $t=400^{\circ}\text{C}$	Шкаф, кожух	Аэрозоль свинца и окислов	1.5-1.7
Гальваническое свинцевание	То же	Фтористый водород	1.5
Копирование	«	Аэрозоль окислов и металла	1.2-1.5
Пайка свинцом или сплавами ПОС	Шкаф, витринное укрытие, козырек	Аэрозоль свинца и дым	0.7-0.8
Пайка без свинца	То же	Аэрозоль металла и дым	0.4-0.5
Работа с расплавленным свинцом при интенсивном движении в укрытии	Шкаф, кожух, витринное укрытие	Аэрозоль свинца и окислов	2-2.5
Работы с ртутью: Без нагрева С нагревом При интенсивном движении	Шкаф, кожух	Пары ртути	0.8-1
	То же	То же	1.1-1.3
	«	«	1.5
Лабораторные и ползузаводские установки То же «	Шкаф, кожух, разборное укрытие	Газы и пары при допустимой концентрации: до $10 \text{ мг/м}^3$ до $1 \text{ мг/м}^3$ ниже $1 \text{ мг/м}^3$	0.5
	То же		0.7-1
	«		1.2-1.5
Работы с эпоксидными смолами: Без нагрева  С нагревом При совместном наличии пыли	Шкаф, кожух	Эпихлоргидрин, пары дифенилол пропана	1
	То же	То же	1.5
	«	То же, и пыль	1.5-3
Операции с особо вредными веществами	Шкаф, кожух, бокс с форкамерой	Радиоактивные вещества, бериллий	2-3
Электросварка мелких деталей (электроды УОНИ, ОММ-5) То же, электродами ЦМ-7 Ручная работа с выделением паров и газов То же	Шкаф, кожух	Окислы металлов, газы, пыль	0.7-0.75
	То же	То же	0.8-0.9
	Витринное укрытие, козырек	Пары и газы при допустимой концентрации: до $10 \text{ мг/м}^3$ То же до $1 \text{ мг/м}^3$	0.6-0.8
	То же		1-1.3
Закалка и отпуск в масляной ванне	Шкаф, кожух	Пары масла и продукты разложения	0.5
Закалка в селитровой ванне при $t=700^{\circ}\text{C}$	Шкаф, кожух	Аэрозоль селитры	0.5

## Окончание таблицы 7.3

Оборудование и технологические операции	Вид укрытия	Выделяющиеся вредности	Минимальная расчетная скорость $\vartheta$ , м/сек
Закалка в соляной ванне при $t=800-900^{\circ}\text{C}$	То же	Аэрозоль соли	0.5
Цианирование при $t=700^{\circ}\text{C}$	«	Цианистые соединения	1.5
Цианистые покрытия (меднение, цинкование, кадмирование)	Шкаф, кожух, козырек	Пары синильной кислоты	1.5
Травление в соляной и азотной кислоте	То же	Хлористый водород, окислы азота	0.7-1.2
Травление в серной кислоте при $t=15-60^{\circ}\text{C}$	Шкаф, кожух	Туман серной кислоты	0.6-0.9
Хромирование	То же	Хромовый ангидрид	1.5
Электролитическое обезжиривание	«	Туман щелочей	0.8-1
Промывка в бензине	Шкаф, витринное укрытие, козырек	Пары бензина	0.5-0.6
То же, хлорированные углеводороды	То же	Пары хлорированных углеводородов	0.5-0.8
Плавка и розлив цветных металлов: Цинк, алюминий	«	Аэрозоль окислов металлов	0.7-0.9
Кадмий, теллур	«	То же	1.2-1.5
Аппаратура с интенсивным выделением газов и паров	Кожух самого аппарата, разборное укрытие	Газы и пары при допустимой концентрации: до $10 \text{ мг/м}^3$	0.7-1
То же	То же	до $1 \text{ мг/м}^3$	1.2-1.5
Окраска кистевая или окунанием	Шкаф, витринное укрытие, козырек	Пары керосина, уайт-спирита, скипидара	0.5
То же	То же	Пары ксилола, толуола, бензола	0.7-0.8
Электростатическая окраска	Кабина с проемами	Пары керосина, уайт-спирита, скипидара	0.7-0.8
То же	То же	Пары ксилола, толуола, бензола	1-1.2
Пульверизационная окраска	Кабина	Пары керосина, уайт-спирита, скипидара	1-1.2
То же	То же	Пары ксилола, толуола, бензола	1.2-1.5

Определение производительности местного отсоса от кузнечного горна, служащего для разогрева деталей перед ковкой, в практике проектирования, осуществляется по графикам, которые представлены в альбомах местных отсосов ОВ-02-100 [15] и в АПТМО [16] и в Приложении В [37]. Пример расчета приведен в [22] стр.90 и в п4.2.2 [37].

## 7.3 Зонты-козырьки, комбинированные зонты

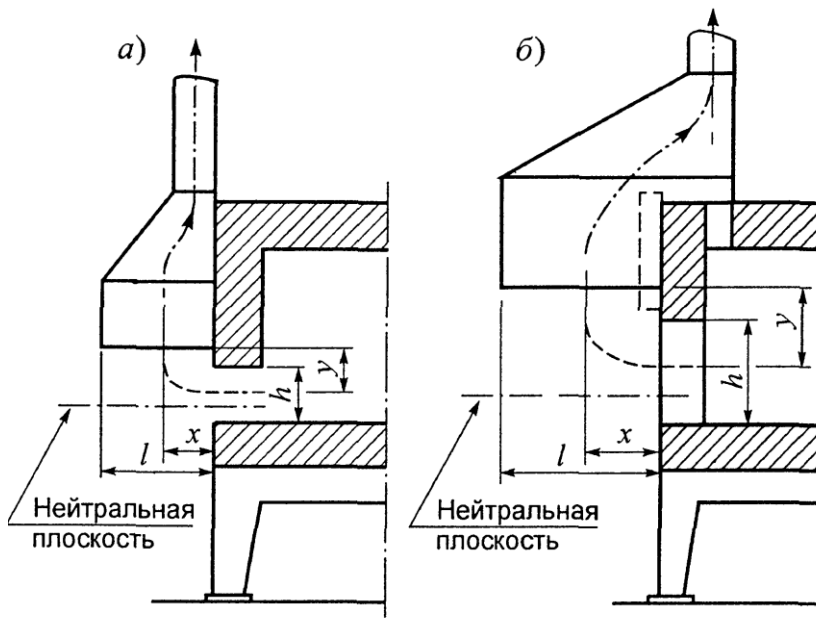
### 7.3.1 Типы зонтов-козырьков

Зонты-козырьки - самый распространенный вид местного отсоса в термических и кузнечно-прессовых цехах, но могут иметь применение и в других цехах, где есть камерные печи или сушила.

Зонты-козырьки устраиваются у загрузочных отверстий печей, в которых сжигается твердое и мазутное топливо. Зонтами-козырьками могут не оборудоваться печи, работающие на природном газе при малом числе печей в помещении и небольшом расходе газа, а также печи с выкатным подом или печи, которые редко загружаются (например, при томлении чугуна, продолжающемся несколько суток). Предназначены зонты-козырьки над загрузочными дверками печей для улавливания и отвода в атмосферу продуктов горения в смеси с воздухом помещения, особенно в тех случаях, когда дверка открыта

Камерные электропечи для отпуски после закалки снабжаются зонтами-козырьками для отвода паров и продуктов разложения масел. Согласно нормам [10, 11, 12] зонтами над загрузочными дверками снабжаются камерные печи с газовым нагревом, печи сопротивления СНЗ, толкательные электропечи.

Зонты-козырьки могут быть двух типов: зонты-козырьки над дверками таких печей, в которых продукты сгорания отводятся в борова и дымовую трубу, а зонты улавливают продукты сгорания, выбивающиеся из отверстий печи под воздействием избыточного давления в ней (рисунок 7.1а). Если отсутствуют газоходы, для отвода продуктов сгорания в дымовую трубу, то их отводят через специальные дымоотводящее отверстие в своде печи (рис.7.1 б). Таким образом под зонт поступают все продукты сгорания, а не только те, которые прорываются через загрузочные отверстия. Такие зонты-козырьки принято называть комбинированными зонтами.



а – зонт-козырек; б – комбинированный зонт.

Рисунок 7.1. Зонты у нагревательных печей:

На рисунке 7.1, где даны схемы обоих типов зонтов отмечено возможное положение нейтральной плоскости (нейтральной зоны – н.з) – плоскости, где разность давлений газов в печи и воздухе в помещении цеха равна нулю  $\Delta P = 0$ . Выше н.з  $\Delta P_1 > 0$  и через верхнюю часть проема высотой  $h_1$  (от н.з до верхней кромки проема) газы из печи поступают в помещение. Ниже н.з  $\Delta P_2 < 0$  и через нижнюю часть проема высотой  $h_2$  (от уровня пода печи до н.з) воздух из помещения проникает в печь.

Обычно для предотвращения поступления воздуха в печь и повышения степени окисления нагреваемой стали на подду печи поддерживается равным нулю  $\Delta P_o = 0$ . В этом случае, от нижней до верхней кромки загрузочного отверстия возникает избыточное давление в печи  $\Delta P_1 > 0$ , под действием его газы из печи (при открытой дверке) выбиваются по всей высоте  $h$  рабочего проёма.

Расчет зонтов-козырьков заключается в определении размеров зонта (вылета  $l$  и ширины зонта  $b$ ) и количества отсасываемого воздуха ( $L_{mo}$ ).

Методики расчета несколько отличающиеся друг от друга приведены во многих пособиях и справочниках [20], [21], [26]. Целесообразно в курсовом проекте использовать методику, хорошо отражающую зависимость конструкции отсосов от закономерности развития струи распространения вредностей [22]. Так, вылет зонта-козырька должен соответствовать размерам выбивающейся струи с учетом ее искривления под действием гравитационных сил, а расход газовой смеси во входном сечении зонта – закономерностям развития конвективной струи.

Исходными данными к расчету являются:

- размеры загрузочного отверстия ( $h \times b$ ), м;
- температура внутри печи,  $t_n$ , °С;
- избыточное давление по подду печи,  $P_0$ ;
- в случае работы печи на топливе – расход топлива, В кг/ч и его теплотворная способность  $Q_p''$ , кДж/кг;
- высота размещения приемного сечения зонта относительно верхней кромки проема ( $y$ , м), при этом следует иметь ввиду, что высота размещения зонта выбирается из условия удобства обслуживания печи и поэтому приемное сечение зонта может быть как на уровне верхней кромки проема, так и выше его;
- естественная или осуществляемая с помощью вентилятора вытяжка воздуха от зонта.

Последнее надо знать, так как температура газовой смеси ( $t_{cm}$ ) под зонтом должна быть при естественной тяге не более 300°С и не выше 80°С (согласно ГОСТ 5976-73) при механической вытяжке.

Методика расчета зонтов-козырьков и комбинированных зонтов приведена в п.7.3.2. При расчете зонтов-козырьков к электропечам, следует учитывать указания п.7.3.4.

Последовательность расчета расхода воздуха, отсасываемого через зонты,

- обеспечение нормативного значения скорости воздуха в приемном сечении зонта;

– обеспечение нормативной температуры газовой смеси под зонтом, приведены для зонтов-козырьков в п.7.3.3, а комбинированных зонтов в п.7.3.4.

### 7.3.2 Расчет размеров зонта-козырька и комбинированного зонта

Последовательность расчета следующая [22].

1. Средняя скорость выбивающихся из рабочего проема печи ( $G_r$ , м/с)

$$G_r = \mu \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_r}} \quad (7.3),$$

$$\Delta P = P_0 + 9,81 \cdot h/2 \cdot (\rho_{pz} - \rho_r) \quad (7.4)$$

где  $\Delta P$  – избыточное давление в печи, по оси струи, Па;

$P_0$  – избыточное давление на поду печи, Па; если оно неизвестно, то принимается равным нулю;

$\rho_{pz}$ ,  $\rho_r$  – плотность воздуха в рабочей зоне и газов, выходящих из печи, кг/м<sup>3</sup>;

$$\rho_{pz} = 353 / (273 + t_{pz}); \quad \rho_r = 353 / (273 + t_n),$$

$t_{pz}$ ,  $t_n$  – температура воздуха рабочей зоны и внутри печи, °С;

$\mu$  – коэффициент расхода, для загрузочного отверстия можно принять  $\mu = 0,65$ .

2. Эквивалентный по площади диаметр рабочего проема ( $d_{экр}$ , м)

$$d_{экр} = 1,13 \sqrt{f_0},$$

где  $f_0$  – площадь рабочего проема печи, м<sup>2</sup>.

3. Условный критерий Архимеда, характеризующий выходящую из печи струю

$$Ar = \frac{9,81 d_{экр} T_r - T_{pz}}{\vartheta_r^2} = \frac{9,81 d_{экр} t_n - t_{pz}}{\vartheta_r^2} \quad (7.5)$$

где  $T_{pz}$ ,  $T_r$  – абсолютные температуры газов и воздуха рабочей зоны, К.

4. Расстояние ( $x$ , м) на котором искривленная под действием гравитационных сил ось струи достигнет всасывающего отверстия зонта.

$$x = \sqrt[3]{h_0 m^2 d_{экр}^2 / 0,63 Ar} \quad (7.6)$$

где  $m$ ,  $n$  – коэффициенты изменения скорости и температуры в струе, значения которых при отношении высоты загрузочного отверстия к его ширине в пределах  $n/b = 0,5 \dots 1$  принимаются равными  $m = 5$ ,  $n = 4,2$ .

5. Диаметр струи на расстоянии  $x$  при  $0,5 \leq h/b \leq 2$

$$d_x = d_{экр} + 0,44x. \quad (7.7.)$$

6. Минимальный вылет (длина) зонта от загрузочного проема  $l_3$ , м

$$l_3 = x + 0,5 d_{экр}, \quad (7.8)$$

7. Ширина зонта ( $b$ , м) принимается на 150 ... 200 мм больше ширины загрузочного отверстия

$$b_3 = b + (150 \dots 200). \quad (7.9)$$



Пример расчета приведен в [22].

### 7.3.3 Расчет расхода воздуха зонта-козырька

Расчёт расхода воздуха, поступающего под зонт-козырёк из помещения цеха, определяется в следующей последовательности:

1. Расход *газов*, выходящих под зонт из рабочего проёма печи ( $L_{\Gamma}$ , м<sup>3</sup>/с и  $G_{\Gamma}$ , кг/с) определяются по формулам:

$$L_{\Gamma} = f_o \cdot \mathcal{Q}_{\Gamma} \quad \text{и} \quad G_{\Gamma} = L_{\Gamma} \cdot \rho_{\Gamma}, \quad (7.10)$$

где  $f_o$  - площадь проёма, через которую газы из печи поступают в цех, м; при  $\Delta P_o = 0$   $f_o = h \cdot b_o$ .

2. Расход *воздуха*, поступающего под зонт из помещения, должен быть таковым, чтобы в приёмном сечении зонта обеспечивалась скорость воздуха не менее нормативной величины,  $\mathcal{Q}_H$ , тогда

$$L_{MO} \geq \mathcal{Q}_H \cdot f_3, \quad f_3 = b_3 \cdot l, \quad (7.11)$$

где  $L_{MO}$  – расход воздуха в приёмном сечении зонта, м<sup>3</sup>/с;

$f_3$  – площадь приёмного сечения зонта-козырька;

$\mathcal{Q}_H$  – значение скорости во входном сечении зонта в соответствии с нормативными документами, [10,11, АЗ-190], м/с;

3. Расход воздуха (подмешиваемого к газам печи) обеспечивающий снижение температуры газозвоздушной смеси до приемлемой величины, определяется из балансового уравнения теплосодержаний, которое (при условии равенства удельных теплоёмкостей воздуха рабочей зоны и газозвоздушной смеси, поступающей под зонт) записывается в виде:

$$G_{\Gamma} \cdot t_{\Pi} + G_{MO} \cdot t_{P3} = (G_{\Gamma} + G_{MO}) \cdot t_{CM} = G_{CM} \cdot t_{CM},$$

откуда

$$G_{MO} = G_{\Gamma} \cdot \frac{t_{\Pi} - t_{CM}}{t_{CM} - t_{P3}}, \quad L_{MO} = G_{MO} / \rho_{P3}, \quad (7.12)$$

где  $G_{\Gamma}$ ,  $G_{MO}$  – массовые расходы соответственно газов из печи и воздуха из помещения, поступающих под зонт, кг/с;

$t_{\Pi}$ ,  $t_{P3}$ ,  $t_{CM}$  – температура газозвоздушной среды соответственно в печи, в рабочей зоне помещения и газозвоздушной смеси во входном сечении зонта, °С;

Температура газов задаётся технологическими условиями, а температура смеси принимается в зависимости организации работы вытяжной системы:

- при естественной вытяжке  $t_{CM} = 300 - 400$  °С;
- при вытяжке вентилятором с клиноремённой передачей принимают  $t_{CM} = 120 - 130$  °С;
- при вытяжке вентиляторами с креплением колеса вентилятора на одной оси с электродвигателем принимают  $t_{CM} \leq 80$  °С;

4. За расчётное значение расхода воздуха, удаляемого из помещения зонт-козырьком принимается наибольшее значение  $L_{MO}$  (м<sup>3</sup>/ч), которое записывается в таблицу 7.2.

### 7.3.4 Расчет расхода воздуха комбинированного зонта

При устройстве комбинированного зонта требуется определить количество воздуха, необходимого для создания допустимого значения  $t_{см}$  при условии, что под зонт поступают все продукты сгорания, а не только вырывающиеся через открытый рабочий проем.

1. Количество тепла, поступающего под зонт с продуктами сгорания  $Q_{мо}$

$$Q_{мо} = Q_n - Q_m - Q_{рз} = B_T Q_n^p \eta - Q_m - Q_{рз} \quad (7.13)$$

где  $Q_n$  – тепло, выделяемое в печи сгораемым топливом, кДж/ч;

$Q_m$  – тепло, используемое на нагрев металла, кДж/ч; ориентировочно можно принять равным 30% от  $Q_n$ ;

$Q_{рз}$  – потери тепла в рабочую зону помещения, кДж/ч; ориентировочно можно принять равным 10-25% от  $Q_n$ ;

$B_T$  – расход топлива кг/ч,  $нм^3/ч$ ;

$Q_n^p$  – теплота сгорания топлива, кДж/кг; кДж/  $нм^3$ ;

$\eta$  – коэффициент неполноты сгорания (для мазута  $\eta = 0,9$ ; для твердого топлива  $\eta = 0,85$ , для газа  $\eta = 0,9$ ).

2. Количество газозооушной смеси, поступающей под зонт, необходимое для обеспечения  $t_{см} \leq 80^\circ$  при механической тяги, и  $t_{см} \leq 300^\circ$  при естественной тяге  $G_{см}$ , кг/ч, определяется по формуле:

$$G_{см} = \frac{Q_{мо}}{c_{см}(t_{см} - t_{рз})}, \quad (7.14)$$

где  $c_{см}$  – теплоемкость газозооушной смеси (кДж/кг  $^\circ C$ ), которую можно принять равной теплоемкости воздуха ( $c_{см} = 1$  кДж/кг  $^\circ C$ ).

3. Количество газов  $G_T$  (кг/ч), выделяющихся в процессе горения и поступающих под зонт через загрузочный проем и через дымоотводящее отверстие может быть определено по приближенной формуле

- для любого топлива

$$G_T = B_T + G_B = B_T + V_T \alpha \cdot B_T \cdot \rho_B = (1 + V_T \alpha \cdot \rho_B) \cdot B_T, \quad (7.15)$$

где  $B_T$  – расход топлива, кг/ч;

$G_B$  – количество воздуха, необходимое для горения, кг/ч;

$V_T$  – удельный теоретически необходимый объем воздуха для сжигания 1 кг топлива, для угля при  $Q_n^p = 24720$  кДж/кг  $V_T = 6,94$   $м^3/кг$ , для метана  $V_T = 9,52$   $м^3/кг$ ;

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;

$\rho_B$  – плотность воздуха, поступающего на горение, кг/ $м^3$

- для газообразного топлива – природного газа

$$G_T = B_T \cdot \rho_T + V_T \alpha \cdot B_T \cdot \rho_B = (1 + V_T \alpha \cdot \rho_B / \rho_T) \cdot B_T \cdot \rho_T, \quad (7.16)$$

где  $B_T$  – расход газообразного топлива,  $нм^3/ч$ ;

$\rho_T$  – плотность газообразного топлива, кг/ $м^3$ .

Характеристики природного газа зависят от состава и определяются месторождением.

Например:

г/п Саратов – Москва. При  $Q_n^p = 34160 \text{ кДж/нм}^3$   $V_T = 10,2 \text{ м}^3/\text{нм}^3$ ,  $\rho_T = 0,879 \text{ кг/нм}^3$

г/п Волгоград. При  $Q_n^p = 35130 \text{ кДж/нм}^3$   $V_T = 10,48 \text{ м}^3/\text{нм}^3$ ,  $\rho_T = 0,741 \text{ кг/нм}^3$

г/п Ставрополь – Москва. При  $Q_n^p = 36090 \text{ кДж/нм}^3$   $V_T = 10,76 \text{ м}^3/\text{нм}^3$ ,  $\rho_T = 0,764 \text{ кг/нм}^3$

4. Количество подсасываемого воздуха  $G_{mo}$  (кг/ч),  $L_{mo}$  (м<sup>3</sup>/ч)

$$G_{mo} = G_{cm} - G_T; \quad L_{mo} = G_{mo} / \rho_{p3}. \quad (7.17)$$

Скорость во входном сечении зонта  $\mathcal{Q}$  следует сравнить со значением по нормам [10], [11]  $\mathcal{Q}_n$ , чтобы проверить выполнение условия  $\mathcal{Q} \geq \mathcal{Q}_n$

$$\mathcal{Q} = \frac{L_{mo}}{3600lb_3} = \frac{G_{mo}}{3600lb_3\rho_3}. \quad (7.18)$$

Если полученное значение скорости меньше, чем указано в нормах,  $L_{mo}$  (м<sup>3</sup>/ч) надо увеличить. Полученное значение заносят в табл.7.2.

### 7.3.5 Особенности расчета зонтов-козырьков к электропечам

В электрических печах, где нет продуктов сгорания топлива, и если не подаётся защитная атмосфера, то при открытой дверке через нижнюю часть рабочего проёма может поступать воздух в полость печи (то есть нижняя часть проёма работает на приток), а через верхнюю часть – вырываться струя горячих газов из печи в помещение цеха, то есть она работает на вытяжку. Это означает, что нейтральная плоскость (где избыточное давление равно нулю) находится между нижней и верхней кромкой загрузочного отверстия.

Выбор положения нейтральной плоскости, а значит и разделение рабочего проёма на приточную и вытяжную часть производится из условия газоздушного баланса, то есть равенства (по массе) входящего в печь и выходящей из печи газообразной среды и неравенства объёмов этих газов вследствие разных плотностей их.

$$\text{При } G_1 = G_2, \quad (7.19)$$

$$\begin{aligned} G_1 &= b_0 \cdot h_1 \cdot \mathcal{Q}_1 \cdot \rho_n; & G_2 &= b_0 \cdot h_2 \cdot \mathcal{Q}_2 \cdot \rho_{p3}; \\ \mathcal{Q}_1 &= \mu \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{cp1}}{\rho_n}}, & \mathcal{Q}_2 &= \mu \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{cp2}}{\rho_{p3}}} \\ \Delta P_{cp1} &= h_1(\rho_{p3} - \rho_n)/2, & \Delta P_{cp2} &= h_2(\rho_{p3} - \rho_n)/2, \\ & & h &= h_1 + h_2, \end{aligned}$$

где  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $\mathcal{Q}_1$ ,  $\mathcal{Q}_2$  – массовые расходы воздуха и скорости соответственно в вытяжной и в приточной части рабочего проёма, кг/ч, м/с;

$h_1$ ,  $h_2$  – высота части проёма, работающей соответственно на вытяжку и на приток воздуха в печь, м;

$b_0$ ,  $h$  – ширина и высота рабочего проёма, м.

Соотношение  $h_1/h_2$ , то есть положение нейтральной зоны определяется соотношением плотной газообразной среды, то есть:

$$\frac{h_2}{h_1} = 3 \sqrt[3]{\frac{\rho_{\text{pz}}}{\rho_{\text{п}}}}. \quad (7.20)$$

Размер зонт-козырька к электрической печи, без защитной атмосферы с периодически открывающейся дверкой загрузочного окна определяется с использованием формул 7.8 - 7.10, а количество воздуха, удаляемого через зонт из помещения, по формулам 7.11 – 7.13. При расчете  $x$  по формуле 7.8, если входное сечение зонта расположено на уровне верхней кромки рабочего проема печи, то  $y = h_1/2$ .

Примеры расчета зонтов-козырьков и комбинированных зонтов приведены в учебном пособии [37] пункт 4.3.7

## 7.4 Зонты над нагретой поверхностью

### 7.4.1 Методика расчета

Такие зонты применяются для улавливания конвективной струи, возникающей над нагретой поверхностью (при скорости конвективного потока  $Q_k \geq 0,5$  м/с). В курсовых проектах, как правило, раздаточные печи в литейных цехах и охладительные колодцы - в термических - оборудуются поворотными зонтами. Методика расчёта зонтов над нагретой поверхностью даётся в справочнике [20]. Конструкции таких зонтов даны в АПТМО [17] и Приложении В рисунки В3.2 и В3.3[37].

Количество отсасываемого воздуха  $L_{\text{мо}}$ , м<sup>3</sup>/ч зависит от размеров нагретой поверхности ( $F_{\text{и}}$  источника) и количества конвективного тепла в тепловой струе над поверхностью.

Количество тепла  $Q_k$  над равномерно нагретой поверхностью (например: поверхность нагретого металла в раздаточной печи) определяется по формуле

$$Q_k = \alpha_k \cdot F_{\text{и}} \cdot (t_{\text{и}} - t_{\text{pz}}), \quad (7.21)$$

где  $F_{\text{и}}$  – площадь нагретой поверхности, м<sup>2</sup>;

$t_{\text{и}}$  – температура поверхности, °С;

$\alpha_k$  – коэффициент конвективного теплообмена, Вт/(м<sup>3</sup>/ч)

$$\alpha_k = 3,26 \cdot \sqrt[4]{t_{\text{и}} - t_{\text{pz}}}. \quad (7.22)$$

Если поворотный зонт устанавливается над охладительным колодцем, то  $Q_k$  определяется количеством металла ( $G_{\text{м}}$ , кг/ч) остывающего в нем (в течении 1 часа после загрузки) и начальной и конечной температурой остывающего металла ( $t_{\text{н}}$ ,  $t_{\text{к}}$ , °С), которые принимаются в соответствии с технологическим заданием.

$$Q_k = \frac{G_{\text{м}} \cdot c_{\text{м}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) \beta}{3,6}, \text{ Вт}, \quad (7.23)$$

где  $c_{\text{м}}$  – теплоёмкость металла, кДж/кг·°С (для стали 0,73);

$\beta$  – коэффициент, учитывающий неравномерность выделения тепла при остывании металла; при установившемся режиме работы оборудования  $\beta$  принимается равным 1.

Количество воздуха, поступающего в конвективную струю определяется по формуле

$$L_k = 4,04 \cdot 10^{-2} \sqrt[3]{Q_k \cdot Z \cdot F_{\text{и}}^2}, \quad (7.24)$$

где  $L_k$  – количество воздуха поступающего в конвективную струю, м<sup>3</sup>/с;

$Q_k$  – количество конвективного тепла выделяющегося от нагретой поверхности, Вт;

$F_{\text{и}}$  – площадь источника, м<sup>2</sup>;

$Z$  – расстояние от нагретой поверхности до воздухоприёмного отверстия зонта, м; рекомендуется принимать  $Z = 0,8 \cdot d_{\text{и}}$  (если площадь источника имеет форму прямоугольника, то  $d_{\text{и}} = d_{\text{экв}}$ , т.е. эквивалентному по площади диаметру источника тепла), так как на этом расстоянии конвективная струя имеет наименьшее сечение (горло струи), где  $d_c = 0,77d_{\text{и}}$ , а скорость конвективного потока в горле струи  $\vartheta_k = L_k / 0,785 d_c^2$ , м/с. При  $\vartheta_k \geq 0,5$  м/с целесообразно устройство зонта.

При использовании других пособий формула 7.22 принимает вид  $L_k = 64 \sqrt[3]{Q_k \cdot Z \cdot F_{\text{и}}^2}$ , м<sup>3</sup>/ч или  $L_k = 67 \sqrt[3]{Q_k \cdot Z \cdot F_{\text{и}}^2}$ , м<sup>3</sup>/ч, где в первой формуле  $Q_k$  в кДж/ч, во второй ккал/ч. Следует отметить, что по этим формулам  $L_k$  получается меньше, чем по формуле 7.22.

При значении  $Z < 2,8 \sqrt{F_{\text{и}}}$ , размеры зонта могут быть приняты из условия  $F_3 = 1,5 F_{\text{и}}$ .

Количество отсасываемого воздуха определяется из условия

$$L_{\text{мо}} = L_k \cdot F_3 / F_{\text{и}}.$$

Полученное значение производительности зонта предварительно переведенное в м<sup>3</sup>/ч, записывается в таблицу местных отсосов (таблица 7.2).

Примеры расчета таких зонтов даны [22] стр. 92, [32] стр. 172.

## 7.5 Бортовые отсосы

Бортовые отсосы применяют тогда, когда загрузка деталей в бак или ванну происходит сверху (вручную или механизировано), и загрузка и выгрузка осуществляется довольно часто. Бортовые отсосы могут быть прямыми (всасывающая щель прямолинейна) и кольцевыми (всасывающая щель отсоса выполнена в виде кольца, или одного или двух полуколец).

Бортовые отсосы – это основной вид местного отсоса в гальванических, травильных отделениях, где основным видом оборудования является ванны с различными рабочими жидкостями.

Прямые бортовые отсосы выполняются:

– однобортовыми при ширине ванны  $b \leq 600$  мм и двубортовыми – при  $b > 600$  мм;

- сплошными при длине ванны  $l \leq 1200$  мм и секционными – при  $l > 1200$  мм;
- простые, когда от уровня жидкости до борта (до щели)  $b_p \leq 150$  мм и опрокинутые – при  $b_p > 150$  мм;
- с поддувом (активизированные) при ширине ванн  $\geq 1,5$  м.

В термических цехах бортовые отсосы применяются для водяных и для селитровых ванн, масляных баков и ванн, для низкотемпературных селитровых ванн, (для высокотемпературных  $t_n \geq 400^\circ\text{C}$  - шкафные укрытия).

Расчет бортовых отсосов заключается в определении количества отсасываемого воздуха. Методов расчета бортовых отсосов очень много: метод Бромлея М.Ф., метод Промстройпроекта, иногда применяют метод разработанный МИОТом на основе формулы Л. М. Баранова, и др.

Та или иная методика расчета бортовых отсосов приведена практически во всех справочниках и пособиях по проектированию промышленной вентиляции (с [21] по [31]). Наиболее подробно эти методы описаны Б. С. Молчановым [24]. По методу Санкт-Петербургского Промстройпроекта объем отсасываемого воздуха определяется по графикам [24].

При выполнении курсового проекта студент имеет право воспользоваться любым методом расчета, обосновав выбор метода.

Если требуется по заданию на курсовой проект подробный расчет бортового отсоса, то целесообразно произвести его

- для масляных баков и ванн по справочнику проектировщика [20];
- нормализованных ванн гальванических и травильных отделений методом разработанным институтом «Проектпромвентиляция» [9], [31].

По методу «Проектпромвентиляция» количество отсасываемого воздуха определяется по формуле:

$$L_{\text{мо}} = L_0 \cdot k_{\Delta t} \cdot k_T \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (7.25)$$

$$L_0 = 1400 \cdot \left( 0,53 \cdot \frac{b \cdot l}{b + l} + H_p \right)^{1/3} \cdot b \cdot l, \quad (7.26)$$

где  $H_p$  – расстояние от оси щели бортового отсоса до зеркала жидкости в ванне, м, задается технологами  $H_p \approx 0,08 - 0,15$  м;

$b, l$  – ширина и длина ванны, м;

$L_0$  – количество удаляемого воздуха ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) при значении всех коэффициентов, равных 1;

$k_{\Delta t}, k_T, k_1, k_2, k_3, k_4$  – коэффициенты учитывающие соответственно разность температур в ванне и в помещении, токсичность вредных выделений, тип отсоса, подвижность воздуха в помещении, укрытие зеркала раствора шариками или пенным раствором.

Все коэффициенты определяются по таблицам [22], [9], а также по таблицам 7.4, 7.5, 7.6 и 7.7, приведенным ниже.

Для ориентировочных подсчетов объема воздуха, удаляемого от ванн (баков) двусторонним отсосом можно пользоваться данными (полученными в результате отечественной и зарубежной практики), приведенных в таблице 7.8.

При односторонних отсосах табличные данные следует увеличить на 20 – 30 %.

Таблица 7.4 Значения  $L_0$  для нормализованных ванн

Размер ванны в плане $b \times l$ , мм	$L_0$ для отсоса, м <sup>3</sup> /ч			Количество воз- духа для поддува $L_p$ , м <sup>3</sup> /ч
	без поддува дву- бортового	с поддувом		
		двубортового	однобортового	
450×800	260	-	200	20
450×1100	360	-	275	30
450×1500	500	-	375	40
450×2200	730	-	550	55
500×1100	420	-	355	30
500×1500	580	-	455	45
550×600	250	-	280	20
600×1100	540	-	470	40
600×1500	740	-	640	50
600×2200	1100	-	940	75
700×800	480	-	450	35
700×1100	660	-	615	45
700×1500	910	-	840	60
700×2200	1350	-	1230	90
800×360	380	-	395	30
800×760	530	-	535	35
1000×1500	1450	1090	1540	90
1000×2200	2180	1600	2260	130
1100×560	550	475	670	40
1100×760	780	645	910	50
1200×1100	1320	1080	1530	80
1200×1500	1860	1475	2090	105
1200×2200	2760	2155	3060	155

Таблица 7.5 Коэффициент  $k_{\Delta t}$

Разность температур рас- твора и воздуха $\Delta t$ , °С	Коэффициент $k_{\Delta t}$ для отсоса	
	Без поддува	С поддувом
0	1.0	1.0
5	1.03	1.015
10	1.16	1.03
15	1.24	1.045
20	1.31	1.06
25	1.39	1.075
30	1.47	1.09
35	1.55	1.105
40	1.63	1.12
45	1.71	1.135
50	1.79	1.15
55	1.86	1.165
60	1.94	1.18
65	2.02	1.195
70	2.10	1.21
75	2.18	1.225
80	2.26	1.24

Примеры расчета бортовых отсосов даны в учебных пособиях [22], [25], [30].

Конструкции бортовых отсосов конкретных типов ванн и баков термических цехов даны в альбоме серии ОВ-02-148 вып. 1 [15].

Расчет кольцевых бортовых отсосов, применяемых для круглых печей, ванн, баков приведены в книге Богословского В. Н. [28], справочнике под редакцией Староверова Н. Г. [21].

Таблица 7.6 Коэффициент  $k_T$

Технологический процесс гальванопокрытия	$k_T$
Промывка в горячей воде, безвредные технологические процессы при наличии неприятных запахов, например аммиака, клея	0.5
Химическая обработка стали в растворах хромовой кислоты при $t_p > 50^\circ\text{C}$ (пассивация, травление); химическая обработка металлов, кроме алюминия и магния в растворах щелочи при $t_{\text{ж}} > 50^\circ\text{C}$ (обезжиривание, нейтрализация); меднение в этилендиаминном электролите; кадмирование и лужение в кислых электролитах	1.0
Химическая обработка металлов в растворах соляной кислоты (травление, снятие шлама), ортофосфорной (фосфатирование), азотной (осветление алюминия, травление, декапирование, пассивация), в растворах щелочи	1.25
Электрохимическая обработка металлов в растворах щелочи (обезжиривание, лужение, оксидирование меди, снятие хрома и др.); цинкование, меднение, латунирование, химическое декапирование и амальгамирование в цианистых растворах; то же в растворах серной кислоты (анодирование, травление, снятие никеля, серебра)	1.6
Кадмирование, серебрение, золочение в цианистых растворах; электрохимическая обработка металлов в растворах хромовой кислоты (хромирование и др.); никелирование в хлоридных растворах при плотности тока в $1 \dots 3 \text{ А/дм}^2$	2

Таблица 7.7 Коэффициенты  $k_1, k_2, k_3, k_4$

Коэффициент	Отсос без поддува		Отсос с поддувом	
	однобортовой	двубортовой	однобортовой	двубортовой
$k_1$	1.8	1.0	1	0.7
$k_2$	1.2	1.2	1	1
$k_3$	0.75	0.75	1	1
$k_4$	0.5	0.5	1	1

В учебном пособии Волков О. Д. [23] и учебном пособии Титов В.П. [31] дана формула для определения расхода воздуха, удаляемого от ванн с кольцевым опрокинутым отсосом:

$$L = 103 d^{2,84} h_1^{0,86} h_2^{-0,333} (t_{\text{ж}} - t_{\text{рз}})^{0,442} k_9 \quad (7.27)$$

где  $d$  – диаметр щели, измеренный по оси всасывающей щели, м;  
 $h_1, h_2$  – расстояние от плоскости щели соответственно до уровня жидкости и до верха ванны, м;  
 $t_{\text{ж}}, t_{\text{рз}}$  – температура жидкости и воздуха рабочей зоны,  $^\circ\text{C}$ ;  
 $k_9$  – коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в помещении (по таблице 7.9).

Примеры расчета кольцевых отсосов приведены в учебных пособиях [22], [24].



Таблица 7.8 Удельный объем воздуха, удаляемого бортовыми отсосами

Оборудование	Объем воздуха удаляемого двухсторонними бортовыми отсосами $L_{уд}$ на 1 м <sup>2</sup> зеркала, при ширине ванны $b$ , мм		
	500...600	700...800	900...1000
Ванны травления в азотной и плавиковой кислотах, ванны свинцевания, цианистые при $t_{ж} = 40$ °С	3000...4000	4000...5000	5000...6000
Ванны травления в соляной и серной кислотах, цианистые ванны при $t_{ж} = 15$ °С, ванны электрообезжиривания, полировки, анодирования	2500...3000	3000...3500	3500...4500
Прочие гальванические ванны	2000...2200	2300...2600	2500...3500
Баки для закалки в масле	2500...3000	3500...4000	4000...5500
Печи при $t = 600...1000$ °С при выделении вредных газов	9000...10000	12000...14000	16000...20000
То же при маловредных газах	7000...8000	9000...10000	13000...15000
Ванны с горячей водой при $t_{ж} = 80...90$ °С	1400...1600	1700...2000	2200...2500

Таблица 7.9 Коэффициент  $k_{\theta}$ 

Разность температур $t_{ж} - t_{рз}$ , °С	Значение коэффициентов $k_{\theta}$ при $h_1$ , мм		
	80	120	250
	<b><math>\vartheta_b = 0,2</math> м/с</b>		
10	1,8	1,95	2,15
20	1,6	1,7	1,8
30	1,45	1,55	1,65
40	1,35	1,4	1,45
50	1,28	1,33	1,4
100	1,2	1,25	1,3
	<b><math>\vartheta_b = 0,4</math> м/с</b>		
10	2,25	2,4	2,6
20	1,95	2,05	2,2
30	1,7	1,8	1,9
40	1,55	1,6	1,7
50	1,47	1,52	1,6
100	1,38	1,42	1,48
	<b><math>\vartheta_b = 0,6</math> м/с</b>		
10	2,65	2,7	2,85
20	2,2	2,25	2,4
30	1,95	2,0	2,1
40	1,75	1,8	1,9
50	1,65	1,7	1,8
100	1,53	1,57	1,64

## 7.6 Местные отсосы при сварочных работах

Как сами виды сварки и резки металлов могут быть разнообразными, так и местные отсосы в этом случае бывают различной конструкции. Сведения о

некоторых из них можно найти в [22], [27], в альбоме АПТМО [16], АЗ-499 и [15].

Наиболее часто в заданиях на курсовой проект включена ручная сварка на сварочных постах. При сварке на фиксированных местах (постах) для удаления вредностей применяются панели равномерного всасывания С.А. Чернобержского размером 600х645, 750х645, 900х845 мм (рисунок 7.2).

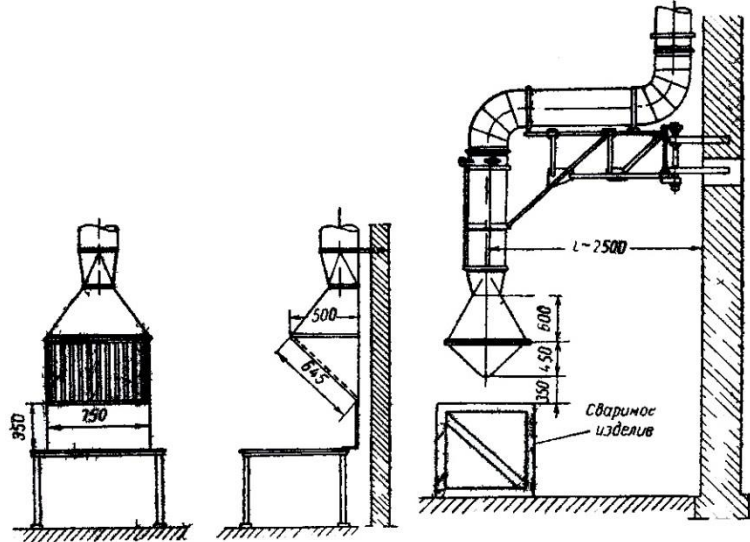


Рисунок 7.2. Местный отсос от сварочного поста (слева) и двухсторонняя всасывающая панель на поворотном устройстве (справа).

Длина панели выбирается на 100÷200 мм меньше ширины стола. Если стол больше 1 м длины, то устанавливается в ряд несколько панелей, той или иной длины.

Количество отсасываемого воздуха определяется из расчета создания скорости в живом сечении  $v_n \geq 3 \div 4$  м/с.

$$L_{MO} = 3600 \cdot f_{жс} \cdot v_n, \quad f_{жс} = 0,23 \cdot F, \quad (7.28)$$

где  $f_{жс}$  – площадь живого сечения панели, м<sup>2</sup>;

$F$  – габаритная панели, м<sup>2</sup>;

$v_n$  – скорость воздуха в живом сечении, м/с.

В таблице 7.10 приведены значения  $L_{MO}$  панелей при разных скоростях всасывания.

В альбоме типовых местных отсосов АПТМО [16] можно получить сведения не только о разных вариантах конструкций панелей, но и о разных способах их установки [22].

В настоящее время широко применяются специализированные сварочные столы с наклонной панелью и нижней решеткой. В нижней части стола имеется вентилятор. Объем отсасываемого воздуха 1800 м<sup>3</sup>/ч [22], [25]. Для сварки длинномерных изделий применяются панели с автоматическим перемещением вдоль стола

Если в задании на курсовое проектирование есть контактная или точечная сварка, то следует воспользоваться справочником [21] или пособием [25], где показаны конструкции местных отсосов от оборудования таких видов свар-

ки. При проектировании местных отсосов от мест различных видов сварки следует обязательно руководствоваться нормативными документами [13], [14], [23].

Таблица 7.10 Количество отсасываемого воздуха панелей при разных скоростях всасывания

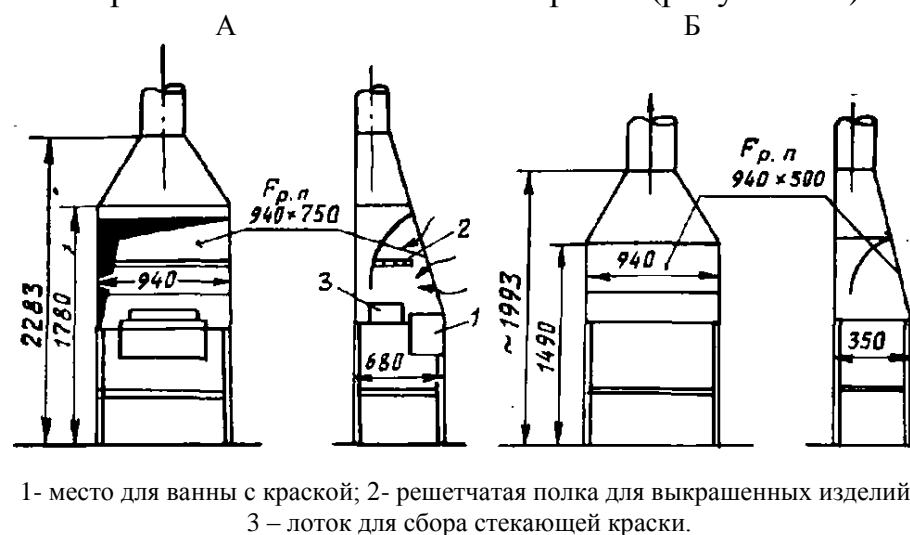
Местные отсосы	Размеры, мм	Расход отсасываемого воздуха, м <sup>3</sup> /ч	Скорость в живом сечении, м/сек
Односторонняя панель равномерно всасывания	600x645	1200	3,8
	750x645	1500	
	900x645	1800	
	900x845	2500	
Двусторонняя панель	600x645	3100	5
	750x645	4000	
	900x645	4700	
Местный отсос ЛИОТ с присосом и применением вакуумной установки	-	100-150	-

### 7.7 Местные отсосы при окрасочных работах

При окрашивании изделий выделяются пары растворителей частично при окраске, частично при транспортировке и при сушке. При пневматическом способе окраски выделяются в виде аэрозоля твердые частицы нелетучих составляющих лакокрасочного материала.

Оборудование малярных цехов оснащается встроенными отсосами, характеристику которых определяют по паспортным данным оборудования по альбомам технологических отсосов, по данным технологов.

Для окраски мелких изделий применяются типовые шкафы-камеры [16], конструкция которых зависит от способов окраски (рисунок 7.3).



1- место для ванны с краской; 2- решетчатая полка для выкрашенных изделий; 3 – лоток для сбора стекающей краски.

Рисунок 7.3 А. Шкаф-камера для кистевой окраски мелких изделий.  
Б. Шкаф-камера для ручного окунания мелких изделий.

Количество отсасываемого воздуха из одной и той же кабины различно при разных видах лакокрасочных материалов (ЛКМ), так как скорость всасывания  $\vartheta$  в проеме камеры должна быть разная в зависимости от токсичности компонентов выделяющихся паров растворителей таблица 7.11.

Таблица 7.11 Скорости всасывания в местных отсосах при окраске

Метод нанесения краски на изделие	Лакокрасочные материалы и способ окраски	Расчетная средняя скорость всасывания $\vartheta$ , м/с
<b>Ручной</b>		
Кистью, окунание	Содержащие ароматические углеводороды* (бензол**, толуол, ксилол, сольвент-нафта)	1.0
Кистью, окунание, облив	Не содержащие ароматические углеводороды	0.5
Пневматическое распыление	Содержащие диизоцианаты, эпоксидные, полиуретановые и акрилатные соединения	1.7
То же	Содержащие свинцовые соединения или ароматические углеводороды	1.3
«	Не содержащие ароматические углеводороды и свинцовые соединения	1.0
Безвоздушное распыление	Содержащие свинцовые соединения и ароматические углеводороды	0.7
То же	Не содержащие ароматические углеводороды и свинцовые соединения диизоцианатов	0.6
Электростатическое и электро-ручное распыление	Различные	0.4...0.5
<b>Автоматизированный</b>		
Окунание, облив, с помощью электростатической стационарной установки	Различные	0.4...0.5
Безвоздушное распыление	Содержащие свинцовые соединения	0.5
Электростатическое распыление	Не содержащие свинцовые соединения	0.4
*Обладают большой летучестью. **В настоящее время запрещен.		

При проектировании вентиляции окрасочных цехов и участков следует руководствоваться нормативными документами АЗ-202 [8].

Подробно вопросы вентиляции таких цехов изложены в книге Т.А. Фиалковской [29].

При выполнении курсовых проектов по вентиляции окрасочных участков можно получить справочный материал в учебных пособиях О.Д.Волкова [22] и в книге Грамитина М.И. и др. [25].

## 7.8 Местная вытяжная вентиляция литейных цехов

### 7.8.1 Общие сведения

Практически все оборудование литейных цехов снабжается местными отсосами для удаления газов, тепла и пыли. Тип местного отсоса и количество отсасываемого воздуха для конкретного оборудования можно определить по нормам АЗ-489 [8], альбомам ТРМ [17] и серии 4.904-34 вып.1, 2.

Рекомендуемые местные отсосы уже давно применяются при конвейерном литье, литье под давлением и в оболочковые формы. И конструкция, и расход воздуха оправданы практикой их применения. В основном для всех видов оборудования расход воздуха ( $L_{mo}$ ) при проектировании вентиляции принимается по нормам и рекомендациям, без расчета, за некоторым исключением.

Электродуговая плавильная печь для плавки стали. Разработано много вариантов местной вытяжки [25]. Нормами предлагается местная вытяжка через зонт, но целесообразнее предусмотреть более эффективную вытяжку непосредственно из печи с последующей газоочисткой удаляемой газовой воздушной смеси [25].

Вагранка для плавки чугуна – зонт над желобом (над леткой) вагранки. Размер зонта можно принять  $0,6 \times 1,1$  [22], а количество воздуха определяют по формуле 7.1 исходя из скорости во всасывающем сечении  $\vartheta_n \geq 1,5$  м/с.

Индукционные плавильные печи, раздаточные печи – зонт поворотный. Расчет ведется как для зонта над нагретой поверхностью. Скорость всасывания должна быть не меньше 1,0 м/с.

Печи отжига, нормализации, сушила для форм и стержней – зонты-козырьки над загрузочными и разгрузочными окнами.

### 7.8.2 Охлаждающие кожухи литейных конвейеров

Определение количества воздуха, удаляемого из охлаждающих кожухов литейных конвейеров и охлаждающих камер, производится на основании решения уравнения теплового баланса: количество тепла, уносимого удаляемым воздухом равно количеству тепла выделяемого от металла под кожухом за вычетом тепла поступающего в рабочую зону от нагретых поверхностей. При этом следует принимать температуру воздуха, поступающего в кожух, равной температуре рабочей зоны  $t_{pz}$ , а уходящего из кожуха или камеры  $t_y$  – не более чем на  $30^\circ\text{C}$  выше температуры рабочей зоны. Уравнение теплового баланса:

$$G_{mo} \cdot c \cdot (t_y - t_{pz}) \leq Q - Q_{pz} = q \cdot n - k \cdot f \left[ \frac{t_y + t_{pz}}{2} - t_{pz} \right] \quad (7.29)$$

где  $G_{mo}$  – количество воздуха удаляемого из охлаждающего кожуха или камеры, кг/ч;

$c$  – теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°C);

$Q$  – количество тепла, выделенного под кожухом от отливок и форм, равное  $q \cdot n$  кДж/ч;

$q$  – количество тепла, выделяемого под кожухом от одной тонны металла, кДж/ч;

$n$  – производительность литейных конвейеров, проходящих в охлаждающих кожухах (одного или двух конвейеров), т/ч;

$k$  – коэффициент теплопередачи через стенку охлаждающего кожуха. Кожух обычно делают из листовой стали ( $\delta = 4 \div 2$  мм). Коэффициент теплопередачи в данном случае можно принять равным 25 - 30 кДж/(ч·м<sup>2</sup>·°C);

$f$  – площадь поверхности охлаждающего кожуха, определяемая исходя из его размеров в плане и высоты 1,0 ÷ 2,0 м.

Величина  $Q_{p.з}$  учитывается в тепловом балансе помещения литейного цеха, как тепловыделения от нагретых поверхностей.

Нормами устанавливается скорость воздуха в открытых проёмах кожуха или охлаждающей камеры ( $v > 4,0$  м/с). Исходя из заданной скорости количество воздуха, отсасываемого из под кожуха ( $G_{mo}$ , кг/ч), определяется по формуле:

$$G_{mo}^1 = v \cdot F_{пр} \cdot \rho_{pз} \cdot 3600 \cdot 1,2, \quad (7.30)$$

где  $F_{пр}$  – площадь проёмов входов и выходов из кожуха или камеры.

Ширина проёмов определяется, исходя из размеров конвейеров или отливок и возможности прохода рабочего, а высота рабочих проёмов принимается равной высоте кожуха или камеры. Кроме входного и выходного проёмов, в кожухе могут быть и другие проёмы (например, для толкательных механизмов) и неплотности, площадь которых может составлять до 20% от суммарной площади проёмов.

Если получилось  $G_{mo}^1 > G_{mo}$ , то нужно для дальнейших расчетов принять  $G_{mo}^1$ , а из уравнения теплового баланса определить температуру уходящего воздуха. Температуру  $t_{yx}$  необходимо знать для подсчёта тепловыделения  $Q_{p.з}$  в цех из охлаждающего кожуха.

Согласно АЗ-489 [8] в охлаждающем кожухе литейного конвейера или участка остывания форм выделяет на 1 т чугуна – 60000 ккал, стали – 136000 ккал; в охлаждающем конвейере или участке остывания литья после выбивки чугуна – 80000 ккал, стали 60000 ккал.

Если после выбивки отливки остывают на цепных охлаждающих конвейерах, которые не заключены в кожух, то отсос воздуха осуществляется через боковую панель равномерного всасывания по длине конвейера. Расход воздуха ( $L_{mo}$ ) определяется из расчета 4000 м<sup>3</sup> на 1 погонный метр панели при скорости в живом сечении панели не менее 5м/с.

Конструкция местных отсосов от оборудования литейных цехов представлена в альбомах типовых местных отсосов, а также ТРМ [16]. Некоторые из них даны в Приложении В1 данного пособия.

## 7.9 Местные отсосы от пылящего оборудования

Если оборудование работает с выделением пыли, то оно оснащается местным (или технологическим) отсосом закрытого типа (укрытиями). Разные типы пылящего оборудования в цехах машиностроительных заводов представлены в альбом местных отсосов серии ОВ-02-148 выпуск 1, 2 [16], ТРМ [18] а их производительность по воздуху дана не только в альбомах, но и в нормах [13], [8].

К пылящему оборудованию относятся заточные, обдирочные, полировальные, шлифовальные и другие станки с сухими кругами, которые оснащаются кожухами с отсосом воздуха (рисунок 7.4) [22], [16].

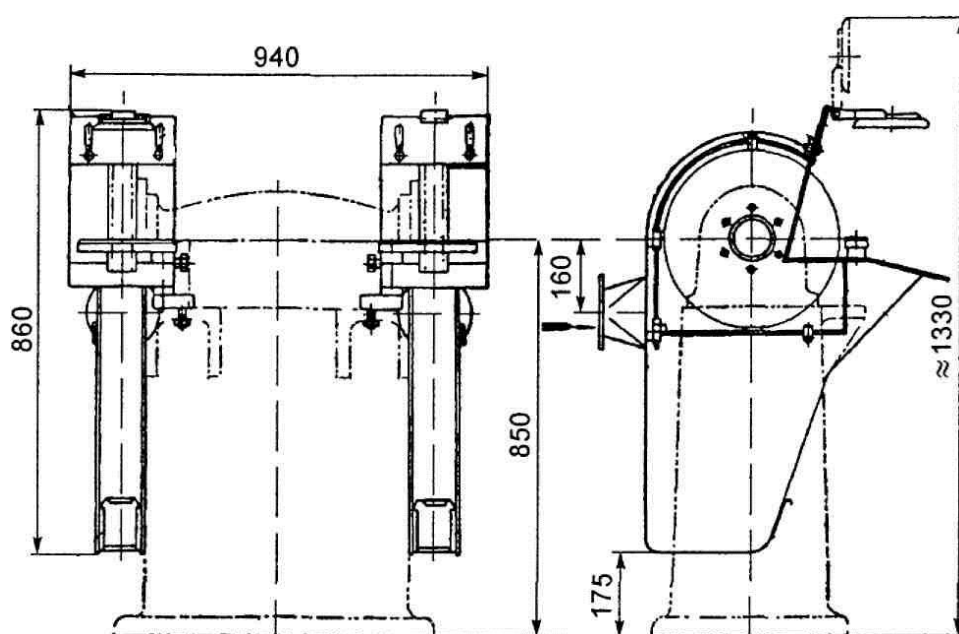


Рисунок 7.4 Кожухи обдирочно-шлифовального станка

Объем отсасываемого из кожуха воздуха ( $L_{\text{мо}}$ , м<sup>3</sup>/ч) определяется по формуле:

$$L_{\text{мо}} = 3600 \cdot F \cdot \vartheta, \quad \vartheta = 0,25 \vartheta_{\text{ос}}, \quad \vartheta_{\text{ос}} = \pi d_{\text{кр}} \cdot n / 60, \quad (7.31)$$

где  $\vartheta$  – скорость в воздухоприемном отверстии кожуха, м/с;

$F$  – площадь живого сечения воздухоприемного отверстия в кожухе;

$\vartheta_{\text{ос}}$  – максимальная окружная скорость вращения круга, м/с;

$d_{\text{кр}}$  – диаметр круга, мм;

$n$  – частота вращения круга, об/мин.

Ориентировочно количество отсасываемого воздуха можно принять в зависимости от  $d_{\text{кр}}$ :

для заточных и шлифовальных станков с абразивными кругами

$$\begin{aligned} L_{\text{мо}} &= 1,8 d_{\text{кр}} && \text{при } d_{\text{кр}} = 250-600 \text{ мм} \\ L_{\text{мо}} &= 1,6 d_{\text{кр}} && \text{при } d_{\text{кр}} > 600 \text{ мм} \end{aligned}$$

Для полировальных станков с войлочными кругами  $L_{\text{мо}} = 4 d_{\text{кр}}$ , с матерчатыми кругами  $L_{\text{мо}} = 6 d_{\text{кр}}$ .

Конструкции и характеристики местных отсосов некоторых видов технологического оборудования приведены в приложении В (рисунки В1.1, В1.4-В1.6, В2.4, В2.14).

## 7.10 Эффективность местных отсосов

Устройство местного отсоса у оборудования не исключает возможность поступление вредных выбросов в воздух помещения Коэффициент ( $\varphi_3$ ) местного отсоса, показывающий, какая доля выделяющихся вредностей удаляется с воздухом местной вытяжки, определяется прежде всего типом местного отсоса.

Наиболее эффективны отсосы закрытого типа (шкафы, укрытия, кожухи), коэффициент эффективности которых  $\varphi_3 = 0,95 \dots 1$  (в зависимости от степени герметизации оборудования).

При выполнении курсового проекта можно принять значения  $\varphi_3$  по паропыле- и газовыделениям (основываясь на данных справочников нормативов или рекомендации практиков) следующими:

- зонт-козырек, зонт комбинированный, зонт над оборудованием -  $\varphi_3 = 0,9 \dots 1$ ;
- панели равномерного всасывания -  $\varphi_3 = 0,7$ ;
- бортовые, кольцевые отсосы -  $\varphi_3 = 0,5 - 0,6$ .

Если при устройстве бортовых отсосов от баков или ванн последние закрываются крышками и бортовой отсос оказывается под крышкой, то эффективность такого бортового или кольцевого отсоса может увеличиваться  $\varphi_3 = 0,8 - 0,9$ .

При окраске изделий, когда последние перемещаются по конвейеру из кабин в сушила, коэффициент эффективности в зависимости от организации техпроцесса может быть  $\varphi_3 = 0,5 - 0,95$ .



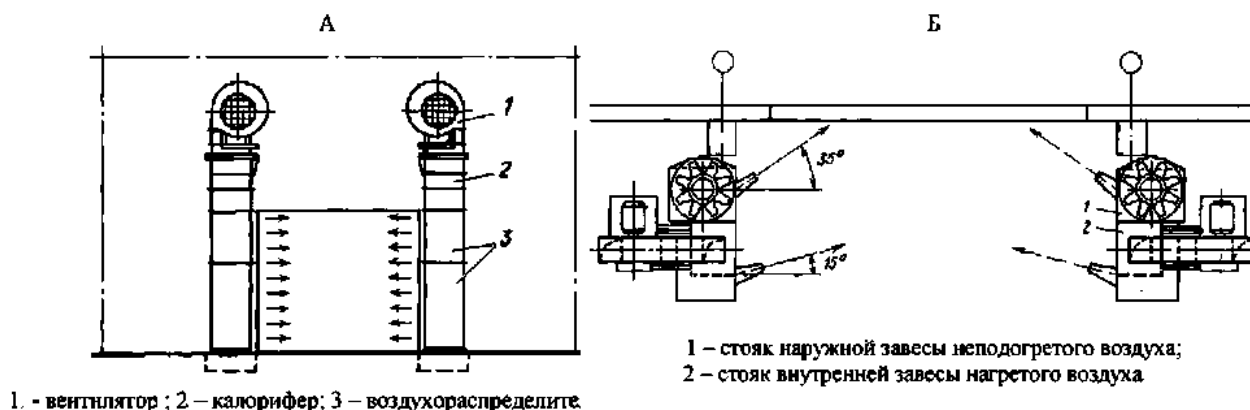
## 8 МЕСТНАЯ ПРИТОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

### 8.1 Воздушные завесы

При выполнении задания на данный курсовой проект студент встречается с решением вопросов проектирования воздушного душа и воздушных завес.

*Воздушные завесы* в наружных проемах применяются для предотвращения снижения температуры воздуха в рабочей зоне вблизи ворот, особенно там, где вблизи ворот находятся постоянные рабочие места. Не все проемы в наружных стенах должны оборудоваться установками воздушных завес. Поэтому студент, прежде всего, должен выяснить согласно п.7.7 СП60.13330.2012, где следует установить воздушные завесы. В проекте следует предусмотреть воздушную завесу (и изобразить на чертеже) хотя бы в одних воротах.

Основными элементами конструкции воздушных завес являются вентилятор, калорифер и воздуховод с продольной щелью для выпуска воздуха. Как правило, вентилятор завес забирает воздух из помещения, затем воздух подогревается в калорифере и подается через щель в воздуховоде. Воздушная завеса может работать с забором воздуха снаружи, тогда она выполняет еще задачи приточной вентиляции. На рисунке 8.1 показаны некоторые варианты конструкций воздушных завес.



А – двусторонняя шиберного типа    Б – комбинированного типа

Рисунок 8.1 Конструкции воздушных-тепловых завес

*Расчет воздушной завесы* сводится к определению

- количества воздуха, подаваемого завесой, кг/ч;
- температуры этого воздуха, °С;
- размеров воздушных каналов и щели в них;
- количества тепла, необходимого для подачи в калорифер воздушной завесы,  $Q_3$ , кДж/ч;

В курсовом проекте не обязательно производить подбор вентилятора и калорифера установки воздушной завесы, если не указано в задании. Расчет же следует выполнять лишь в случаях, когда указано в задании руководителя.

Работа воздушной завесы влияет как на тепловой, так и на воздушный баланс помещения. В тепловом балансе работу воздушной завесы (в курсовом

проекте) допускается не учитывать, при условии, что предусмотрено отключение вентилятора через некоторое время после закрывания ворот, чтобы воздушная завеса могла компенсировать расход тепла на нагрев воздуха, проникающего в помещение при открытых проемах.

Расчет воздушных завес приведен в справочнике проектировщика [21], и специальной литературе [22], в книге Волкова О.Д. [22] дан пример расчета завесы.

## 8.2 Воздушный душ

*Воздушный душ* - наиболее распространенный вид *местной приточной вентиляции* особенно там, где работающий имеет дело с раскаленным металлом или газами высокой температуры. Воздушный душ (В.Д.) – воздушную струю определенных параметров, направленную на конкретного рабочего – предусматривают согласно санитарным нормам там, где интенсивность теплового облучения превышает  $350 \text{ Вт/м}^2$  ( $300 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$ ). Иногда (довольно редко) воздушный душ предусматривают для обеспечения нужного состава воздуха в зоне вдыхания в местах значительных газовыделений при покраске или сварке.

Воздушный душ является местным притоком, предназначенным для создания определенных параметров воздуха на отдельных местах, вместе с тем он участвует как в ассимиляции теплоизбытков помещения, так и в разбавлении загрязняющих веществ, поступающих в помещение. Поэтому потребный воздухообмен в целом и производительность общеобменного притока зависит не только от производительности местных отсосов, но и от местного притока.

Поэтому при подготовке исходных данных к расчету воздухообмена в целом, прежде всего надо выяснить не только общее количество воздуха удаляемого местными отсосами, но и определить суммарное количество приточного воздуха, подаваемого душирующими патрубками.

Методики расчета воздушного душирования, изложенные в справочно-методической литературе, несколько отличаются друг от друга [20, 21, 22, 27, 32]. Студент имеет право воспользоваться любой из них.

Ниже приводится порядок расчета воздушного душирования у термического, кузнечного и литейного оборудования по методике, приведенной в учебнике [27].

Расчет душирующей установки сводится к определению:

- площади сечения душирующего патрубка ( $F_0$ ),  $\text{м}^2$ ;
- скорости воздуха на выходе из патрубка ( $\vartheta_0$ ),  $\text{м/с}$ ;
- температуры воздуха на выходе из патрубка ( $t_0$ ),  $^{\circ}\text{C}$ ;
- количества воздуха, подаваемого патрубком ( $L_0$ ),  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;
- суммарное количество воздуха, подаваемого всеми душирующими патрубками, предусмотренными проектом  $\Sigma L_0$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

1. Сначала следует выяснить, где в соответствии с нормами АЗ-489, АЗ-194, АЗ-191 и др.[10], [11], [12] интенсивность облучения превышает  $350 \text{ Вт/м}^2$  и какая категория тяжести работы на этих местах. Это позволяет определить,

где следует предусмотреть подачу воздушной струи душирующего насадка на рабочее место (см. Приложение Б таблица Б1.2 [37]).

В пояснительной записке следует привести перечень оборудования с указанием интенсивности облучения и категории тяжести работы, для рабочих мест у этого оборудования и обосновать для условий какого рабочего места производится расчет воздушной струи.

Если рабочие места подвергаются различной интенсивности облучения, то за расчетную принимают одну из них. Наиболее целесообразно расчет произвести для тех рабочих мест, которых больше в этом цехе.

2. В зависимости от категории работы и интенсивности облучения выбираются параметры воздуха для двух периодов года, которые следует обеспечить на рабочем месте ( $\vartheta_p$ ,  $t_p$ ) в соответствии с Приложением Г1 СП [4].

В таблице 8.1 приведены значения нормируемых параметров воздушной струи на рабочем месте по Приложению Г1 СП 60.13330.2012.

Таблица 8.1 Нормируемые параметры и скорости движения воздуха при воздушном душировании

Категория работы	Температура воздуха вне струи, °С	Средняя на 1 м <sup>2</sup> скорость воздуха в душирующей струе на рабочем месте, м/с	Температура смеси воздуха в душирующей струе, °С, на рабочем месте при поверхностной плотности лучистого теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>				
			140-350	700	1400	2100	2800
Легкая – Iа, Iб	Принимать по графам 3-5 приложения В (СП 60.13330.2012)	1	28	24	21	16	-
		2	-	28	26	24	20
		3	-	-	28	26	24
		3,5	-	-	-	27	25
Средней тяжести– IIа, IIб		1	27	22	-	-	-
		2	28	24	21	16	-
		3	-	27	24	21	18
		3.5	-	28	25	22	19
Тяжелая–III		2	25	19	16	-	-
		3	26	22	20	18	17
		3,5	-	23	22	20	19

**Примечания**

1. При температуре воздуха вне струи, отличающейся от указанной в таблице, температуру смеси воздуха в душирующей струе на рабочем месте следует повышать или понижать на 0,4 °С на каждый градус разности значения, приведенного в таблице, но принимать не ниже 16 °С.

2. Поверхностную плотность лучистого теплового потока принимать равной средней за время облучения.

3. При длительности воздействия лучистого теплового потока менее 15 или более 30 мин непрерывной работы температуру смеси воздуха в душирующей струе допускается принимать соответственно на 2 °С выше или ниже значений, приведенных в таблице.

4. Для промежуточных значений поверхностной плотности лучистого теплового потока температуру смеси воздуха в душирующей струе следует определять интерполяцией.

3. Так как душирующий патрубок находится на некотором расстоянии от рабочего места ( $x=1-2$ м) параметры на выходе из патрубка не равны требуемым

параметрам на рабочем месте вследствие перемешивания приточной струи с окружающим воздухом.

В теплый период года температура на выходе из патрубка ниже температуры наружного воздуха. Поэтому наружный воздух, подаваемый к душирующим патрубкам, должен быть охлажден. Так как *адиабатическое* охлаждение рециркуляционной водой в форсуночной камере (без применения источников холода - артезианской скважины или холодильной установки) является самым дешевым способом снижения температуры воздуха, рационально начать расчет с проверки возможности получения нужных параметров воздуха для душирования путем обработки наружного воздуха в форсуночной камере адиабатически.

Для этого на *I-d* диаграмме отмечается точка (Н), соответствующая параметрам наружного воздуха в теплый период по параметрам А [4], и через нее проводится линия  $I_H = \text{const}$  до  $\phi = 95\%$  (точка О). Линия НО изображает адиабатический процесс в форсуночной камере, а  $t_{\text{охл}}$  – температура воздуха после оросительной камеры, рисунок 8.2.

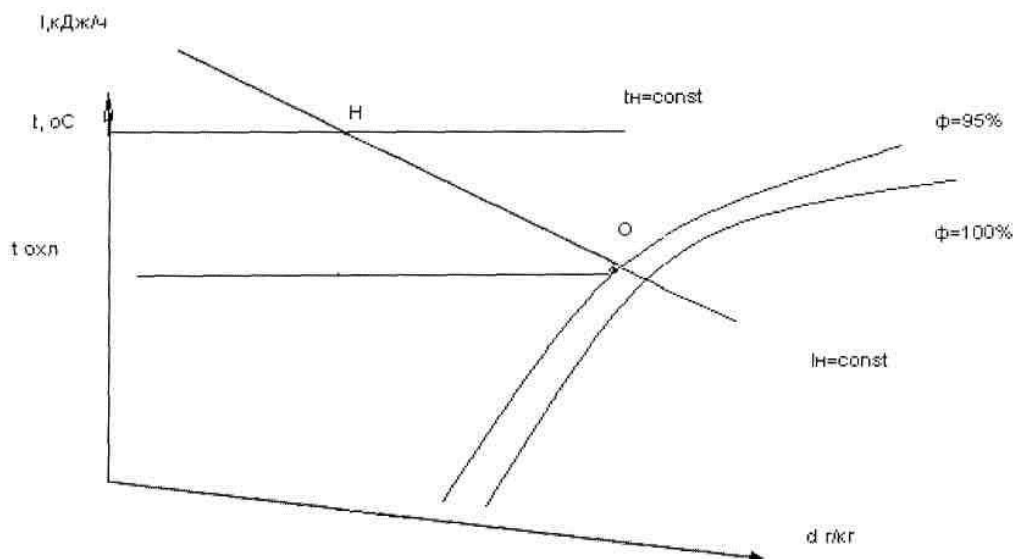


Рисунок 8.2 Адиабатический процесс в форсуночной камере

Определяем отношение разности температур  $P_T$  по формуле:

$$P_T = \frac{t_{p3} - t_p}{t_{p3} - t_0}; \quad (8.1)$$

$$t_0 = t_{\text{охл}} + \Delta t, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (8.2)$$

где  $t_{p3}$  - температура в рабочей зоне цеха,  $^\circ\text{C}$ ,

$t_0$  - температура воздуха на выходе из насадки,  $^\circ\text{C}$ ,

$\Delta t$  – нагрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах между оросительной камерой и душирующим патрубком – принимается не менее  $1.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

При  $P_T < 1$  применение адиабатического охлаждения воздуха возможно, а при  $P_T \geq 1$  следует применять искусственное охлаждение.

При  $P_T \approx 1$  ( $P_T \geq 0.9$ ) применение адиабатического процесса возможно, но в этом случае требуются большие по сечению и габаритам патрубки и большое

количество воздуха, подаваемого ими. Поэтому требуется прибегать к искусственному охлаждению, как и при  $P_T > 1$ .

4. Выбирается тип воздухораспределителя для подачи душирующего воздуха. В таблице 8.2 представлены типы патрубков и их характеристики. При выборе патрубка следует иметь в виду, что патрубки ПД<sub>в</sub> требуют подвода воздуха сверху и должны быть размещены (закреплены) на колоннах, на стенах или иначе на высоте примерно 2.5-3м. Патрубки ПД<sub>н</sub> – устанавливаются на подпольных каналах, так как для них требуется подвод воздуха снизу. Патрубок ППД может иметь подвод и сверху и снизу. Конструкция ВГК позволяет подводить к нему воздух сверху, снизу и горизонтально (конструкции душирующих патрубков приведены в [37]). По типу воздухораспределителя выбираются значения коэффициентов  $m$  и  $n$ .

Таблица 8.2 Характеристика душирующих патрубков

Воздухорас- пределитель	Марка	Размеры, мм					Масса, кг	Расчетная площадь, $F_{\text{пр}}, \text{м}^2$	Коэффициенты			
		$d_o$ (b x l)	$b_o$	$l_o$	$L$	$H$			$m$	$n$	$\zeta$	$\alpha, ^\circ$
Универсальный душирующий воздухораспреде- литель типа УДВ серия 5904-31	УДВ-1	450	400	400	625	770	39,2	0,17	6	4,9	2,1	
					725		49,2					
	УДВ-2	630	600	600	860	1040	67	0,38				
					1040		80,1					
	УДВ-3	900	800	800	1185	1310	109	0,68				
					1340		129,7					
Патрубок поворотный душирующий типа ППД	ППД-5	500	320	320	1010	1260	61	0,1	6,3	4,5	4	
	ППД-6	630	400	400	1260	1540	88	0,16				
	ППД-8	800	510	510	1590	1900	125	0,26				
Патрубок душирующий с увлажнением воздуха типа ПД <sub>в</sub> и ПД <sub>н</sub>	ПД <sub>в</sub> -3	315	330	440	-	760	10,7	0,14	5,3	4,5	1,6	$\alpha=30^\circ$
	ПД <sub>в</sub> -4	400	440	560	-	960	30	0,23	5,1	3,4	1,0	$\alpha=45^\circ$
	ПД <sub>в</sub> -5	500	550	700	-	1200	42,7	0,36	4,5	3,1	0,8	$\alpha=60^\circ$
	ПД <sub>н</sub> -3	315	330	440	553	895	24,3	0,14	4,5	3,1	3,2	$\alpha=30^\circ$
	ПД <sub>н</sub> -4	400	440	560	689	1220	35,1	0,23	4,5	3,1	3,2	$\alpha=45^\circ$
	ПД <sub>н</sub> -5	500	550	700	831	1450	52,1	0,36	4,0	2,8	2,8	$\alpha=60^\circ$
ВГК серия 4904-68 верхний подвод воздуха	ВГК <sub>в</sub> -1	900			680	580	58		6,2	5,1	1,9	
	ВГК <sub>в</sub> -1	900			1200	1055	115,8					
	ВГК <sub>в</sub> -1	1100			1200	1055	185					
	ВГК <sub>в</sub> -1	1100			2225	1970	397,5					
ВГК серия 4904-68 нижний подвод воздуха	ВГК <sub>н</sub> -1	900			765	565	80	0,32	6,2	5,1	1,9	
	ВГК <sub>н</sub> -2	900			1335	1035	121	0,64				
	ВГК <sub>н</sub> -3	1700			1335	1035	191	1,218				
	ВГК <sub>н</sub> -4	1700			2411	1970	413	2,96				
<b>Примечания.</b> 1. Для душирующих патрубков типа ПД <sub>в</sub> -3+ПД <sub>в</sub> -5 коэффициенты $m$ , $n$ , $\zeta$ приведены: первое число – при подаче под углом 30°, второе – под углом 45°, третье – под углом 60° вниз. 2. Для душирующих патрубков типа ПД <sub>н</sub> -3+ПД <sub>н</sub> -5 коэффициенты $m$ , $n$ , $\zeta$ приведены: первое число – при горизонтальной подаче, второе – под углом 20° вверх, третье – под углом 20° вниз. 3. Во всех воздухораспределителях типа ПД <sub>в</sub> и ПД <sub>н</sub> (не зависимо от типоразмера 3, 4 или 5) жалюзи могут иметь угол установки 30°, 45° и 60°.												

5. Определяется требуемая площадь сечения душирующего патрубка ( $F_0$ ) по формулам, приведенным в таблице 8.3 (в зависимости от значения  $P_T$ ).

Если выбранный тип душирующего насадка такого сечения иметь не может (таблица 8.2), задаются другим типом патрубка. Можно также принять другое значение  $t_p$  в заданном интервале нормативных значений и получить новое значение  $P_T$ .

Фактическое сечение патрубка должно быть примерно равным расчетному. На практике допускается чуть заниженная величина. Завышенная величина  $F_0$  приводит к перерасходу воздуха на душирование и удорожает систему вентиляции.

6. Определяется скорость воздуха на выходе из патрубка  $\vartheta_0$ . Расчетная формула выбирается по таблице 8.3 в зависимости от значения  $P_T$ . В формулы подставляем фактическое значение  $F_0$ .

Таблица 8.3 Расчетные формулы

$P_T$	Способ охлаждения	$F_0, \text{м}^2$	$\vartheta_0, \text{м/с}$
При $P_T < 0,6$	адиабат.	$F_0 = \left( \frac{P_T x}{0,6n} \right)^2$	$\vartheta_0 = \frac{\vartheta_p x}{0,7m\sqrt{F_0}}$
При $P_T = 0,6-0,9$	адиабат.	$F_0 = \left( \frac{X + 5,3P_T - 3,2}{0,75n} \right)^2$	$\vartheta_0 = \frac{\vartheta_p}{0,7 + 0,1(0,8m\sqrt{F_0} - X)}$
При $P_T \geq 0,9$	искусств.	$F_0 = \left( \frac{X}{0,8m} \right)^2$	при $x/F_0 \leq m$ $\vartheta_0 = \vartheta_p/0,7$ при $x/F_0 > m$ $\vartheta_0 = \frac{\vartheta_p x}{0,7m\sqrt{F_0}}$

7. По известному сечению  $F_0$  воздухораспределителя и скорости  $\vartheta_0$  на выходе из него определяют расход воздуха одним патрубком.

$$L_0 = 3600 \cdot F_0 \cdot \vartheta_0, \text{ м}^3/\text{ч}$$

8. Исходя из экономических соображений на всех рабочих местах (с разной интенсивностью облучения) устанавливаются одни и те же патрубки (возможны разные расстояния  $X$ ). По известному числу  $n$  рабочих мест, где нужно применить воздушное душирование, определяется общее количество воздуха для душирования:

$$L_d = L_0 \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad G_d = L_d \cdot \rho_0, \text{ кг/ч}$$

Так как насадки душирующие в течение года не меняются, поэтому  $F_0 = \text{const}$ . Скорость воздуха на выходе из патрубка  $v_0$  в тп и хп могут отличаться, а значит и разным будет расход воздуха. Однако целесообразно расход воздуха принять постоянным.

$$L_d^{\text{тп}} = L_d^{\text{хп}}, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

9. Температура воздуха на выходе из насадка в тп и хп как правило разные. В тп – работает оросительная камера для охлаждения наружного воздуха, в хп – калорифер для его подогрева.

При охлаждении с применением источников искусственного холода температура на выходе из патрубка и для теплого и для холодного периода года определяется по формуле:

$$t_o = t_{pz} - \frac{(t_{pz} - t_p) \cdot X}{0,6n\sqrt{F_o}}. \quad (8.3)$$

При адиабатическом охлаждении воздуха в теплый период  $t_o$  определяется из условия

$$P_t^{тп} = P_t^{хп}. \quad (8.4)$$

Результаты расчетов сводят в таблицу 4.1 Приложение 4 «Исходные данные для расчета воздухообмена».

## 9 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

### 9.1 Выбор схем организации воздухообмена

Общее количество приточного и удаляемого воздуха должно быть таким, чтобы его было достаточно для ассимиляции тепло-и влагоизбытков, а вредные, загрязняющие воздух вещества разбавлялись до допустимых концентраций. Такова задача воздухообмена.

Во многом значение этой задачи зависит от того как организовать воздухообмен, т.е. какая схема его организации выбрана.

Чисто общеобменная вентиляция применяется в производственных помещениях редко, но еще реже в цехах предусматривается только местная вытяжка (такое может быть только в небольших помещениях отдельных цехов). Чаще всего в цехах применяется комбинированная схема вентиляции, *то есть наряду с общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией имеется местная вытяжка* (предназначенная для удаления вредностей непосредственно у мест их выделения) или еще более сложная схема, при которой наряду с общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией имеются и *местная вытяжка*, и *местный приток* (предназначенный для создания определенных условий не во всей рабочей зоне, а лишь на отдельных и рабочих местах).

Нельзя сказать, что местный приток и местная вытяжка, предназначенные для создания определенных условий на определенных рабочих местах, не выполняют и выше перечисленные задачи. Так воздух, поступающий вместо удаленного *местным отсосом*, перемещается от места притока до места отсоса по пути ассимилируя тепло, и разбавляет газы. *Местный приток*, создав нужные условия на конкретном месте, далее перемещается по помещению, воспринимая вредности.

Но чаще всего местного притока и местной вытяжки не достаточно для борьбы с производственными вредностями и необходим *общеобменный приток и общеобменная вытяжка*.

Способ удаления загрязненного воздуха из помещений должен быть принят с учетом естественного направления потоков т.е. воздух с температурой выше  $t_{рз}$  или загрязненный газами, имеющими плотность меньше плотности воздуха, должен удаляться из верхней зоны помещения. Если в воздух поступают газы более тяжелые, чем воздух следует вытяжку делать из нижней зоны.

**Общеобменная вытяжка** может осуществляться:

*Из верхней зоны:*

- *естественная* - через аэрационные фонари, дефлекторы или вытяжные шахты;
- *механическая* - крышными вентиляторами или системой (как правило горизонтальных с боковыми окнами или щелью) воздуховодов, размещенных в верхней зоне помещения под фермами, в межферменном пространстве или ниже на высоте 5-6 м от пола.



*Из нижней зоны:*

- из прямков или на высоте 0,3м от пола горизонтальными воздухо-водами с боковыми отверстиями.

**Общеобменный приток** может быть:

- *естественный* приток через открытые проемы (аэрация) или приток через проемы под действием вытяжных вентиляторов;

- *сосредоточенная подача в верхнюю зону* на высоте выше 4м (как правило 1 -3 патрубками большой производительности, в частности патрубками ВГК);

- *сосредоточенная в рабочую зону* на высоте 1,5-2,5м, различными патрубками большой производительности и малым числом их [19], в частности довольно хорошо отвечают этому виду общеобменного притока патрубки типа ВПЭП; ВЭП<sub>ш</sub>;

- *рассредоточенная подача в рабочую зону*, в этом случае используется много патрубков равномерно размещенных в помещении, при этом патрубки средней или малой производительности. Если в помещении цеха имеются рабочие места вблизи окон, то следует патрубки для общеобменного притока в рабочую зону размещать в простенках между окнами;

- *рассеянная подача воздуха в верхнюю зону* через патрубки равномерной раздачи ВПК (перфорированные), размещенные в межферменном пространстве, или подвешены под фермами. Этот вид общеобменного притока применяют в цехах со значительными выделениями пыли и незначительных выделениях тепла (в очистных отделениях литейных цехов), а также в гальванических и травильных цехах.

Первые четыре типа притока могут применяться в цехах со значительными выделениями тепла. Причем санитарно-гигиенические характеристики возрастают от первого типа к четвертому, а экономические – наоборот снижаются. Поэтому если нормами СН – 118 [7] рекомендуется аэрация, то сосредоточенную подачу в верхнюю или рабочую зону (а тем более рассредоточенную в рабочую зону) можно применять.

Выбранная схема организации воздухообмена должна соответствовать требованиям п. 7.5 СП 60.13330.2012 и в частности пунктам 7.5.9 и 7.5.10;

- приточный воздух следует направлять так, чтобы воздух не поступал через зоны с большим загрязнением в зоны с меньшим загрязнением и не нарушал работы местных отсосов. Приточный воздух следует подавать на постоянные рабочие места, если они находятся вблизи источников вредных выделений, у которых невозможно устройство местных отсосов.

- удаление воздуха из помещений системами вентиляции следует предусматривать из зон, в которых воздух наиболее загрязнен или имеет наиболее высокую температуру или энтальпию. При выделении пыли и аэрозолей в помещениях без тепловыделений удаление воздуха системами общеобменной вентиляции следует предусматривать из нижней зоны.

Возможность применения экономически целесообразного варианта притока, должна быть обоснована расчетом приточных струй: расчетом аэрации, выбором воздухораспределителей.

## 9.2 Рекомендуемые схемы организации воздухообмена

Очень важно также знать рекомендуемую схему организацию воздухообмена, проверенную практикой эксплуатации вентиляции.

Ориентировочную схему организации воздухообмена можно принять по указаниям норм проектирования вентиляции данного производства [8]-[17]. В курсовом проекте ориентировочную схему можно принять по указаниям по строительному проектированию СН 118-68 [7] или документу заменяющему их.

В СН 118-68 указано, требуется ли предусматривать местный приток и местную вытяжку в данном цехе и какой вид общеобменного притока и общеобменной вытяжки экономически предпочтительно применить в данном цехе (при этом не нарушая санитарных норм).

Рекомендуемые схемы вентиляции, способы подачи воздуха для цехов машиностроительного производства по СН-118-68 [7] даны в табл. 2.1.

Для эффективной работы вентиляции в производственных помещениях кроме схемы организации воздухообмена следует сделать правильный выбор количества удаляемого и приточного воздуха (и температуру притока).

В цехах машиностроительного производства применяется **комбинированная** схема организации притока и вытяжки, при которой расчет производительности *местной* и *общеобменной* вентиляции производится отдельно.

Для того, чтобы приступить к расчету воздухообмена и в частности производительности общеобменной вентиляции следует подготовить исходные данные к этому расчету:

- выбрать расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха;
- определить избытки тепла;
- определить выделения газов, паров, пыли, а так же влагоизбытки;
- произвести расчет производительности местной приточной ( $\Sigma L_{\partial}$ ) и местной вытяжной ( $\Sigma L_{\text{мо}}$ ) вентиляции;
- выбрать ориентировочную схему организации воздухообмена.

## 9.3 Факторы, определяющие воздухообмен производственных помещений

Расход приточного воздуха [согласно п.7.4.1 Приложение И1 СП60.13330.2012] определяется расчетом с учетом требований;

- санитарно-гигиенических норм;
- норм взрывопожарной безопасности;
- условий исключающих образование конденсата

Требуемый воздухообмен должен быть определен [согласно Приложению И2 СП60.13330.2012] отдельно для теплого, холодного и переходного периода года. В курсовом проекте допускается выполнять расчет только для теплого и холодного периода года.

Выбор воздухообмена цеха следует определять отдельно по каждому из следующих факторов:

а) по разбавлению до допустимых концентраций вредных или взрывоопасных веществ (“по газам”);

б) по избыткам явной теплоты, с целью обеспечения требуемой постоянной температуры воздуха в рабочей зоне  $t_{рз}$  (“по теплу”);

в) по избыткам влаги, с целью обеспечения допустимых значений относительной влажности (“по влаге”) и предупреждения образования конденсата на внутренней поверхности наружных ограждений;

г) по компенсации местных отсосов и минимальной общеобменной вытяжки из верхней зоны для предотвращения скопления вредностей в ней (если вредные вещества легче воздуха или в цехе значительные избытки явной теплоты) или из нижней зоны (если вредные вещества тяжелее воздуха) (“по местным отсосам”)

д) по нормативной кратности воздухообмена, по нормируемому удельному расходу приточного воздуха на  $1 \text{ м}^2$  площади пола (“по нормативной кратности”);

е) по нормативному удельному расходу наружного приточного воздуха на 1 работающего (“по нормам”);

Рассчитав **расход приточного воздуха** по каждому фактору, следует данные значения занести в таблицу А11 Приложения А, проанализировать их и принять за **расчетные** наибольшее из полученных величин.

Обосновывая в пояснительной записке курсового проекта выбор воздухообмена, следует обязательно указать, какая конкретно величина принималась или учитывалась и почему, а не излагать общие принципы расчета воздухообмена.

#### 9.4 Расчет воздухообмена по “газам”

Расход приточного воздуха для разбавления, прорвавшихся в воздух помещения загрязняющих или взрывоопасных веществ (газов, паров, аэрозолей, пыли) до допустимых по санитарно-гигиеническим требованиям и взрывопожаробезопасности концентраций может быть определен по следующим формулам:

$$G_{пр} = \frac{M \cdot 1000}{c_{yx} - c_{пр}} \cdot \rho_n \quad \text{или} \quad G_{пр} = \frac{M \cdot 1000}{c_{доп} - c_{пр}} \cdot \rho_n, \quad (9.1)$$

$$G_{пр} = \frac{M \cdot 1000}{ПДК - c_n} \cdot \rho_n \quad \text{или} \quad G_{пр} = \frac{M \cdot 1000}{0,7ПДК} \cdot \rho_n^*, \quad (9.2)$$

где  $G_{пр}$  - суммарный приток воздуха, кг/ч;

$M$  - количество загрязняющего вещества, г/ч;

$c_{yx}$ ,  $c_{пр}$ ,  $c_n$  - концентрация вредного вещества соответственно в удаляемом и приточном наружном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

$ПДК$ ,  $c_{доп}$  - допустимая концентрация вредного вещества в рабочей зоне и вне ее, мг/м<sup>3</sup> (Приложение Ж);

$\rho_n$  - плотность наружного воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Так как температура наружного воздуха в теплый и холодный период года разная, значения  $G_{\text{пр}}$  для теплого и холодного периодов тоже будут разными.

Приточным, как правило, является воздух наружный, поэтому  $c_{\text{пр}} = c_{\text{н}}$ . Однако, согласно норм [4] место забора наружного воздуха для притока должно быть выбрано так, чтобы концентрация вредных веществ в нем не превышала 30% от концентрации допустимой в рабочей зоне, т.е.  $c_{\text{пр}} = c_{\text{н}} \leq 0,3 \text{ ПДК}_{\text{рз}}$ .

Если воздух удаляется из рабочей зоны, то концентрация газов в нем не должна превышать ПДК, т.е.  $c_{\text{yx}} \leq \text{ПДК}_{\text{рз}}$ .

Если воздух удаляется из зоны за пределами рабочей, то концентрация вредных веществ принимается допустимой для этой зоны, т.е.  $c_{\text{yx}} = c_{\text{доп}}$ .

В случае если удаляемый воздух забирается из разных зон (например: из рабочей зоны местными отсосами и из зоны вне рабочей), то общее количество приточного воздуха определяется по формуле

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{мо}} + \frac{M \cdot 1000 - L_{\text{мо}} (\text{ПДК} - c_{\text{н}})}{c_{\text{yx}} - c_{\text{н}}} \cdot \rho_{\text{пр}}, \quad (9.3)$$

где  $G_{\text{мо}}, L_{\text{мо}}$  - расход воздуха удаляемого из рабочей зоны местными отсосами, кг/ч и м<sup>3</sup>/ч.

В курсовом проекте допускается принимать, что весь воздух удаляется с одинаковой, равной допустимой для рабочей зоны концентрацией и выполнять расчет по формуле (9.2) отмеченной \*.

Если *одновременно* в воздух помещения поступают разные газы, то потребный воздухообмен, определяется *по каждому отдельно*, а наибольшее его значение принимается как расчетное по борьбе с газовойдыделениями. Если какие-то газы обладают однонаправленным действием на человека (суммацией действия), то за расчетный воздухообмена по борьбе с газовойдыделениями принимается суммарное значение воздухообмена по этим газам.

Производительность общеобменной вентиляции (и  $G_{\text{выт}}^{\text{об}}$ ) определяется с учетом производительности местной вытяжки ( $G_{\text{мо}}$ ) и местного притока ( $G_{\text{д}}$ )

$$G_{\text{пр}}^{\text{об}} = G_{\text{пр}} - G_{\text{д}}, \quad G_{\text{выт}}^{\text{об}} = G_{\text{пр}} - G_{\text{мо}}. \quad (9.4)$$

Результаты расчета общего количества приточного воздуха, потребного “по газам”, заносятся в таблицу 6.1 Приложения 6.

## 9.5 Расчет воздухообмена по “влаге”

Воздухообмен по борьбе с избытками влаги рассчитывается по формулам аналогичным тем, по которым рассчитывается воздухообмен “по газам”:

$$G_{\text{пр}} = \frac{W}{d_{\text{yx}} - d_{\text{пр}}} = \frac{W}{d_{\text{yx}} - d_{\text{пр}}} \quad \text{или} \quad G_{\text{пр}} = G_{\text{мо}} + \frac{W - G_{\text{мо}}(d_{\text{рз}} - d_{\text{пр}})}{(d_{\text{yx}} - d_{\text{пр}})} \quad (9.5)$$

где  $W$  - влагоизбытки в помещении, г/ч;

$d_{\text{пр}}, d_{\text{рз}}, d_{\text{yx}}$  - влагосодержание воздуха соответственно приточного, воздуха рабочей зоны, воздуха вне рабочей зоны, г/кг, в месте организации общеобменной вытяжки.

Влагосодержание  $d_{\text{рз}}$  и  $d_{\text{yx}}$  определяются по  $I-d$ -диаграмме по принятым значениям  $t_{\text{рз}}, \phi_{\text{рз}}$  и  $t_{\text{yx}}, \phi_{\text{yx}}$ , а  $d_{\text{пр}} = d_{\text{н}}$  по  $I_{\text{н}}$  и  $t_{\text{н}}$ .

Расход общеобменной вытяжки равен:

$$G_{\text{выт}}^{\text{об}} = G_{\text{пр}} - G_{\text{мо}}. \quad (9.6)$$

Если в помещении кроме местной вытяжки имеется и местный приток ( $G_{\text{д}}, d_{\text{д}}$ ), то расход общеобменного притока и общеобменной вытяжки, определяется решением системы уравнений:

уравнение воздушного баланса:

$$G_{\text{мо}} + G_{\text{выт}}^{\text{об}} = G_{\text{д}} + G_{\text{пр}}^{\text{об}} \quad (9.7)$$

уравнение массового баланса:

$$G_{\text{мо}} d_{\text{рз}} + G_{\text{вз}} d_{\text{ух}} = G_{\text{д}} d_{\text{д}} + G_{\text{пр}}^{\text{об}} d_{\text{пр}} + W. \quad (9.8)$$

Неизвестными в уравнениях являются  $G_{\text{пр}}^{\text{об}}$  и  $G_{\text{выт}}^{\text{об}}$ , причем для теплого и холодного периода эти величины могут быть разными. Общеобменная вытяжка при борьбе с  $W$  осуществляется из верхней зоны ( $G_{\text{выт}}^{\text{об}} = G_{\text{вз}}$ ).

Результаты расчета суммарного расхода приточного воздуха “по влаге” заносятся в таблицу 6.1 Приложения 6.

## 9.6 Расчет воздухообмена по “местным отсосам”

При наличии в помещении местных отсосов приток воздуха нужен, прежде всего, для компенсации воздуха удаляемого местной вытяжкой от технологического оборудования (и технологическими отсосами). Однако, кроме местной вытяжки следует согласно СП [4] п. 7.5.10 удалять из верхней зоны в объеме не менее однократного обмена в 1 ч, а в помещениях высотой более 6 метров не менее 6 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> помещения.

$$G_{\text{выт}}^{\text{об}} = G_{\text{вз min}} = L_{\text{вз min}} \cdot \rho_{\text{ух}}, \quad (9.9)$$

$$L_{\text{вз min}} \geq V \text{ или } L_{\text{вз min}} \geq 6F, \quad (9.10)$$

где  $G_{\text{вз min}}$  - массовый минимальный расход воздуха удаляемого из верхней зоны, кг/ч;

$L_{\text{вз min}}$  - минимальная общеобменная вытяжка из верхней зоны, м<sup>3</sup>/ч

$V$  - объем помещения, м<sup>3</sup>;

$F$  - площадь пола, м<sup>2</sup>;

$\rho_{\text{ух}}$  - плотность воздуха в верхней зоне помещения, кг/м<sup>3</sup>;

Тогда воздухообмен (суммарный расход приточного воздуха) «по местным отсосам» равен

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{мо}} + G_{\text{вз min}}; \quad (9.11)$$

а расход общеобменного притока:

$$G_{\text{пр}}^{\text{об}} = G_{\text{пр}} - G_{\text{д}}, \text{ кг/ч.} \quad (9.12)$$

Расчет воздухообмена «по местным отсосам» следует выполнять для теплого и холодного периодов года.

Результаты расчета потребного воздухообмена “по местным отсосам”, заносятся в таблицу 6.1 Приложения 6.

Расход приточного воздуха необходимого для ассимиляции избытков явной теплоты зависит не только от количества избытков тепла ( $Q_{изб}$ ), но и от температуры приточного ( $t_{пр}$ ) и удаляемого воздуха ( $t_{yx}$ ), которые в свою очередь определяются, прежде всего, схемой организации воздухообмена в помещении.

Без четкого представления выбранной схемы воздухообмена нельзя решить задачу расчета воздухообмена, особенно, когда воздухообмен определяется по борьбе с избыточным теплом.

Наиболее часто при проектировании вентиляции имеют место три схемы организации воздухообмена:

**Первая схема:** общеобменный приток (естественный или механический) и общеобменная вытяжка (естественная или механическая) – чисто общеобменная приточно-вытяжная вентиляция;

**Вторая схема:** кроме общеобменного притока и общеобменной вытяжки есть местная вытяжка - местные отсосы т.е. вытяжка комбинированная.

**Третья схема:** комбинированная - не только вытяжка, но и комбинированный приток: (общеобменный и местный) (рисунок 9.1).

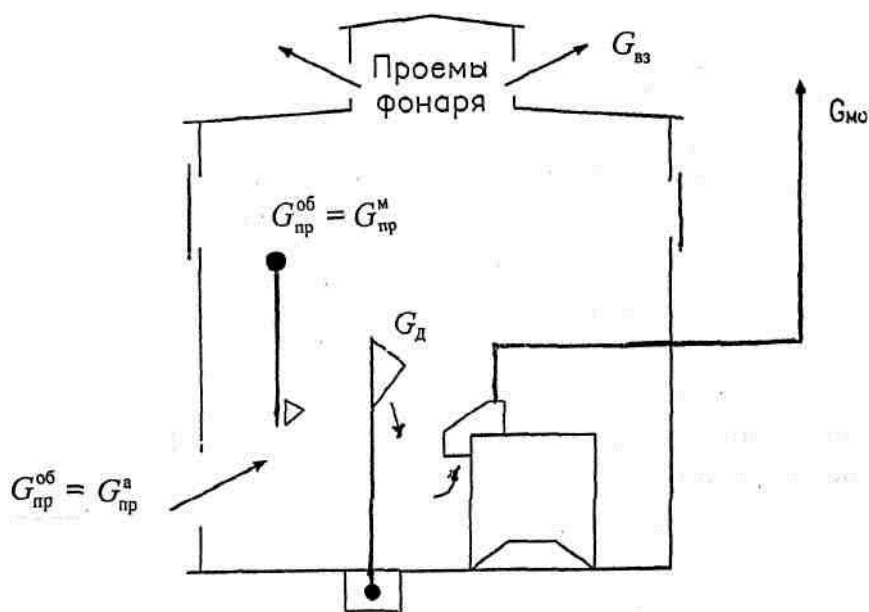


Рисунок 9.1 Комбинированная схема организации воздухообмена в производственном здании

**В схеме 1<sup>ой</sup>** – весь приток осуществляется с одной температурой  $t_{пр} = t_{пр}^{об}$  и вся вытяжка  $t_{выг} = t_{yx}$ .

**В схеме 2<sup>ой</sup>** – приток осуществляется с одной температурой  $t_{пр} = t_{пр}^{об}$ , а вытяжка с двумя: местная –  $t_{рз}$ , а общеобменная –  $t_{yx}$ .

**В схеме 3<sup>ей</sup>** – не только вытяжка имеет две температуры, но и приток: местный приток –  $t_{д}$ , и общеобменный –  $t_{пр}^{об}$ .

Возможны более сложные схемы, когда общеобменный приток имеет две (или несколько) температур. Например: общеобменный приток может осуществляться частичной подачей наружного воздуха через проемы без обработки, а другая часть механической системой вентиляции с подогревом или охлаждением.

ем. Если в теплый период года это два вида притока могут иметь одинаковую температуру (равную температуре наружного воздуха), то в холодные – обязательно разные ( $t_n$  и  $t_{пр}^{мех}$ ).

Воздухообмен по теплоизбыткам в разные периоды года в производственных помещениях может быть разным. Сначала воздухообмен по избыткам тепла определяется для теплого периода года.

Воздухообмен в целом и расход общеобменного притока в этом случае определяются путем решения систем уравнений:

уравнение воздушного баланса:

$$\sum G_{пр} = \sum G_{выт}; \quad (9.13)$$

уравнение теплового баланса по воздуху:

$$\sum G_{выт} \cdot c \cdot t_{выт} = \sum G_{пр} \cdot c \cdot t_{пр} + Q_{изб}. \quad (9.14)$$

При схеме 1<sup>ой</sup> уравнения имеют вид:

$$\begin{cases} G_{пр}^{об} = G_{выт}^{об} \\ G_{выт}^{об} \cdot t_{ух} = G_{пр}^{об} \cdot t_{пр}^{об} + Q_{изб}/c \end{cases} \quad (9.15)$$

При схеме 2<sup>ой</sup> уравнения имеют вид:

$$\begin{cases} G_{пр}^{об} = G_{вз} + G_{мо} \\ G_{мо} \cdot t_{рз} + G_{вз} \cdot t_{ух} = G_{пр}^{об} \cdot t_{пр}^{об} + Q_{изб}/c \end{cases}, \quad (9.16)$$

где  $G_{мо}$  - количество воздуха, удаляемого местной вытяжкой и технологическими отсосами, кг/ч;

$G_{вз}$  - количество воздуха, удаляемого из верхней зоны общеобменной вытяжкой, кг/ч;

При схеме 3<sup>ей</sup> уравнения имеют вид:

$$\begin{cases} G_{пр}^{об} + G_d = G_{вз} + G_{мо} \\ G_{мо} \cdot t_{рз} + G_{вз} \cdot t_{ух} = G_{пр}^{об} \cdot t_{пр}^{об} + G_d \cdot t_d + Q_{изб}/c \end{cases} \quad (9.17)$$

где  $G_d$  - количество воздуха, подаваемого местной приточной вентиляцией в виде воздушного душа, кг/ч.

$t_d$  - температура местного притока, °С.

Температура местного притока ( $t_d = t_o$ ), определяется при расчете воздушного душирования (см. п.5.2) и в данных расчетах является известной, температура общеобменного притока  $t_{пр}^{об}$  для теплого периода принимается равной  $t_n$  (или равной  $t_{охл}$  при применении адиабатического охлаждения общеобменного притока), а в холодный период может быть как принятой по тем или иным соображениям, так и определена расчетом при принятом воздухообмене.

Температура, удаляемого местными отсосами воздуха, равна температуре рабочей зоны ( $t_{рз}$ ), а температура общеобменной вытяжки (вытяжки из верхней зоны)  $t_{ух}$  может быть определена одним из следующих методов (см. п.6.1.2).

В схемах 1<sup>ой</sup> и 2<sup>ой</sup> для расчета  $t_{ух}$  лучше всего воспользоваться симплексом "m", значение которого приводится в нормах [7] (см. таблицу 2.1 настоящего пособия).

$$m = \frac{t_{pz} - t_{pr}}{t_{yx} - t_{yx}} \quad (9.18)$$

В **схеме 3<sup>ей</sup>** имеют место два вида притока с разными температурами, симплексом " $m$ " пользоваться затруднительно, поэтому температуру вытяжки из верхней зоны определяют через температурный градиент  $k$ :

$$t_{yx} = t_{pz} + k \cdot (H - 2). \quad (9.19)$$

Для выбора значения  $K$ , можно использовать рекомендации некоторых авторов, о величине температурного градиента для различных производств. Например:

для литейных цехов  $k = 0,8 \div 1,5$  °С/м;

для кузнечных и термических  $k = 0,6 \div 1,2$  °С/м меньшее значение для холодного периода;

для механических, сварочных цехов с незначительными избытками тепла  $k = 0,15 \div 0,4$  °С/м.

Выбрать правильно значение температурного градиента трудно, так как фактические значения  $k$  зависят от многих факторов, и в частности от теплоизбытков, от интенсивности вентиляции, высоты помещения, от плотности размещения нагревательного оборудования на плане цеха. [Если, например, при избытках теплоты, при определении температуры приточного воздуха в холодный период оказалась она выше температуры рабочей зоны, то принятое значение температурного градиента завышено.]

Решая систему уравнений в общем виде при схемах 1<sup>ой</sup> и 2<sup>ой</sup>, можно получить следующие выражения для определения расхода общеобменного приточного воздуха:

**Схема 1<sup>ая</sup>**

$$G_{пр}^{об} = \frac{Q_{изг} \cdot m}{t_{pz} - t_{пр}} \quad (9.20)$$

**Схема 2<sup>ая</sup>**

$$G_{пр}^{об} = \frac{Q_{изг} \cdot m}{t_{pz} - t_{пр}} + G_{мо} \cdot (1 - m) \quad (9.21)$$

$$G_{вз} = G_{пр}^{об} - G_{мо}$$

**При схеме 3<sup>ей</sup>** в общем виде рекомендуется не решать уравнения, в подставив в уравнение известные значения величин, определить неизвестные.

### Теплый период года

В теплый период года, как правило, задаются температурой притока равной температуре наружного воздуха ( $t_{пр}^{об} = t_n$ ), а воздухообмен определяют по формулам или решая систему уравнений. В соответствии с Приложением И СП60.13330.2012 если наружный воздух подается без обработки  $t_{пр}^{об} = t_n + 0,001P$ , где второе слагаемое учитывает поправку на давление, в курсовых проектах поправкой можно пренебречь.



### Холодный период года

При выборе воздухообмена по “теплу” в холодный период года, решение системы уравнений (9.17) может быть многовариантным в зависимости от принятой температуры притока наружного подогретого воздуха.

Известно, что при борьбе с избытками тепла потребное количество приточного (подогретого) наружного воздуха будет тем меньше, чем меньше будет его температура. Однако, при подаче воздуха с температурой на много меньше  $t_{pz}$  затруднительно будет обеспечить нормативное значение температуры воздуха в рабочей зоне  $t_{pz}$ .

Если приточный воздух подается на уровне выше рабочей зоны то разница  $t_{пр} - t_{pz}$  может быть большой, так как при достижении приточной струей рабочей зоны приточный воздух успеет перемешаться с внутренним и нагреться. При такой подаче воздуха и скорость выпуска может быть достаточно большой, так как по пути к рабочей зоне скорость может снизиться.

*В холодный период года, как правило, воздухообмен по теплоизбыткам не считают, а принимают его по другим факторам «по газам» или «по местным отсосам» - большее значение, а из уравнений определяют требуемую для данных избытков тепла и принятого воздухообмена, температуру общеобменного притока. Далее анализируя полученные значения  $t_{пр}$ , определяют, соответствует ли эта температура, рекомендуемому способу подачи воздуха в холодный период.*

В холодный период года, при наличии избытков явного тепла температура общеобменного притока должна быть ниже температуры рабочей зоны  $t_{пр}^{об} < t_{pz}$ , и пока не выполнен расчет приточной струи можно ориентировочно принимать  $t_{пр}^{об}$  используя рекомендации по величине разницы  $\Delta t = t_{pz} - t_{пр}^{об}$ . Эта разница зависит от способа организации общеобменного притока (в какую зону, с какой скоростью, какой струей подается воздух), в частности:

а) при сосредоточенной подаче в верхнюю зону на высоте более 4м, с большими скоростями (например, патрубками ВКГ) -  $\Delta t \approx 6 \div 10^\circ\text{C}$ ;

б) при подаче в рабочую зону сосредоточенно, патрубками малой производительности  $\Delta t \approx 2 \div 5^\circ\text{C}$ ;

в) при подаче сосредоточенно в рабочую зону эжекционными патрубками типа ВПЭП, ВПЭш возможно  $\Delta t \leq 10^\circ\text{C}$ ;

г) если допускается для данного производства аэрация в холодный период года, то  $t_{пр}^{об} = t_n$ ;

д) при недостатке тепла в помещении  $t_{пр}^{об} > t_{pz}$ , но она должна быть не более  $45^\circ\text{C}$ .

Если в результате расчета  $t_{пр}$ , оказалось, что  $\Delta t = t_{pz} - t_{пр}$  соответствует рекомендованному способу подачи механического притока, то расчет воздухообмена на этом заканчивается.

Если  $\Delta t$  оказался больше рекомендованного (что означает, что воздухообмен мал), то следует задаться  $t_{пр}^{об}$  и пересчитать воздухообмен.

Если для данного вида производства в холодный период года допускается естественный приток через открытые проемы [7], то в случае, если  $t_{пр}$  по расчету получилась такой, что  $t_{рз} - t_{пр}^{об}$  больше рекомендованного, можно применить комбинированный приток: часть воздухообменного притока подается через фрамуги окон с температурой наружного воздуха, а остальная часть - с температурой подогретого механического притока. Тогда значение  $t_{пр}^{об}$ , полученное при решении системы уравнений, нужно считать температурой смеси этих двух количеств воздуха:

$$t_{пр}^{об} = t_{см} = \frac{G_{пр}^a \cdot t_n + G_{пр}^M \cdot t_{пр}^M}{G_{пр}^{об}}, \quad (9.22)$$

$$G_{пр}^{об} = G_{пр}^a + G_{пр}^M$$

где  $G_{пр}^a$ ,  $G_{пр}^M$  - общеобменный приток соответственно подаваемый через проемы (аэрационным и механическим путем), кг/ч;

$t_n$ ,  $t_{пр}^M$  - температура приточного воздуха соответственно наружного и механического притока, °С.

Задаваясь  $t_{пр}^M$ , можно определить  $G_{пр}^a$  и  $G_{пр}^M$ .

Если  $G_{пр}^a$  оказалось очень малым, то от подачи воздуха через проемы, стоит отказаться, так как конструктивно осуществить равномерно этот приток затруднительно. Воздухообмен же, надо пересчитать, задаваясь новым значением  $t_{пр}^M$ . Значение суммарного потребного количества приточного воздуха заносится в таблицу А6.1 Приложения 6.

## 9.8 Расчет воздухообмена по “нормам”

В нормативных документах по проектированию вентиляции некоторых производств указывается требуемое значение кратного воздухообмена, тогда суммарный приток по “кратности”:

$$G_{пр min} = k \cdot V \cdot \rho_{пр} \quad (9.23)$$

где  $k$  - нормативная кратность воздухообмена в час;

$V$  - объем помещения, м<sup>3</sup>;

$\rho_{пр}$  - плотность приточного воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

Нормами [4] приложение К, определяется минимальный расход наружного воздуха на 1 человека в производственных помещениях:

помещение с естественным проветриванием  $g_{н min} = 30 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{чел}$

без естественного проветривания  $g_{н min} = 60 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{чел}$ .

Тогда потребный приток наружного воздуха по “нормам” равен

$$G_{пр min} = g_{н min} \cdot N \cdot \rho_n, \quad (9.24)$$

где  $N$  - число работающих.

Результаты расчета воздухообмена заносят в таблицу 6.1 Приложения 6.

## 9.9 Воздушный баланс

Расход вытяжного воздуха определяется из условия баланса или условного баланса (или дисбаланса) т.е. равенство суммарного массового расхода организованного притока и суммарной организованной вытяжки.

$$\sum G_{\text{выт}} = \sum G_{\text{пр}}. \quad (9.25)$$

В этом случае не возникает проблем с открыванием и закрыванием ворот, дверей.

В производственных помещениях, оборудованных механическими системами вентиляции, в холодный период следует, как правило, обеспечивать баланс (п.7.5.1 [4]) или положительный дисбаланс т.е. превышение механического притока над механической вытяжкой.

При техническом обосновании в производственных помещениях допускается отрицательный дисбаланс в объеме указанном в п. 7.5.2. [4].

Воздушный баланс должен быть составлен для двух периодов года и указан в единицах объемного м<sup>3</sup>/ч и массового расходов кг/ч. Так как температура притока и вытяжки различны (то есть различны плотности воздуха), то суммарный объем притока не равен суммарному объему вытяжки.

Результаты составления воздушного баланса заносятся в таблицы 6.2 Приложения 6.

Далее следует заняться расчетом аэрации для теплого периода года или других способов организации общеобменного притока или общеобменной вытяжки.

Целью расчета аэрации является выяснение возможности организации общего притока и общей вытяжки в заданных объемах через открытые проемы, площадь которых задана, или же в теплый период года требуется полностью или частично подавать наружный воздух с  $t_{\text{пр}}=t_{\text{н}}$  от приточной установки, предусмотренной для холодного периода.

## 10 КОМПОНОВКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

### 10.1 Распределение воздуха

Выбор способа подачи приточного воздуха и типа воздухораспределителя производится в зависимости от категории помещения, требований к микроклимату, вида технологического оборудования и характера вредностей, поступающих в рабочую зону.

Производственные помещения условно делятся на две категории [33].

К 1 категории относятся помещения высотой 6-8 м и более (основные цеха заводов машиностроения, судостроения, вагоностроения, электротехническая промышленность, домостроительные комбинаты и др.). Высоких требований к равномерности распределения параметров воздуха по рабочей зоне этих цехов не предъявляется.

Ко 2 категории относятся производственные помещения высотой менее 6 м (радиотехническая, электронная, приборостроительная, легкая, деревообрабатывающая промышленность и т.п.). Технологический процесс в некоторых из этих помещений существенно зависит от равномерности распределения параметров воздуха в рабочей зоне.

В производственных помещениях 1 категории с незначительными избытками явной теплоты рекомендуются следующие способы подачи воздуха:

- наклонными струями в направлении РЗ через воздухораспределители типов НРВ, РВ и ВВР;
- сосредоточенно выше РЗ через воздухораспределители типов ВСП, ВГКм, РР, РВ;
- непосредственно в РЗ через воздухораспределители типов ВЭПш, УВН, РР, РВ;
- смыкающимися или несмыкающимися коническими струями сверху вниз с высоты не более 8 м через воздухораспределители типов ВР, ПРМ, ВК.

Подачу воздуха наклонными струями рекомендуется осуществлять с высоты 4-6 м.

В производственных помещениях 1 категории со значительными избытками явной теплоты рекомендуются следующие способы подачи воздуха:

- непосредственно в РЗ через воздухораспределители типов ВЭПш, УВН, РВ;
- наклонными струями в направлении РЗ с высоты не более 4 м через воздухораспределители типов НРВ, РВ и ВВР.

В производственных помещениях 2 категории рекомендуются следующие способы подачи воздуха:

- сверху вниз веерными или несмыкающимися коническими струями через воздухораспределители типов ВР, ВДШп и ПРМ;
- сверху вниз плоскими струями через воздухораспределители типа ВПК;
- непосредственно в РЗ через воздухораспределители типов ВЭПш, УВН, РВ.

Многообразие технологических процессов в производственных условиях вызывает необходимость решать вопросы выбора способа воздухо-распределения применительно к каждому конкретному объекту.

Подача приточного воздуха в рабочую зону рекомендуется при наличии в помещении значительных избытков теплоты (кузнечные, термические, тепловые участки), а также в помещениях, в которых теплопоступления сопровождаются выделением влаги или вредных веществ (гальванические цеха). В помещениях технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей подавать приточный воздух рекомендуется рассредоточено в рабочую зону и в осмотровые канавы. Подача воздуха выше РЗ допускается в производственные помещения при незначительных избытках явной теплоты и наличии пыле- и газовыделений (механические, сварочные, окрасочные, электроремонтные цеха) и помещения общественных и административно-бытовых зданий. В производственных помещениях с выделениями пыли (деревообработка, заточные, шлифовально-полировальные участки, производство строительных материалов) приточный воздух, как правило, рекомендуется подавать сверху вниз из воздухо-распределителей, расположенных выше рабочей зоны [33].

Согласно СП [4], подача приточного воздуха в рабочую зону наиболее эффективна, так как сокращает воздухообмен. При этом желательно весь объем приточного воздуха распределять в рабочей зоне, не деля его на рабочую и верхнюю зоны, на которые делится расход воздуха, удаляемого из помещения.

Удаление воздуха из помещений системами вентиляции следует предусматривать из зон, в которых воздух наиболее загрязнен или имеет наиболее высокую температуру. Максимальный эффект, достигается при минимальных удалениях воздуха из рабочей зоны, т.е. при удалении из нее только заданных расходов на местные отсосы и технологические нужды. Весь остальной воздух следует уделять общеобменной вентиляцией из верхней зоны [4]. Исключением являются помещения со значительными влаговыведениями и выделениями пыли, где удаление воздуха предусматривается из нижней зоны. Расчет раздачи воздуха в промышленных зданиях различного назначения приводится на основании подраздела 2.1.6, справочника [33] и методических указаниях [38].

## 10.2 Подбор приточной камеры

Установки для организации механической вентиляции помещений по своему функциональному назначению подразделяются на **приточные, вытяжные и приточно-вытяжные**. Поставляются потребителю в виде готовых моноблоков или в виде отдельных элементов, собираемых в установку на площадке монтажа.

**Вытяжная установка (ВУ)** предназначена для удаления из обслуживаемого помещения воздуха и в общем случае состоит из вентилятора, запорных и регулирующих устройств, фильтра и шумоглушителя, средств управления и автоматизации. При наличии вероятности образования конденсата во время эксплуатации на каком-либо элементе установки в состав ее вводятся устройства для сбора и отвода конденсата.

**Приточная установка (ПУ)** предназначена для приготовления и подачи в обслуживаемое помещение приточного воздуха и в общем случае состоит из вентилятора, фильтра, запорных и регулирующих устройств, шумоглушителя, воздухоподогревателя, средств управления и автоматизации. В редких случаях в состав ПУ включаются средства для испарительного охлаждения воздуха.

Приточно-вытяжная установка (ПВУ) представляет собой комплекс, состоящий из приточной и вытяжной установки, которые функционально связаны утилизатором теплоты уходящего воздуха. Схема такой установки с пластинчатым перекрестно-точным рекуперативным теплообменником-утилизатором теплоты уходящего воздуха и с рециркуляцией представлена на рисунке 10.1.

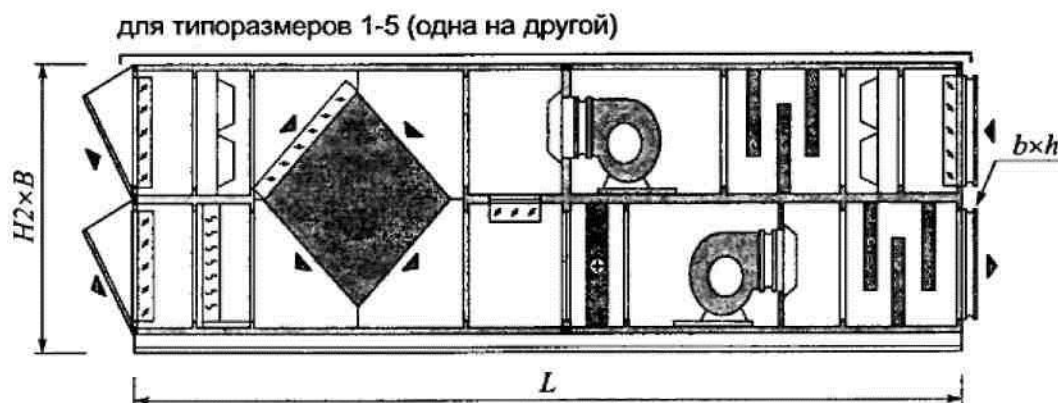


Рисунок 10.1 Схема приточно-вытяжной установки с встречным движением приточного и удаляемого потоков и с расположением отверстий приема и выдачи воздуха в линию с осью движения потоков

Приточные, вытяжные и приточно-вытяжные установки по месту расположения подразделяются на:

- внутренние (располагаются в технических или иных помещениях внутри здания),
- наружные (располагаются преимущественно на крышах зданий),
- подвесные (располагаются в подпотолочном пространстве).

Движение перемещаемых внутри установок потоков воздуха может быть вертикальным и горизонтальным. Некоторые производители на рынке вентиляционного оборудования представляют ПУ с Г-образной горизонтальной компоновкой функциональных блоков. В ПВУ с горизонтальным движением потоков вытяжная и приточная часть вентиляционного оборудования могут представлять единый комплекс с расположением ПУ и ВУ в одну линию. Приточная и вытяжная установки в ПВУ могут иметь также ярусное (одна на другой) расположение и располагаться рядом в горизонтальной плоскости. Во всех вариантах в ПВУ движение приточного и вытяжного воздуха может быть встречным и параллельным (спутным).

Различные компоновки воздухозаборных блоков ПУ и ВУ позволяют принимать перемещаемый воздух слева, справа, снизу, сверху, а также по линии расположения установки. С вентиляторного блока воздух тоже может отводиться по любому из указанных направлений.

Производители вентиляционного оборудования могут представить потребителю различные виды защитных покрытий и различную степень теплоизоляции панелей функциональных блоков.

В настоящее время производятся разнообразные по типу приточные камеры (секционные, модульные, автоматические), они различаются производительностью по расходу воздуха, габаритами и другими конструктивными характеристиками.

В таблице 10.1 дана характеристика некоторых приточных установок (по производительности  $L$ , тыс. м<sup>3</sup>/ч), применяемые для вентиляции гражданских зданий.

Таблица 10.1. Типы приточных камер

Тип вентиляци- онной установки	Производительность приточных камер				Рису- нок
	min		max		
	марка ПК	$L$ , тыс.м <sup>3</sup> /ч	марка ПК	$L$ , тыс.м <sup>3</sup> /ч	
VENUS (VS) приточная, вы- тяжная и приточно- вытяжная	VS-10 VS-15	0,4-1,6 0,65-2,5	VS-650	3,0-100	8.1
Стандарт (Арк- тос) приточная, приточно- вытяжная	Стандарт 60	до 3,0	Стандарт 1950	20-90	8.2.1
Приточная ка- мера на базе конди- ционера центрального каркасно- панельного КЦПК (ВЕЗА)	КЦПК 1,6	0,5-1,6	КЦПК 100	80-100	8.2.2
Компактная мо- ноблочная установка CAU-min, CAU- max	CAU min 500 CAU max 2000	до 0,5 до 1,7	CAU min 1000 CAU max 6000	до 1,0 до 6,0	8.2.3
АПК – ИННО- ВЕНТ автоматическая приточная ка- мера	АПК– ИН- НОВЕНТ-1,6	0,2-0,5	АПК– ИН- НОВЕНТ- 1,6-8	2,0-10	8.2.4

Окончание таблицы 8.1

Тип вентиляци- онной установки	Производительность приточных камер				Рису- нок
	min		max		
	марка ПК	$L$ , тыс.м <sup>3</sup> /ч	марка ПК	$L$ , тыс.м <sup>3</sup> /ч	
АПК автомати- ческая приточная ка- мера	АПК - 1,6	0,1-0,5	АПК - 6,3-6	2,0-10	8.2.4
Приточная камера 2ПК (серия 5-904- 75	2ПК-10	3,5-10	2ПК-125	100-125	8.3

Очень важной характеристикой при выборе приточных камер является их стоимость. Наиболее дешевыми являются камеры 2ПК.

Выбор типа приточной камеры может осуществляться методом «быстрого подбора» по производительности, габаритам – в зависимости от варианта компоновки из секций выполняющих ту или иную функцию при обработке приточного воздуха.

Выбор секций и компоновка их в приточную установку, как правило, выполняется поставщиком оборудования в соответствии с бланком заказа. Однако, проектировщик вентиляции выполняет предварительный подборочный расчет и должен владеть методикой выбора оборудования для обработки приточного воздуха (в частности подбора калориферов, воздухоохладителей, форсуночных камер).

### 10.3 Подбор калорифера

Нагревание воздуха в приточных камерах вентиляционных систем производится в теплообменных аппаратах, называемых калориферами. В качестве греющей среды может использоваться горячая вода, пар, электроэнергия. Совершенствование калориферов идет по пути увеличения поверхности теплообмена за счет различной формы поперечного сечения трубок, применения оребрения и увеличения коэффициента теплопередачи.

Широко применяются калориферы биметаллические со спирально-накатным оребрением: КСк3 и КСк4, КПЗ-СК и КП4-СК. Теплообменным элементом является трубка, изготовленная из двух трубок, насаженных одна на другую. Внутренняя трубка - стальная, наружная - алюминиевая с накатным на ней оребрением.

В качестве теплоносителя в калориферах КСк3 и КСк4 используется перегретая вода с рабочим избыточным давлением до 1,2 МПа и температурой до 180°С. Эти калориферы многоходовые, устанавливаются горизонтально. Средняя модель (КСк3) имеет три ряда трубок по ходу воздуха, большая модель (КСк4) - четыре ряда.



Теплоноситель в калориферах КПЗ-СК и КП4-СК - пар с избыточным давлением до 1,2 МПа. Калориферы КПЗ-СК и КП4-СК - однокходовые и устанавливаются с вертикальным расположением теплопередающих трубок и патрубков, патрубков для подвода пара - сверху, для отвода конденсата - снизу. Технические характеристики калориферов приведены в табл. 10.2

Ширина одного калорифера КСк3 и КСк4 (глубина по ходу воздуха) -180 мм.

Таблица 10.2

Обозначение	$F_n, \text{м}^2$	$f_{в}, \text{м}^2$	$f_{тр}, \text{м}^2$	$A$	Размер калорифера длина×высоту, м
КСк 3-5	10,20	0,21	0,0008	11,20	0,42×0,5
КСк 3-6	13,26	0,27	0,000846	12,12	0,53×0,5
КСк 3-7	16,34	0,33	0,000846	12,97	0,65×0,5
КСк 3-8	19,42	0,39	0,000846	13,83	0,78×0,5
КСк 3-9	22,50	0,46	0,000846	14,68	0,9×0,5
КСк 3-10	28,66	0,58	0,000846	16,39	1,15×0,5
КСк 3-11	83,12	1,66	0,00258	34,25	1,7×1,0
КСк 3-12	125,27	2,49	0,0030	64,29	1,7×1,5
КСк 4-5	13,40	0,21	0,0010	12,00	0,42×0,5
КСк 4-6	17,42	0,27	0,00111	13,01	0,53×0,5
КСк 4-7	21,47	0,33	0,00111	13,87	0,65×0,5
КСк 4-8	25,52	0,39	0,00111	14,72	0,78×0,5
КСк 4-9	29,57	0,46	0,00111	15,58	0,9×0,5
КСк 4-10	37,66	0,58	0,00111	17,29	1,15×0,5
КСк 4-11	110,05	1,66	0,00341	37,15	1,7×1,0
КСк 4-12	166,25	2,49	0,00515	71,19	1,7×1,5

Установка калориферов по отношению к проходящему через них воздуху может быть параллельной и последовательной. При последовательной схеме увеличивается скорость воздуха, что приводит к повышенной теплоотдаче калориферов, но при этом возрастает сопротивление калориферной установки.

Присоединение трубопроводов к многоходовым калориферам осуществляется по двум схемам — параллельной и последовательной. Оптимальная скорость движения воды в трубках 0,2—0,5 м/с. Увеличение скорости свыше 0,5 м/с не приводит к значительному увеличению теплоотдачи, а гидравлическое сопротивление калориферов значительно возрастает. Принимать скорость движения воды ниже 0,12 м/с не рекомендуется для предотвращения замораживания калориферов.

При теплоносителе пар применяется только параллельная схема обвязки калориферов трубопроводами.

### 10.3.1 Методика подбора калорифера

*Цель подбора калориферов* — определение требуемой поверхности нагрева, а так же:

— типа и числа калориферов;

— числа рядов калориферов, установленных последовательно в направлении движения воздуха;

— схемы подачи теплоносителя в калориферы (схемы обвязки);

*Исходными данными* для подбора воздухонагревателей являются:

— расход нагреваемого воздуха,  $G$ , кг/ч или  $L$ , м<sup>3</sup>/ч;

— начальная и конечная температура нагреваемого воздуха,  $t_{\text{нач}}$  и  $t_{\text{кон}}$ , °С;

— параметры теплоносителя на входе и выходе из калорифера,  $\tau_1$  и  $\tau_2$ , °С;

Начальная температура нагреваемого воздуха может быть:

— равной температуре наружного воздуха  $t_{\text{нач}} = t_{\text{нар}}$ , °С;

— равной температуре смеси  $t_{\text{нач}} = t_{\text{см}}$ , °С, при применении рециркуляции внутреннего воздуха или утилизации тепла удаляемого воздуха;

— или какой-то выбранной (выше +5 °С) температурой при использовании предварительного подогрева в электрокалориферах для защиты от замерзания, или температурой после приточной камеры (ниже  $t_{\text{пр}}$ ), при использовании калориферов в качестве доводчиков.

Конечная температура воздуха после калорифера не всегда является равной температуре притока. Это зависит от выбранной схемы его обработки. Температура притока  $t_{\text{пр}}$  при проектировании вентиляции (например, гражданских зданий) может быть при избытках тепла в помещении минимальной  $t_{\text{пр.мин}}$ , когда теплоизбытки самые большие и максимальной  $t_{\text{пр.мах}}$ , когда теплоизбытки минимальные в данном помещении. Калориферы следует подбирать так, чтобы они обеспечивали  $t_{\text{пр.мах}}$ .

*Последовательность расчета по подбору калориферов с теплоносителем "вода"*

Для определения требуемой поверхности нагрева калориферов следует определить следующие величины.

1. Расход тепла на нагревание воздуха от  $t_{\text{нач}}$  до  $t_{\text{кон}}$

$$Q = 1,1 \div 1,2 \cdot c \cdot G \cdot (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}), \quad (10.1)$$

где  $Q$  – расход тепла, кДж/ч, (или Вт, для перевода используется множитель 0,278);

$c$  – удельная массовая теплоемкость воздуха,  $c = 1,005$  кДж/(кг·°С);

$G$  – расход нагреваемого воздуха, кг/ч;

1,1-1,2 – коэффициент учитывающий остывание воздуха при движении по воздуховодам к помещению.

2. Расход теплоносителя "вода" заданных параметров

$$W = \frac{Q}{c_{\text{в}} (\tau_1 - \tau_2)}, \quad (10.2)$$

где  $W$  – расход теплоносителя, кг/ч;

$c_{\text{в}}$  – теплоемкость воды,  $c_{\text{в}} = 4,19$  кДж/(кг·°С).

3. Требуемая площадь фронтального сечения калориферной группы (секции типовой камеры) для прохода воздуха, из расчета рекомендуемой массовой скорости воздуха.

$$\Sigma f_{\text{в}} = \frac{G}{3600 \cdot \rho_{\text{в}}}, \quad (10.3)$$

где  $\Sigma f_{\text{в}}$  – суммарная площадь фронтального сечения калориферов (одного или группы калориферов, установленных, параллельно по ходу воздуха),  $\text{м}^2$ ;

$\rho_{\text{в}}$  – рекомендуемая массовая скорость воздуха,  $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ .

Массовая скорость воздуха не должна быть выше  $7 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ , рекомендуется принимать  $3-4,5 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ .

4. Фактическая площадь фронтального сечения калориферов принимается:

- в случае применения нетиповой приточной камеры по величине  $\Sigma f_{\text{в}}$  подбирается тип и типоразмер одного калорифера или группа калориферов по таблице 8.4 или по справочникам [16, 25];
- в случае применения типовой приточной камеры – по таблицам характеристик секций подогрева конкретного типа приточной установки (например: для приточной камеры 2ПК по таблице 10.2) выбирается вариант компоновки секций подогрева с фронтальным сечением по значению к  $\Sigma f_{\text{в}}$ , полученному по формуле 10.3.
- в случае использования зональных доводчиков (калориферо-догревателей, устанавливаемых после приточной камеры в канале или воздуховоде) следует поступать так же, как при подборе калориферов для нетиповых приточных камер.

При выборе варианта секций, следует отдавать предпочтение секциям с калориферами КСК-3 и КСК-4, а не с калориферами КВС и КВБ, так как в настоящее время разрабатываются варианты с применением более совершенных калориферов типа ВНВ, однако, в справочной литературе нет пока данных необходимых для подбора.

5. Если суммарная площадь, принятой к установке группы калориферов отличается от значения, полученного по формуле 10.3, то следует, используя формулу 8.3, по принятому значению  $\Sigma f_{\text{в}}$ , определить фактическую массовую скорость воздуха во фронтальном сечении ( $\rho_{\text{в}}$ ).

6. Площадь живого сечения трубок для движения теплоносителя в калориферной группе, при принятой схеме соединения калориферов "по воде":

$$f_m = f_{mo} - \text{при последовательном соединении};$$

$$f_m = \sum_{i=1}^n f_{mo} - \text{при параллельном соединении } n \text{ калориферов.}$$

Площадь живого сечения одного калорифера ( $f_{mo}$ ) принимается по справочникам [16, 25] или по таблице 10.2.

7. Скорость движения теплоносителя по трубкам калорифера

$$\omega = \frac{W}{3600 \cdot \rho_{\text{в}} \cdot f_m} = \frac{Q}{3600 \cdot \rho_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} \cdot f_m (\tau_1 - \tau_2)}, \quad (10.4)$$

где  $\omega$  - скорость движения теплоносителя, м/с;

$\rho_s$  - плотность воды в калориферной группе, кг/м<sup>3</sup>, (для  $\tau_1=150$  °С,  $\tau_2=70$  °С,  $\tau_{\text{н\ddot{o}}}=110$  °С,  $\rho_s=951$  кг/м<sup>3</sup>; при более низкой  $\tau_{\text{н\ddot{o}}}$  ориентировочно можно принять  $\rho_s \approx 1000$  кг/м<sup>3</sup>).

Коэффициент теплопередачи  $k$  определяемый по таблицам или по графикам в зависимости от  $(\vartheta\rho)$  и  $\omega$ .

8. Требуемая площадь поверхности нагрева калориферной группы

$$F_{mp} = \frac{Q}{k \cdot \left( \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} - \frac{t_{\text{нач}} + t_{\text{кон}}}{2} \right)}, \text{ м}^2 \quad (10.5)$$

9. Фактическая площадь принятой группы  $n$  калориферов в одном ряду по ходу воздуха равна  $F_\phi = F_o \cdot n$ . Поверхность нагрева одного калорифера ( $F_o$ ) определяется по таблице 8.4 или по справочникам [16, 25], в случае нетиповой приточной камеры или по таблицам характеристик секций подогрева для типовых камер (например по таблице 8.5).

10. Запас поверхности нагрева не должен превышать 10 %

$$Z = \frac{F_\phi - F_{mp}}{F_{mp}} \cdot 100\% . \quad (10.6)$$

Если запас получился иным можно:

Изменить  $F_{mp}$  для чего

- изменить скорость теплоносителя  $\omega$  приняв другую схему обвязки;
- изменить скорость  $(\vartheta\rho)$ , используя обводной канал, через который пропускать часть воздуха минуя калорифер.

Изменить  $F_\phi$  для чего

- принять два или три ряда калориферов установленных последовательно по ходу воздуха;
- принять другой тип или типоразмер калорифера.

Необходимость иметь запас в 10 % является следствием отклонения фактических значений коэффициента теплопередачи от данных, представленных в каталогах или справочной литературе. Запас теплоотдающей поверхности призван также компенсировать снижение коэффициента теплопередачи вследствие возможного загрязнения внутренней поверхности трубок отложениями с течением времени.

Если не выдержан запас поверхности нагрева, то возможна опасность размораживания калориферов:

- при малом запасе - вследствие снижения наружной температуры воздуха ниже расчетной;
- при большом запасе вследствие большой поверхности нагрева воздуха (т.е. большой поверхности охлаждения воды), вода в трубках остынет ниже 30 °С, а в некоторых трубках возникнут ледяные пробки.

В случае установки нескольких рядов калориферов надо иметь ввиду, что количество калориферов в каждом ряду желательно одинаковое, это обеспечи-

вает одинаковое аэродинамическое сопротивление калориферной группы по фронту и одинаковую нагрузку по воздуху каждого калорифера.

Если устраивается несколько рядов калориферов, то стоит скорректировать обвязку калориферной группы по теплоносителю, скорость движения теплоносителя  $\omega'$ , коэффициент теплопередачи  $k'$  (при той же  $\vartheta\rho$  и  $\omega'$ ), а далее уточнить  $F'_{mp}$

$$F'_{mp} = \frac{Q}{k' \left( \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} - \frac{t_{нач} + t_{кон}}{2} \right)}.$$

Затем уточнить запас поверхности нагрева

$$Z = \frac{\sum_1^m F_{фак} - F'_{mp}}{F'_{mp}} \cdot 100\%,$$

где  $F_{фак}$  — фактическая поверхность нагрева всех  $m$  рядов калориферов,  $m^2$ .

## 11 АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

### 11.1 Общие сведения

При проектировании приточных и вытяжных систем вентиляции необходимо выполнять требования, изложенные в [4]. Воздуховоды проектируются преимущественно круглого сечения из листовой стали. При транспортировании воздуха, содержащего химически активные газы, аэрозоли кислот и щелочей, воздуховоды выполняют из алюминия, нержавеющей стали, винипласта, керамики и др. В каждом конкретном случае выбор материалов для проектирования воздуховодов производится в соответствии со СП [4]. Воздуховоды не должны мешать работе оборудования, транспортных средств, кранов и персонала.

Аэродинамический расчет воздуховодов сводится к определению размеров их поперечного сечения, а также потерь давления на отдельных участках при заданном расходе  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, и рекомендуемой скорости  $W$ , м/с.

При увязке ответвлений расхождение в потерях давления должно быть не более 15%, если воздух поступает в одно помещение (цех) и не более 10%, если в разные помещения [33].

При проектировании вентиляционных систем следует использовать унифицированные детали воздуховодов, за исключением систем аспирации и пневмотранспорта. Коэффициенты местных сопротивлений этих деталей с достаточной точностью можно определить по [33].

В системах вентиляции применяются воздуховоды: металлические, металлопластиковые, неметаллические.

Воздуховоды могут быть гибкими, полугибкими, теплоизолированными, звукопоглощающими.

По форме воздуховоды бывают круглого и прямоугольного сечения.

Металлические воздуховоды изготавливаются из листовой кровельной, оцинкованной или нержавеющей стали на заводах или заготовительных мастерских. Предпочтение следует отдавать круглым воздуховодам из-за меньшего аэродинамического сопротивления, расхода металла и трудоемкости при изготовлении. Преимущество прямоугольных воздуховодов, в том, что при открытых прокладках они лучше вписываются в интерьер общественных зданий, проще размещаются в пространстве с ограниченной высотой (например, за подшивным потолком).

Металлопластиковые воздуховоды изготавливаются из листовых панелей, которые представляют собой слой вспененного пластика толщиной 20 мм, проложенный между двумя слоями термообработанного гофрированного алюминия. Эти воздуховоды легки, обладают высокой прочностью и теплоизоляционной способностью (коэффициент теплопроводности  $\lambda=0,019$  Вт/(м°С)), имеют хороший внешний вид, могут изготавливаться непосредственно на объекте.

Гибкие воздуховоды изготавливаются из многослойной ламинированной алюминиевой фольги и пленки из полиэфира. Форму воздуховодам придает специальный стальной проволоочный каркас. Воздуховоды легки, термостойки, упрощают монтаж. Однако создают большое аэродинамическое сопротивление. Применяются в качестве присоединительных воздуховодов небольшой длины.

## 11.2 Задачи и метод расчета

Задачами аэродинамического расчета вентиляционных систем являются:

а) систем механической приточной и вытяжной вентиляции

- определение потерь давления в сети воздуховодов (сопротивление сети) с целью определения потребного давления, развиваемого вентилятором;
- увязка ответвлений по потерям давления с целью обеспечения распределения потоков воздуха (при запуске системы) по ответвлениям в соответствии с расчетными значениями.

б) систем естественной вытяжной вентиляции

- выбор таких сечений вентиляционных каналов, при которых расчетная величина потерь давления в сети была бы меньше естественного располагаемого давления;
- увязка ответвлений по запасу располагаемого давления, с целью обеспечения при работе системы расчетных расходов воздуха по ответвлениям.

Известно, что потери давления при движении воздуха по воздуховодам складываются из потерь давления на трение и потерь на местные сопротивления.

Суммарные потери давления по формуле Дарси равны

$$\Delta P = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho v^2}{2} + \zeta \frac{\rho v^2}{2}, \quad 11.1a$$

где  $\rho v^2/2$  – динамическое или скоростное давление, Па;

$v$  – скорость в воздуховоде, м/с;

$\lambda$  – коэффициент трения;

$d$  – диаметр воздуховода, м<sup>2</sup>;

$l$  – длина воздуховода, м.

Требуемое давление, развиваемое вентилятором (в механических системах) или требуемое естественное располагаемое давление (в системах естественной вентиляции) определяется путем сложения потерь давления  $\Delta P$  (расчитанных по формулам 11.1a или 11.1б для каждого участка) наиболее протяженной цепочки, последовательно соединенных участков.

Если обозначить удельные потери давления на 1 погонный метр длины через  $R$ , то

$$R = \frac{\lambda}{d} \frac{\rho v^2}{2}, \text{ тогда } \Delta P = R \cdot l + Z, \quad 11.16$$

где  $R$  – удельные потери на трение, Па/м;

$Z$  – потери давления на местные сопротивления, Па.

Для круглых воздуховодов составлены таблицы и номограммы, по которым можно по известному диаметру и скорости в воздуховоде (или двух других сочетаний  $v$ ,  $d$ ,  $L$ ) можно определить  $R$ .

Метод аэродинамического расчета, при котором потери давления определяются по формуле 11.1б с использованием таблиц и номограмм, называется *методом удельных потерь давления на трение*. Этим методом рекомендуется пользоваться при расчете вентиляционных сетей при выполнении курсового

проекта по вентиляции гражданского здания. Удобнее всего (и целесообразнее) пользоваться таблицами справочника проектировщика [15].

Однако, для определения  $R$  для прямоугольных воздуховодов таких таблиц в справочной литературе нет. Поэтому рекомендуется пользоваться таблицами для круглых воздуховодов, *определив предварительно диаметр такого круглого воздуховода, при котором при скорости в круглом равной скорости в данном прямоугольном удельные потери на трение  $R$  будут равны*. Такой диаметр называют эквивалентным по скорости  $d_{эс}$  (не следует его путать с диаметром эквивалентным по расходу и диаметром эквивалентным по площади поперечного сечения воздуховода).

При размерах прямоугольного воздуховода ( $a \times b$ , м)  $d_{эс}$ , м, находится по формуле

$$d_{эс} = 2ab / (a + b) . \quad (11.2)$$

*Исходными данными* для расчета являются принятые архитектурно-строительные решения по трассировке воздуховодов и каналов на этажах, в подвале и на чердаке, размещению приточных и вытяжных установок, а так же определенные расходы приточного и вытяжного воздуха.

Выбранная трассировка воздуховодов в объеме помещения должна способствовать аэродинамической увязке ответвлений. Если приток или вытяжка производятся по вертикальным, расположенным рядом друг с другом каналам, для облегчения аэродинамической увязки, рекомендуется следующее размещение каналов относительно вентилятора:

- в приточных системах, при размещении приточной камеры в подвале, вертикальные каналы, наиболее удалёнными от вентилятора должны быть каналы, обслуживающие нижние этажи и в первую очередь 1 – й этаж;
- в вытяжных системах, при размещении вентилятора на чердаке, вертикальные каналы, обслуживающие последний этаж, должны быть наиболее удалёнными от вентилятора.

Аксонметрическая расчетная схема системы вентиляции вычерчивается в одну линию с изображением всех изменений направлений потоков воздуха (поворотов, делений или слияния потоков – тройников и крестовин и т.д.). Расчет оформляется таблицей 11.1.



Таблица 11.1. Аэродинамический расчет систем вентиляции

№ Участков	Расход воздуха $L$ , м <sup>3</sup> /ч	Длина участка $l$ , м	Размеры воздуховода			Скорость воздуха $q$ , м/с	Потери напора на 1 м длины участка $R$ , Па	Коэффициент учитывающий шероховатость стенок канала, $\beta_{ш}$	Потери на трение $R/\beta_{ш}$ , Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\sum \zeta_{мс}$	Динамическое давление $P_d = (\rho q^2)/2$ , Па	Потери на местные сопротивления $Z = \sum \zeta_{мс} \cdot P_d$ , Па	Потери давления на участке $(R/\beta_{ш} + Z)$ , Па	Сумма потерь давления $\Sigma(R/\beta_{ш} + Z)$ , Па
			сечение $a \times b$ , мм	площадь сечения $F_v$ , м <sup>2</sup>	эквивалентный диаметр $d_{эв}$ , мм									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

### 11.3 Последовательность расчета

#### 11.3.1 Системы с механической вентиляцией

В соответствии с задачами такого расчета он выполняется в два этапа:

- определение сопротивления цепочки последовательно соединенных участков основного направления – магистрали;
- увязки по потерям давления ответвлений – параллельно соединенных участков.

#### *Первый этап.*

1. На аксонометрической схеме для выполнения расчета на первом этапе выбирается основное расчетное направление (от воздухоприемной решетки до воздухораспределителя в приточной системе и от воздухоприемного устройства в помещении до точки выброса воздуха из шахты). Основным направлением является самое протяженное направление. При наличии нескольких цепочек одинаковых по протяженности за магистральное направление принимается наиболее нагруженная (имеющая больший расход) или наиболее разветвленная.

2. Аксонометрическая схема разбивается на расчетные участки. Участок сети характеризуется постоянной скоростью, а значит, как правило, постоянным расходом воздуха (за исключением случаев, когда по конструктивным соображениям участок с постоянным расходом, нужно принять с разным по длине сечением воздуховода).

Участки методически целесообразно обозначать двумя цифрами, соответствующими началу и концу участка. Вытяжные и приточные решетки в помещении и решетки наружные для воздухозабора представляются отдельными участками (со своими скоростями в живом сечении), но они не номеруются.

Нумерация участков основного направления начинается с участков с меньшим расходом.

3. На аксонометрической схеме проставляются значения расходов воздуха и длины участков. Эти данные записываются в соответствующие графы 2, 3 таблицы аэродинамического расчета (таблица 11.1).

Расходы воздуха на отдельных участках определяются суммированием расходов на отдельных ответвлениях, начиная с периферийных участков.

4. Если при компоновке вентиляционных систем не были приняты размеры каналов и воздуховодов, то приняв скорость  $2\div 4$  м/с (не более 5 м/с) на ответвлениях и не более 8 м/с - на участках близких к вентилятору, необходимо определить требуемую площадь поперечного сечения каналов и воздуховодов. Воспользовавшись данными о сечениях вертикальных приставных и горизонтальных подвесных каналов на этажах и сборных утепленных коробов на чердаке (или кровле), а также металлических воздуховодов (устанавливаемых в основном в подвалах при разводке ответвлений), выбирают каналы и воздуховоды (стандартных) типовых сечений. Записать эти данные в графы 4, 5 таблицы 11.1 аэродинамического расчета.

5. Так как принятое типовое сечение каналов и воздуховодов ( $f_{cm}$ ) отличается от рассчитанных по формуле 11.1, то необходимо определить по известному расходу  $L$  и сечению  $f_{cm}$  каналов фактическую скорость в них (м/с)

$$g_{\phi} = \frac{L}{3600 f_{cm}}. \quad (11.3)$$

Полученные значения скоростей записываются в графу 7 таблицы 11.1.

6. По формуле 11.2 определяются для прямоугольных каналов эквивалентный по скорости диаметр круглых воздуховодов  $d_{\phi}$  (графа 6).

7. По таблице 12.17 справочника проектировщика [15] по диаметру ближайшему к  $d_{\phi}$  и скорости равной  $g_{\phi}$  (не обращая внимание на расход воздуха) определяются удельные потери давления на трение  $R$  для каждого участка в стальном прямоугольном воздуховоде (графа 8, таблица 11.1).

8. В тех же таблицах определяется скоростное (динамическое) давление  $P_{\phi} = g_{\phi}^2 \rho / 2$  (графа 12).

9. Так как таблицы для круглых воздуховодов составлены для воздуховодов с абсолютной шероховатостью  $k = 0,1$  мм (для металлических воздуховодов), то при расчете воздуховодов с шероховатостью стенок отличающихся от предусмотренной в таблицах, делают поправку к табличному значению удельных потерь давления на трение:

$$R_{ш} = R \cdot \beta_{ш},$$

где  $R$  – табличное значение удельных потерь давления на трение;

$\beta_{ш}$  – коэффициент учета шероховатости стенок.

Значение поправочного коэффициента  $\beta_{ш}$  и потерь давления на трение на участке  $R/\beta_{ш}$  записываются в графы 9, 10 таблицы 11.1.

10. Определяется сумма коэффициентов местных сопротивлений  $\Sigma\zeta_{mc}$  (графа 11, таблица 11.1) на каждом участке. Выбор  $\zeta_{mc}$  оформляется таблицей произвольной формы. Значения  $\zeta_{mc}$  приведены в справочниках [15. 17. 25].

При определении  $\zeta_{mc}$  тройников в таблице следует привести для выбора  $\zeta_o$  (ответвления) или  $\zeta_n$  (прохода) соответствующий подсчет необходимых соотношений расходов воздуха и площадей сечений каналов.

**Примечание.** Чтобы понять к какому из смежных участков относится то или иное местное сопротивление нужно выяснить по таблице, для определения  $\zeta$ , к какой скорости они отнесены. Так, например  $\zeta_{mc}$  вентиляционной решетки относится к скорости в живом сечении решетки, а не к скорости на участке. Поэтому  $\zeta_{mc}$  решетки не включают в сумму  $\zeta$  на участке и сопротивление вентиляционной решетки  $Z$  в таблице 11.1, учитывается отдельной строкой.

11. Потери давления на местные сопротивления  $Z$  определяют как произведение  $\Sigma\zeta_{mc}$  на динамическое давление  $P_d$  и заносят результат в графу 13.

12. Суммарные потери  $(Rl\beta_{ш}+Z)$  на каждом участке должны записываться в графу 14, а суммарные потери давления на всей цепочки, последовательно соединенных участков (от решетки до данного участка включительно)  $\Sigma(Rl\beta_{ш}+Z)$  – в графу 15. Конечная величина в графе 15 определяет суммарные потери давления (сопротивление сети каналов), по которому и определяется потребный напор вентилятора – давление, которое должен создавать вентилятор  $P_e$  при его производительности равной суммарному расходу воздуха в системе.

$$P_c = 1,1 \sum_1^n (Rl\beta_{ш} + Z) + \Sigma \Delta P_{об} + \Delta P_{изб}, \quad (11.4)$$

где 1,1 – коэффициент запаса на неучтенные потери давления;

$\Delta P_{об}$  – потери давления в оборудовании (в приточной системе – в секциях приточной камеры, в вытяжной – потери в фильтре, если он есть), Па;

$\Delta P_{изб}$  – избыточное давление в помещении (подпор), если по нормам или по заданию  $\Delta P_{изб} \neq 0$ , Па.

**Примечание.** Если в схеме, есть участок воздуховода (канала) постоянного сечения с боковыми окнами, то потери давления на нем подробно или ориентировочно определяются расчетом вне таблицы 1.1, а в таблицу заносятся результаты расчета –  $(Rl\beta_{ш}+Z)$  на данном участке в графу 14, таблица 1.1. Последовательность такого расчета приведена ниже в п. 7.3.

### **Второй этап.**

1. Для выполнения увязки ответвлений по потерям давления, аналогично расчетам участков основного направления выбираются сечения, на них определяется  $\mathcal{Q}_ф$ , потери на трение и местные сопротивления и суммарные потери  $(Rl\beta_{ш}+Z)$  при выбранных размерах воздухопроводов. Эти величины записываются в таблицу 11.1.

2. Определяется разница потерь давления на параллельно соединенных участках, т.е. участках основного направления и ответвления от их начала до точки соединения (без учета общих участков)  $\Delta P_{нев}$ .

При увязке ответвлений, т.е. участков (или цепочек участков), исходящих из одной точки или сходящихся в одной точке вентиляционной сети, следует руководствоваться правилом рационального способа аэродинамической увязки. А именно, *если имеются два участка воздухопроводов, соединённых параллельно, и потери давления в одном из них известны, то размеры поперечного сечения другого параллельного участка должны обеспечивать равные с первым участком потери давления при расчётном расходе воздуха в нём.*

Если

$$\begin{aligned} \Sigma(Rl\beta_{\text{ш}}+Z)_{\text{отв}} &\neq \Sigma(Rl\beta_{\text{ш}}+Z)_{\text{осн}}, \\ \Delta P_{\text{нев}} &= \Sigma(Rl\beta_{\text{ш}}+Z)_{\text{осн}} - \Sigma(Rl\beta_{\text{ш}}+Z)_{\text{отв}} \neq 0, \end{aligned} \quad (11.5)$$

то требуется определить, является ли относительная невязка допустимой (не более 15 %).

$$\frac{\Delta P_{\text{нев}}}{\Sigma(Rl\beta_{\text{ш}} + Z)_{\text{осн}}} \cdot 100 \leq 15\% . \quad (11.6)$$

3. Если неувязка не укладывается в нормативные значения в соответствии с формулой 11.6, то требуется:

- либо изменить скорости на участках ответвления и пересчитывать потери давления до тех пор, пока невязка будет допустимой;
- либо (особенно, если первым способом достигнуть нужной невязки не удастся) установить диафрагму (на участке, на котором требуется увеличить потери давления), в которой потери давления равны невязке  $\Delta P_{\text{нев}}$ .

4. Для определения размера диафрагмы по таблицам находится соотношение площади сечения воздухопровода и диафрагмы в зависимости от требуемого значения коэффициента местного сопротивления диафрагмы, который определяется по выражению

$$\zeta_{\text{д}} = \frac{\Delta P_{\text{нев}}}{P_{\text{ск}}}, \quad (11.7)$$

где  $\Delta P_{\text{нев}}$  - перепад давлений, который необходимо погасить диафрагмой, равный невязке в ответвлениях;

$P_{\text{ск}}(P_{\text{д}})$  - скоростное давление в сечении воздухопровода перед диафрагмой.

Место установки диафрагм и их сечение указываются на аксонометрических схемах систем.

Для определения сечения диафрагмы по  $\zeta_{\text{д}}$  и  $f_{\text{от}}$  следует воспользоваться таблицами, приведенными в справочниках [15, 25].

При полной увязке сети, такие расчеты выполняются для всех параллельных соединений. В курсовом проекте допускается произвести увязку с выбором сечения каналов или диафрагмы только ответвления самого близкого к вентилятору.

### 11.3.2 Системы с естественной вентиляцией

Аэродинамический расчет вытяжных вентиляционных систем с естественным побуждением движения воздуха выполняется, так же как и систем с

механическим побуждением п.11.2.1 с заполнением таблицы 11.1. Однако следует учитывать некоторые отличия.

1. Скорость в воздуховодах таких систем значительно меньше, чем в системах механических.

2. Потери давления в сети на основном направлении не могут быть любыми, так как должны быть меньше располагаемого давления

$$\Sigma(Rl\beta_{ш}+Z) \leq P_{расп} \quad (11.8)$$

Запас давления по основному направлению должен составлять 5÷10%.

3. Следует учитывать, что величина располагаемого давления для ответвлений с решетками на разных этажах *различна*. Располагаемое давление определяется по формуле

$$P_{расп} = H\Delta\rho \cdot g, \quad (11.9)$$

где  $P_{расп}$  – располагаемое давление, Па;

$\Delta\rho$  – разница плотностей наружного и внутреннего воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения (9,8 м/с<sup>2</sup>);

$H$  – расстояние от центра вытяжной решетки на входе воздуха в расчетное ответвление до устья вытяжной шахты, м.

4. При расчете естественной вытяжки основное расчетное направление должно проходить через наиболее удаленную ветвь, имеющую наименьшее располагаемое давление.

5. Аэродинамическая увязка ответвлений при естественной вытяжке выполняться по запасу располагаемого давления  $\Delta P$ , которые должны быть равны

$$\begin{aligned} \Delta P_{осн} &= P_{расп.осн} - \Sigma(Rl\beta_{ш}+Z)_{осн} \\ \Delta P_{отв} &= P_{расп.отв} - \Sigma(Rl\beta_{ш}+Z)_{отв} \\ \Delta P_{осн} &\approx \Delta P_{отв} \end{aligned} \quad (11.10)$$

6. Невязка по запасу располагаемого давления для параллельно соединенных участков(без учета общих участков) должна быть не более 15% т.е.

$$[(\Delta P_{осн} - \Delta P_{отв}) / \Delta P_{осн}] \cdot 100 \leq 15\%$$

7. Согласно п. 7.1.10 СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [1] естественную вытяжную вентиляцию для жилых, общественных, административных и бытовых помещений следует рассчитывать на разность плотностей наружного воздуха при  $t_n = +5$  °С и внутреннего воздуха при расчетной температуре в холодный период года.

8. Согласно того же п. 7.1.10 [1], если для квартир и помещений не обеспечивается удаление нормируемого расхода воздуха (при поступлении приточного через специальные устройства в наружных стенах или окнах), следует предусмотреть механическую вентиляцию

## 12 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### 12.1 Оформление пояснительной записки

Пояснительная записка является неотъемлемой частью курсового проекта. Она показывает степень подготовки автора, его умение самостоятельно решать инженерные задачи и пользоваться технической литературой и нормами.

Пояснительная записка должна в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел курсового проекта, содержать анализ и обоснование принимаемых решений, и другие материалы.

Пояснительная записка должна быть предельно сжатой и в то же время содержать весь необходимый материал. Не допускаются длинные рассуждения, повторения известных доказательств. Записка отражает, насколько хорошо проектант изучил литературу по данному вопросу.

Рекомендуется следующий состав пояснительной записки:

- титульный лист;
- задание на выполнение курсового проекта, подписанное руководителем и студентом;
- содержание (с которого начинается нумерация листов записки);
- введение;
- основной текст записки;
- заключение;
- список использованных источников (учебники, справочники, нормативная литература и т.д.);
- приложения (в случае необходимости).

Пояснительная записка выполняется на листах белой бумаги формата А4 (297x210 мм). На первом листе содержания должна быть основная надпись и дополнительные графы к ней, выполненные в соответствии с ГОСТ 2.104-68\* "Основные надписи".

Состав и содержание пояснительной записки должны соответствовать заданию на выполнение КП.

Пояснительная записка выполняется в соответствии с ГОСТ 2.105-95 ЕСКД "Общие требования к текстовым документам" и ГОСТР 21.1101-2009 СПДС. "Основные требования к проектной и рабочей документации".

Рекомендуется текстовые документы выполнять с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004-88). Этот стандарт распространяется на конструкторские документы изделий всех отраслей промышленности, технологические документы изделий машиностроительной и приборостроительной промышленности, а также проектную документацию для строительства.

Вписывать в текстовые документы отдельные слова, формулы, условные знаки (рукописным способом), а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами, пастой или тушью.

Лист пояснительной записки должен иметь рамку, отстоящую от краев листа сверху, справа и снизу на 5 мм, а слева на 20 мм. Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк не менее 3 мм. Расстояние от верхней или

нижней строк текста до верхней или нижней линии рамок должно быть не менее 10 мм.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом.

Текст пояснительной записки необходимо разделять на разделы и подразделы.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами и записанные с абзацевого отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделённых точкой.

Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделённых точкой. В конце номера пункта точка не ставится, например:

## 1 Типы и основные размеры

- |     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| 1.1 | } Нумерация пунктов первого раздела |
| 1.2 |                                     |
| 1.3 |                                     |

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например:

## 3 Расчет теплоизбытков

### 3.1 Определение теплопоступлений

- |       |   |
|-------|---|
| 3.1.1 | } Нумерация пунктов первого подраздела третьего раздела документа |
| 3.1.2 |   |
| 3.1.3 |   |

В нумерации не должно быть цифр более трех.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву русского или латинского алфавитов, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример.

- а) \_\_\_\_\_
- б) \_\_\_\_\_
- 1) \_\_\_\_\_
- 2) \_\_\_\_\_
- в) \_\_\_\_\_

Каждый раздел текстового документа рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

Нумерация страниц и приложений, входящих в состав этого документа должна быть сквозной.

Текст документа должен быть кратким, чётким и не допускать различных толкований.

Изложение материала записки должно быть четким и кратким. Независимо от способа выполнения документы должны удовлетворять требованиям микрофильмирования ГОСТ 13.1.002 "Репрография. Микрография. Документы для съёмки. Общие требования и нормы").

Из повторяющихся расчетов в тексте помещается только первый, который делается подробно и с ссылками на литературу, а результаты остальных помещаются в таблицу.

При изложении обязательных требований в тексте должны применяться слова "должен", "следует", "необходимо", "требуется, чтобы", "разрешается только", "не допускается", "запрещается", "не следует". При изложении других положений следует применять слова - "могут быть", "как правило", "при необходимости", "может быть", "в случае" и т.д.

При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста расчётно-пояснительной записки, например "применяют", "указывают" и т.п.

В тексте документа не допускается применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами, а также в данном документе.

В тексте, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается: применять без числовых значений математические знаки, например:  $>$  (больше),  $<$  (меньше),  $=$  (равно),  $\geq$  (больше или равно),  $\leq$  (меньше или равно), а также знаки № (номер), % (процент).

Перечень допускаемых сокращений слов установлен в ГОСТ 2.316-2008. Если принята особая система сокращения слов или наименований, то должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в конце документа перед перечнем терминов.

В пояснительной записке по вентиляции допускаются специфические сокращения: ХП – холодный период года; ТП – теплый период года; ПК – приточная камера; ПВЛУ – приточно-вытяжные локализирующие устройства; КП – курсовой проект.

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например "... в формуле (3.1)".

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается "Рисунок 1".

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например - Рисунок 1.1.



Материал, дополняющий текст пояснительной записки, допускается помещать в приложениях.

**В ПРИЛОЖЕНИЯ** выносятся вспомогательные или дополнительные материалы, которые не могут быть по техническим или другим причинам включены в основной текст, например, большой формат. Их цель – избежать излишней нагрузки текста различными аналитическими, расчетными, статистическими материалами, программами, методиками и т.п., которые не содержат основную информацию. Каждое приложение начинается с новой страницы, имеет номер и заголовок.

Иллюстрации, поясняющие расчеты, например, I-d диаграмма, расчетная схема системы вентиляции при аэродинамическом расчете, должны размещаться по ходу текста. Монтажные схемы систем по согласованию с руководителем проектирования могут быть вынесены в приложения.

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например - Рисунок А.3.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова "Приложение" следует буква, обозначающая его последовательность.

Подробно правила оформления пояснительной записки курсовых проектов и записок ВКР в частности оформления, построения таблиц, библиографических ссылок и библиографического списка литературы, приведены в учебном пособии, разработанном на кафедре [28]. Примером оформления текстового документа является оформление текста данного пособия.

## 12.2 Оформление графической части

Перечень графического материала с видом и количеством обязательных чертежей указывается преподавателем в задании на курсовой проект.

Чертежи должны выполняться на бумаге формата А1 (594×841 мм). Допускается применять другие форматы, оставляя постоянной короткую сторону листа (594 мм). Рабочее поле чертежа должно иметь рамку, отстоящую от кромки листа справа, сверху, снизу на 5 мм и слева на 20 мм.

Каждый лист графического документа должен быть оформлен основной надписью и дополнительными графами к ней. Расположение основной надписи, дополнительных граф к ней и размерных рамок на графических листах приведены в ГОСТ 2.301-68. Форма основной надписи и указания по её заполнению приведены в ГОСТ 2.104-68\*. Основную надпись располагают в правом нижнем углу листа. Основную надпись, дополнительные графы к ней и рамки должны выполняться сплошными толстыми основными и сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303-68.

Состав и правила оформления рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования зданий и сооружений различного назначения, должны соответствовать ГОСТ 21.602-2003 и ГОСТ 21.605-82. Для наглядности системы воздухопроводов приточных систем должны быть окрашены

в красный цвет, а вытяжные – в голубой. Вентиляционное оборудование не закрашивается.

В курсовом проекте схемы планов и разрезы чертежей систем на этажах, в подвале и на чердаке должны выполняться в масштабе в соответствии с ГОСТ. Схемы систем в аксонометрической проекции в М 1:100, планы и разрезы чертежей приточных и вытяжных систем М 1:50 или 1:100.

Оформление чертежей выполняется в соответствии с разделами 6 и 7 ГОСТ 21.602-2003.

В частности на планах этажей (подвала, чердака) и разрезах указываются:

- ◆ координационные оси здания и расстояние между ними; отметки чистых полов этажей;
- ◆ экспликация помещений, размещенных на этажах;
- ◆ размерные привязки вентиляционных приточных и вытяжных установок (вентиляторов по двум его осям), к осям здания;
- ◆ буквенно-цифровое обозначение систем, например: П5, В8;
- ◆ на разрезах – отметки оси вентиляторов, воздухозаборных устройств, устья вытяжных шахт, отметки размещения в помещении воздухо-раздающих и воздухоудаляющих устройств (решеток, плафонов), оси круглых и низа прямоугольных воздуховодов

Разрезы здания или сооружения обозначают арабскими цифрами последовательно в пределах основного комплекта рабочих черней. Допускается самостоятельная нумерация для разрезов отдельных участков здания, сооружения или установок, все чертежи которых размещены на одном листе. Допускается разрезы обозначать прописными буквами русского алфавита. Направление взгляда для разреза по плану здания и сооружения принимают, как правило, снизу вверх и справа налево.

Если отдельные части фасада, плана, разреза требуют более детального изображения, то дополнительно выполняют местные виды и выносные элементы – узлы и фрагменты. На изображении, откуда выносятся узел, соответствующее место отмечают замкнутой сплошной тонкой линией (окружностью, овалом).

*Линии чертежа.* При выполнении графической документации (чертежей, схем и т.д.) применяют сочетания линий, начертание которых зависит от их назначения, т.е. отображения этими линиями той или иной информации. Наименование, начертание, толщина Линий по отношению к толщине основной линии и рекомендации по применению различных типов линий приведены в таблице 12.1.

На планах и разрезах воздуховоды и вентиляционное оборудование показываются основной толстой линией; строительные конструкции и технологическое оборудование (плиты, варочные котлы и т.д.) – изображаются упрощенно тонкой линией.

Толщину линий на чертежах рекомендуется принимать (миллиметрах): на планах и разрезах: строительных конструкций – 0,2; контуры технологического оборудования – 0,4; воздуховодов – 0,6-0,8. Горизонтальные утепленные каналы на плане чердака изображаются (условно) двумя тонкими линиями, если коробка выполнена с воздушной прослойкой. Каналы из строительных конструк-

ций на планах этажей и разрезах – двумя линиями, основной и пунктирной, указывающие на толщину стенки канала.

На планах должны наноситься вентиляционные каналы с указанием места расположения жалюзийных решеток. Обязательно указание размеров всех участков горизонтальных воздухопроводов, жалюзийных решеток.

Таблица 12.1 Линии чертежа

Наименование	Начертание	Толщина, мм	Основное назначение
1 Сплошная толстая основная		$S=0,6 \dots 1,5$	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения
2 Сплошная тонкая		$\text{От } \frac{S}{3} \text{ до } \frac{S}{2}$	Линии контура Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии-выноски Полки линий-выносок и подчеркивание надписей Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
3 Сплошная волнистая			Линии обрыва Линии разграничения разреза
4 Штриховая			Линии невидимого контура Линии перехода в невидимые
5 Штриховая пунктирная тонкая			Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии
6 Разомкнутая		От $S$ до $1,5S$	Линия сечений
7 Сплошная тонкая с изломами		$\text{От } \frac{S}{3} \text{ до } \frac{S}{2}$	Длинные линии обрыва

У вертикальных каналов размеры указываются лишь на том этаже, где установлена жалюзийная решетка (на остальных этажах вертикальные каналы помечаются цифрой, обозначающей номер этажа и знаком плюс – приточные, и минус – вытяжные). У каждой жалюзийной решетки должна быть начерчена стрелка, показывающая направление движения воздуха с указанием размеров жалюзийных решеток и каналов.

На плане чердачного помещения должны быть помечены вытяжные шахты, у которых на выносной линии делается указание о размерах, конструкции шахты и о наличии зонта или дефлектора с указанием номера или размера.

Основные условные графические обозначения элементов санитарно-технических систем и буквенно-цифровые обозначения трубопроводов этих систем на чертежах и схемах при проектировании зданий и сооружений различного назначения должны выполняться в соответствии с ГОСТ 21.205-93.

Схема систем в аксонометрической проекции выполняется в двух вариантах: расчетные и монтажные.

Расчетные схемы размещаются в пояснительной записке. На них указываются номера расчетных участков их длины, расход воздуха.

Монтажные схемы (рисунок 12.1) изображаются на чертежах с выполнением требований п.6.2.7 ГОСТ 21.602-2003 с указанием:

- диаметров или сечений ( $a \times b$ ) каналов и воздухопроводов;
- расходов воздуха;
- отметки оси вентиляторов, воздухопроводов круглого сечения или низа каналов прямоугольного сечения, отметки воздухозабора, устья вытяжных шахт, мест установки воздухоподающих и воздухоприемных устройств в помещении
- регулирующие устройства, замерных и прочистных лючков.

Толщина линий на аксонометрических схемах рекомендуется следующая (мм): воздухопроводов – 0,8-1,5; контуры установок и оборудования – 0,4.

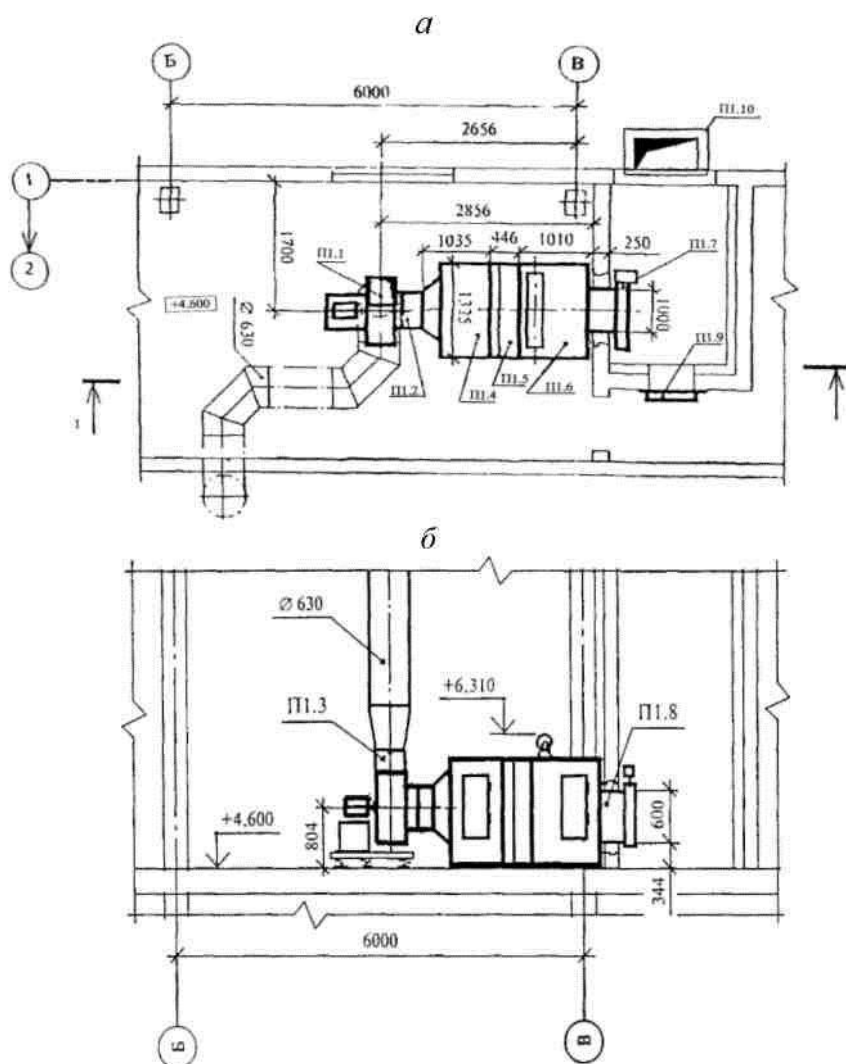
Условное обозначение систем и установок в зависимости от их назначения даны в таблице 12.2.

Чертежи установок (установочные чертежи) выполняются в масштабе 1:50 или 1:20. Изображение установки делается в двух проекциях (в плане и вид сбоку), с привязкой к строительным конструкциям (осям здания, рисунок 12.2).

Таблица 12.2 Условные обозначения систем и установок

Наименование систем и установок систем	Марка
С механическим побуждением:	
приточные системы, установки систем	П
вытяжные системы, установки систем	В
воздушные завесы	У
агрегаты отопительные	А
С естественным побуждением:	
приточные системы	ПЕ
вытяжные системы	ВЕ





*a* – на плане; *б* – на разрезе 1-1

Рисунок 12..2 Пример выполнения типовой приточной установки 2ПК с привязкой к строительным конструкциям

Таблицы 12.3 Пример составления спецификации оборудования приточной камеры

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа
<b>Вентиляция</b>		
	Камера приточная вентиляционная правого исполнения (П1)	2ПК10 5.904-75.94
П1.1	Вентилятор радиальный № 6,3, исполнение 1	ВЦ4-75
П1.2	Гибкая вставка к вентилятору $D = 700, d=630, L=120$	В-12 5.904-38
П1.3	Гибкая вставка к вентилятору $A \times B=470 \times 470, a \times b=445 \times 445, L=120$ мм	Н-15 5.904-38
П1.4	Соединительная секция	А-1 А4700002
П1.5	Калориферная секция (двухрядная)	А-1 А433000
П1.6	Приемная секция с фильтром	А-1 А451000
П1.7	Утепленный клапан (заслонка)	КВУ 600×1000
П1.8	Узел прохода через перегородку	
П1.9	Герметичная дверь $D=1,25 \times 0,5$	
П1.10	Шахта воздухозаборная 600×1000	

Условные обозначения элементов вентиляционных систем на планах и разрезах и схемах по ГОСТ 21.602-2003 и АВОК 1.05-2006 приведены в таблицах 12.4 и 12.5.

Таблица 12.4 Условные графические обозначения в проектах вентиляции (ГОСТ 21.205-93)

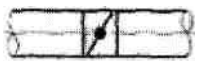

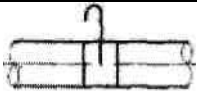
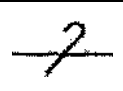


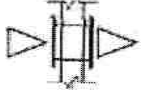
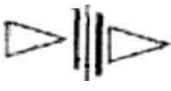
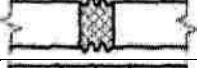
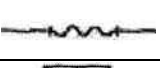
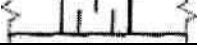
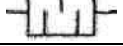



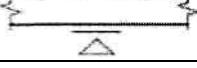

Обозначение		Наименование
На видах сверху и на планах	На видах спереди или сбоку На разрезах и схемах	
		Воздуховод
Воздуховод (при упрощенном графическом изображении двумя линиями):		
		а) круглого сечения
		б) прямоугольного сечения
		Отверстие (решетка) для забора воздуха
		Отверстие (решетка) для выпуска воздуха
		Воздухораспределитель
		Местная вытяжка (отсос, укрытие)
		Дефлектор
		Зонт
		Заслонка (клапан) вентиляционная
		Шибер
		Клапан обратный вентиляционный
		Клапан огнезадерживающий
		Лючок для замера параметров воздуха (под полкой - обозначения документа)
		Лючок для чистки воздуховодов (под полкой - обозначения документа)
		Узел прохода вентиляционной шахты
		Камера вентиляционная приточная (кондиционер)
		Шумоглушитель

Таблица 12.5 Условные графические обозначения в проектах вентиляции  
(СТО НП АВОК 1.05-2006)

Обозначение		Наименование
На планах и разрезах	На схемах	
Воздуховоды		
		Воздуховод, общее обозначение
		Воздуховод круглого сечения
		Воздуховод прямоугольного сечения (*вторая цифра - высота)
		Вентиляционный канал (*вторая цифра - высота)
		Воздуховод круглого сечения, идущий в видимую сторону
		Воздуховод круглого сечения, идущий в невидимую сторону
		Воздуховод прямоугольный, идущий в видимую сторону
		Воздуховод прямоугольный, идущий в невидимую сторону
		Канал из строительных конструкций, идущий (*вторая цифра - высота канала) в видимую сторону
		Канал из строительных конструкций, идущий (*вторая цифра - высота канала) в невидимую сторону
Элементы систем вентиляции		
		Дефлектор
		Зонт



Окончание таблицы 9.5

Обозначение		Наименование
На планах и разрезах	На схемах	
		Заслонка (дроссель-клапан) вентиляционная
		Шибер
		Решетка настенная
		Решетка переточная в стене
		Вставка гибкая
		Шумоглушитель
		Решетка жалюзийная наружная (воздухозаборная или вытяжная)
		Отверстие (решетка) для выпуска воздуха
		Отверстие (решетка) для забора воздуха

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в рабочей зоне. 2.5.13-03, Негосударственные нормативы) М., 2005 г.
2. ГОСТ 12.1.005-88 Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-технические требования.
3. ГОСТ 21.602-79 Система проектной документации для строительства. Отопление, вентиляция и кондиционирования воздуха. Рабочие чертежи.
4. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 утв. Минрегион России 30.06.2012: ввод. в действие с 1.01.2013 – М. : ФАУ «ФЦС», 2012.– 81с.
5. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001: утв. Минрегион России 30.12.2010: ввод. в действие с 20.05.2011 – М. : ФГУ «ФЦС», 2011.–17 с.
6. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99: утв. Минрегион России 30.06.2012: ввод. в действие с 1.01.2013 – М. : ФАУ «ФЦС», 2012.–120с.
7. Указания по строительному проектированию предприятий зданий и сооружений машиностроительной промышленности. СН-118-68. М; Госстройиздат, 1968г., 103с.
8. Рекомендации по проектированию отопления и вентиляции машиностроительных заводов:
  - литейных цехов производства чугуна, стали и медных сплавов (латуни и бронзы). Сер. АЗ-489. М.: ГПИ Сантехпроект, 1970- 79с.
  - окрасочных цехов и участков. Сер. АЗ-202. М.: ГПИ Сантехпроект, 1972г., 20 с.
9. Руководство по проектированию отопления и вентиляции предприятий машиностроительной промышленности. Гальванические и травильные цехи. Министерство монтажных и специальных строительных работ. АЗ-782. СССР М: ЦБНТИ, 1980г., 24с.
10. Нормы отдельных производств по проектированию» отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха предприятий машиностроительной промышленности. Термические цехи. АЗ-194.М.; Союзсантехпроект, 1965г., 17с.
11. Нормы отдельных производств по проектированию отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха предприятий машиностроительной промышленности. Кузнечно-прессовые цехи. АЗ-191.М.; Союзсантехпроект, 1965г., 13с.
12. Нормы отдельных производств по проектированию отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха предприятий машиностроительной промышленности. Термообрубные цехи. АЗ-170.М.; Союзсантехпроект, 1965г., 8с.
13. Нормы отдельных производств по проектированию отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха предприятий машиностроительной промышленности. Механические, ремонтные и сборочные цехи. АЗ-201.М.; Союзсантехпроект, 1965г., 15с.

14. Руководство по проектированию отопления и вентиляции предприятий машиностроительной промышленности. Сварочные цеха. АЗ-499.М.; Союзсантехпроект, 1978г., 24с.

15. Местные отсосы и укрепления к технологическому оборудованию машиностроительных заводов. Альбом серии ОВ-02-148, втп. 1, 2, 3, 4. М., Центральный институт типовых проектов. Втп. 1-70с.

16. Альбом типовых местных отсосов. (АПТМО) М. Сантехпроект, 1967г., 146с.

17. Рекомендации по проектированию отопления и вентиляции в чугунолитейных цехах. ТРМ, 22-00-71, М., Сантехпроект, 1971г., 180с.

18. Рекомендации по выбору и расчету систем воздухораспределения. Серия АЗ-669, М.; ГПИ Сантехпроект, 1979г., 68с.

19. Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов. № 1009-3-73, М.; Минздрав СССР, 1974г., 34с.

20. Справочник проектировщика. Под ред. Староверова И.П. ч. II Вентиляция и кондиционирование воздуха. М., Стройиздат, 1978г., 502с.

21. Торговников Б.М., Табочник В.Е., Ефанов Е.Н. Проектирование промышленной вентиляции.; Справочник К. Будівельник, 1989г., 256с.

22. Волков О.Д. Проектирование вентиляции промышленного здания. Х., «Вышшая школа» 1989г., 240с.

23. Злобинский Б.М. Производственная санитария; Справочное пособие. М., Металлургия, 1969г., 687с.

24. Молчанов Б.С. Проектирование промышленной вентиляции, Л.; Стройиздат, 1970г., 240с.

25. Гримитлип М.И. и др. Вентиляция и отопление машиностроительных заводов./М.И. Гримитлин, О.Н. Тимофеева, В.М. Эльтерман и др. М.; Машиностроение, 1978г., 272с.

26. Бромлей М.Ф., Щеглов В.П. Проектирование отопления и вентиляции производственных зданий. М.; издательство литературы по строительству, 1965г., 277с.

27. Отопление и вентиляция под ред. Богословского В.Н. М.; Стройиздат, 1976г., ч. II вентиляция, 439с.

28. Богословский В.Н., Щеглов В.П., Разумов А.Н. Отопление и вентиляция. М.; Стройиздат, 1980г., 296с.

29. Фиалковская Т.А., Середнева В.П. Вентиляция при окрашивании изделий. М.; Машиностроение, 1986г., 148с.

30. Молчанов Б.С., Четков Б.А. Проектирование промышленной вентиляции. М.; Стройиздат, 1964г., 278с.

31. ВП. Титов, Э.В. Сазонов, Ю.С. Краснов, В.И. Навожилов Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий. М.; Стройиздат,

32. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3, книга 1 Вентиляция и кондиционирование воздуха под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера М., Стройиздат, 1992г., 320стр.

33. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3, книга 2 Вентиляция и кондиционирование воздуха под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И Шиллера М., Стройиздат, 1992г., 416стр.

34. Каменев П.Н, Тертичник Е.И. Вентиляция. Учебное пособие - М., Изд-во АСВ, 2008. – 624 стр.

35 Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. М. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. 1987, 200с.

36 Временная методика по определению выбросов вредных веществ в атмосферу, предприятиями, М. Министерство радиотехнической промышленности, 1990, 90с.

37. Расчет воздухообмена цехов машиностроительного производства : учебное пособие / Р. А. Ковалев, Г. Н. Зеленко, В. Ф. Рожков ; ТулГУ, Ин-т горного дела и стр-ва .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2018 .— 217 с.

38. Пособие 1.91 к СНиП 2.04.05-91. Расчет и распределение приточного воздуха. -М., 1993. -48 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(рекомендуемое)

Климатические данные некоторых городов РФ  
(извлечения из СП 131.1333.2012)

Таблица 1.1. Климатические данные для некоторых городов РФ

№ п.п	Наименование пункта	Географическая широта, ° с.ш.	Барометрическое давление, гПа	Параметры А		Параметры Б		Скорость ветра, м/с	Продолжительность, сут, и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха				$t_{н.эф}$ , °С	$I_{ср}$ , Вт/м <sup>2</sup>
				Параметры А		Параметры Б			≤ 8°С		≤ 10°С			
				Температура воздуха, °С,	Удельная энтальпия, кДж/кг	Температура воздуха, °С,	Удельная энтальпия, кДж/кг		средняя температура	продолжительность	средняя температура	продолжительность		
1	Ачинск	56	987	23/-21	49	26/-36	-41	4,8/4,8	-7	232	-5,8	250	18,8	327
2	Барнаул	52	997	26/-21	51,9	28/-36	-38,9	1,0/4,0	-7,8	213	-6,3	230	19,8	329
3	Бийск	52	993	24/-23	51,1	26/-38	-38,1	1,0/4,7	-7,8	222	-6,7	236	19,8	329
4	Братск	56	970	21,1/-26	49	25,3/-43	-43,1	1,0/3,4	-8,6	244	-7,5	266	17,8	327
5	Владимир	56	995	20,8/-16	49,4	26,8/-28	-27,8	1,0/4,5	-3,5	213	-2,6	230	17,9	327
6	Вологда	48	999	21/-15	50,2	24/-32	-30,6	3,9/3,9	-4	228	-3	246	17,3	328
7	Воронеж	52	999	25/-13	52,3	24/-24	-25,3	1,0/4,0	-2,5	190	-1,6	206	20,1	329
8	Екатеринбург	56	982	23/-18	48,1	27/-32	-34,6	2,7/4,1	-5,4	221	-4,3	239	18,5	327
9	Енисейск	60	1000	21,8/-27	48,1	26/-46	-46,3	1,0/3,7	-9,6	245	-8,4	262	18,5	319
10	Иваново	56	995	20,9/-17	49,8	25,1/-30	-28,6	2,8/4,9	-3,9	219	-2,9	236	17,6	327
11	Илимск	56	975	23,1/-30	49,4	27,2/-45	-45,2	1,0/1,0	-11	255	-9,8	270	17,6	327
12	Казань	56	1002	24/-16	51,1	28/-31	-31,7	1,0/3,8	-4,8	208	-3,8	223	19,7	327
13	Кемерово	56	1001	24/-22	50,2	27/-39	-38,9	1,0/3,4	-8	227	-6,9	243	19,0	327
14	Вятка	60	995	21,8/-19	50,7	25,7/-33	-32,6	4,0/5,3	-5,4	231	-4,8	247	17,9	319
15	Курган	56	1008	25/-21	51,1	29/-36	-36,9	1,0/5,6	-7,6	212	-6,3	229	19,6	327
16	Курск	52	986	23/-12	51	27/-24	-25	3,5/3,9	-2,3	194	-1,4	211	19,0	329
17	Кызыл	52	947	26/-37	48,6	29/-47	-48,1	1,3/1,7	-15	225	-13,7	238	20,2	329
18	Липецк	52	995	23,5/-15	50,2	27,5/-27	-26,5	4,1/5,9	-3,4	202	-2,5	218	20,2	329
19	Челябинск	56	985	21,7/-21	48,1	25,9/-34	-33,5	3,2/4,5	-6,5	218	-5,5	233	18,4	327
20	Мариинск	56	995	22,1/-23	50,2	26,2/-40	-39,9	1,0/5,7	-7,7	235	-6,6	251	18,3	327
21	Минусинск	52	990	25/-24	51,1	28/-40	-40,3	1,0/4,1	-7,4	221	-6,7	238	19,9	329
22	Москва	56	997	23/-13	49,4	26/-25	-25,3	1,0/2,0	-2,2	205	-1,3	223	18,7	327
23	Новосибирск	56	1003	23/-22	50,2	26/-37	-38,9	2,0/4,7	-8,1	221	-6,9	238	19,4	327

Окончание таблицы 1.1

№ п.п	Наименование пункта	Географическая широта, ° с.ш.	Барометрическое давление, гПа	Параметры А		Параметры Б		Скорость ветра, м/с	Продолжительность, сут, и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха				$t_{н.ср.},$ °С	$I_{ср.},$ Вт/м <sup>2</sup>
				Температура воздуха, °С,	Удельная энтальпия, кДж/кг	Температура воздуха, °С,	Удельная энтальпия, кДж/кг		≤ 8°С		≤ 10°С			
									средняя температура	продолжительность	средняя температура	продолжительность		
24	Омск	56	1003	24/-22	49,4	28/-37	-36,8	2,0/2,8	-8,1	216	-6,9	232	19,5	327
25	Орел	52	992	23/-13	49,8	26/-25	-25,3	4,8/4,7	-2,4	199	-1,5	216	18,7	329
26	Пермь	56	995	23/-18	50,2	27/-35	-34,9	1,0/3,4	-5,5	225	-4,4	243	18,2	327
27	Пенза	52	996	24/-15	23,8	27/-27	-28,8	3,8/4,4	-4,1	200	-3,2	214	19,8	329
28	Рязань	56	1000	21,7/-16	22,8	25,9/-27	-26,8	4,1/7,3	-3,5	208	-2,6	224	18,5	327
29	Самара	52	995	24,6/-18	24,3	28,5/-30	-29,8	3,2/5,4	-5,2	203	-4,3	217	20,4	329
30	Тамбов	52	995	23,2/-16	24,5	27,3/-28	-27,8	2,8/4,7	-3,7	201	-2,7	217	19,8	329
31	Тула	56	995	21,9/-15	22,2	26,1/-27	-26,6	3,4/4,9	-3,0	207	-2,1	224	18,6	327
32	Тюмень	56	1004	23/-20	22,4	26/-35	-37,2	2,3/3,0	-6,9	223	-5,7	241	18,6	327
33	Улан-Удэ	52	957	24/-28	23,7	28/-35	-37,1	1,0/2,1	-10,3	210	-9,0	246	19,6	329
34	Уфа	56	1005	25/-18	23,4	28/-33	-34,5	1,0/4,0	-6,0	209	-5,0	224	19,4	327
35	Хабаровск	48	1002	25/-25	24,1	27/-29	-30,8	1,0/3,9	-9,5	204	-8,3	219	21,3	328

**Примечания:**

1. Температуры воздуха по параметрам А для теплого периода года приведены с обеспеченностью 0,95 (числитель), для холодного периода с обеспеченностью 0,94 (знаменатель).

2. Температуры воздуха по параметрам Б для теплого периода года приведены с обеспеченностью 0,98 (числитель), для холодного периода температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 (знаменатель).

3. Скорости ветра А и Б принимаются одинаковыми: для теплого периода как минимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь месяц (числитель), для холодного периода, как максимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль месяц (знаменатель).

4. Средняя температура отопительного периода.  $t_{от.ср.},$  °С, и  $Z_{от.}$  - продолжительность отопительного периода принимается при средней суточной температуре воздуха ≤8°С

**Примечания:**

1. Температуры воздуха по параметрам А для теплого периода года приведены с обеспеченностью 0,95 (числитель), для холодного периода с обеспеченностью 0,94 (знаменатель).
2. Температуры воздуха по параметрам Б для теплого периода года приведены с обеспеченностью 0,98 (числитель), для холодного периода температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 (знаменатель).
3. Скорости ветра А и Б принимаются одинаковыми: для теплого периода как минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль месяц (числитель), для холодного периода, как максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь месяц (знаменатель).
4. Средняя температура отопительного периода,  $t_{\text{ср.от.}}, ^\circ\text{C}$ , и  $Z_{\text{от.}}$  - продолжительность отопительного периода принимается при средней суточной температуре воздуха  $\leq 8^\circ\text{C}$

Таблица 2.1 Поступление тепла от прямой ( $\Pi$ ) и рассеянной ( $P$ ) радиации в июле через вертикальное и горизонтальное остекление

Расчетная географическая широта, град. с. ш.	Истинное солнечное время, ч		Тепловой поток (количество тепла), Вт/м <sup>2</sup>																								
			Вертикальное остекление до полудня																Горизонтальное остекление								
	до полудня	после полудня	С	СВ	В	ЮЗ				Ю				3	СЗ												
						Вертикальное остекление до полудня										ЮЗ				Ю				В		СВ	
						П	Р	П	Р	П	Р	П	Р			П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р
36	5-6	18-19	69	36	117	36	116	24	24	28	-	16	-	16	-	21	-	19	13	31							
	6-7	17-18	53	71	334	91	348	109	156	96	-	52	-	36	-	44	-	47	100	62							
	7-8	16-17	27	81	369	114	135	134	273	109	-	71	-	56	-	55	-	56	242	78							
	8-9	15-16	-	71	274	104	419	123	307	108	-	77	-	60	-	64	-	60	470	87							
	9-10	14-15	-	64	148	80	345	99	298	91	35	78	-	63	-	62	-	62	554	100							
	10-11	13-14	-	62	33	71	186	85	230	83	87	78	-	65	-	62	-	65	672	101							
	11-12	12-13	-	60	-	67	33	76	119	74	110	78	3	69	-	67	-	65	716	104							
40	5-6	18-19	71	31	170	47	214	47	50	35	-	20	-	20	-	21	-	22	20	31							
	6-7	17-18	51	71	350	97	419	112	183	86	-	55	-	42	-	44	-	47	114	62							
	7-8	16-17	6	78	345	114	493	133	302	109	-	71	-	56	-	55	-	57	271	78							
	8-9	15-16	-	71	258	104	471	121	354	108	60	78	-	60	-	60	-	60	431	87							
	9-10	14-15	-	64	116	80	363	99	342	95	150	79	-	63	-	62	-	62	558	93							
	10-11	13-14	-	62	6	71	191	81	274	83	222	81	-	67	-	62	-	65	651	100							
	11-12	12-13	-	60	-	67	35	73	172	77	257	81	45	72	-	65	-	65	692	104							
44	5-6	18-19	84	38	222	53	292	58	72	40	-	23	-	22	-	22	-	23	31	37							
	6-7	17-18	42	70	369	98	452	112	209	86	-	55	-	44	-	44	-	33	125	62							
	7-8	16-17	-	77	357	110	509	130	333	109	-	71	-	55	-	55	-	55	283	88							
	8-9	15-16	-	71	356	101	490	121	398	108	66	79	-	60	-	69	-	60	431	83							
	9-10	14-15	-	64	84	80	371	100	387	101	162	81	-	63	-	60	-	62	543	93							
	10-11	13-14	-	60	-	71	193	80	305	86	245	84	-	67	-	60	-	64	629	98							
	11-12	12-13	-	59	-	67	37	72	214	79	288	85	73	77	-	65	-	65	668	98							

Продолжение таблицы 2.1

Расчетная географическая широта, град. с. ш.	Истинное солнечное время, ч	Тепловой поток (количество тепла), Вт/м <sup>2</sup>																			
		Вертикальное остекление до полудня										Горизонтальное остекление									
		С					В					3					ЮЗ				
		СВ					Ю					ЮВ					П				
		П					Р					П					П				
до полудня	после полудня	С					В					3					ЮЗ				
		СВ					Ю					ЮВ					П				
		П					Р					П					П				
		Р					П					П					П				
		Р					П					П					П				
48	5-6	93	45	256	60	327	65	95	45	-	27	-	26	-	24	-	26	37	42		
	6-7	35	69	385	98	472	114	237	87	-	55	-	43	-	44	-	44	145	62		
	7-8	-	74	349	107	542	129	363	109	3	73	-	53	-	53	-	53	285	74		
	8-9	-	70	222	99	497	121	427	112	80	81	-	60	-	58	-	59	420	83		
	9-10	-	64	60	81	372	100	419	107	186	86	-	65	-	58	-	62	519	87		
	10-11	-	60	-	71	193	81	352	94	271	87	7	70	-	60	-	64	601	93		
	11-12	-	59	-	67	37	72	251	84	317	88	106	78	-	65	-	65	643	98		
	5-6	102	56	301	69	371	73	116	52	-	31	-	28	-	28	-	28	57	42		
	6-7	26	69	391	98	497	119	273	91	-	59	-	43	-	44	-	44	158	62		
	7-8	-	71	337	106	545	129	398	110	13	76	-	55	-	53	-	53	291	74		
	8-9	-	67	197	97	498	123	448	114	94	85	-	63	-	57	-	58	419	83		
52	9-10	-	63	42	79	374	100	429	110	206	87	-	67	-	59	-	60	508	87		
	10-11	-	60	-	69	193	84	363	98	299	90	14	72	-	60	-	62	585	93		
	11-12	-	59	-	65	37	73	231	87	344	91	150	78	-	65	-	63	630	98		
	4-5	88	19	165	33	227	27	17	20	-	12	-	13	-	13	-	12	33	20		
	5-6	104	56	344	64	423	74	140	57	-	35	-	28	-	30	-	30	76	42		
	6-7	17	68	401	93	523	115	287	90	-	58	-	42	-	43	-	44	169	57		
	7-8	-	65	340	98	547	122	424	105	22	74	-	53	-	48	-	53	287	71		
	8-9	-	62	174	8	504	114	479	108	128	85	-	64	-	55	-	56	405	78		
	9-10	-	58	26	71	378	91	479	102	245	88	-	67	-	56	-	57	493	87		
	10-11	-	57	-	62	193	76	427	92	347	91	21	72	-	58	-	58	566	91		
	11-12	-	55	-	59	37	67	330	79	398	92	175		-	63	-	58	606	93		
56	5-6	104	56	344	64	423	74	140	57	-	35	-	28	-	30	-	30	76	42		
	6-7	17	68	401	93	523	115	287	90	-	58	-	42	-	43	-	44	169	57		
	7-8	-	65	340	98	547	122	424	105	22	74	-	53	-	48	-	53	287	71		
	8-9	-	62	174	8	504	114	479	108	128	85	-	64	-	55	-	56	405	78		
	9-10	-	58	26	71	378	91	479	102	245	88	-	67	-	56	-	57	493	87		
	10-11	-	57	-	62	193	76	427	92	347	91	21	72	-	58	-	58	566	91		
	11-12	-	55	-	59	37	67	330	79	398	92	175		-	63	-	58	606	93		



Окончание таблицы 2.1

Расчетная географическая широта, град. с. ш.	Истинное солнечное время, ч	Тепловой поток (количество тепла), Вт/м <sup>2</sup>																			
		Вертикальное остекление до полудня										Горизонтальное остекление									
		до полудня					после полудня					СЗ					3				
		до полудня					после полудня					СЗ					3				
		до полудня					после полудня					СЗ					3				
		П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р
60	3-4	40	7	63	9	95	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4-5	112	28	272	40	291	37	58	14	-	16	-	15	-	14	-	14	-	14	49	23
	5-6	107	51	387	71	448	78	152	58	-	35	-	28	-	30	-	33	-	92	42	42
	6-7	15	59	404	86	542	107	313	85	-	53	-	40	-	40	-	43	-	178	57	57
	7-8	-	57	331	83	556	110	441	97	37	70	-	49	-	45	-	50	-	284	65	65
	8-9	-	55	147	77	509	99	501	98	166	81	-	60	-	50	-	52	-	391	67	67
	9-10	-	51	19	62	378	77	501	92	287	86	-	65	-	51	-	53	-	466	78	78
	10-11	-	51	-	55	193	65	452	84	384	91	70	69	-	53	-	53	-	534	80	80
	11-12	-	50	-	55	37	60	363	74	449	91	215	71	-	56	-	53	-	578	78	78
	3-4	70	19	126	23	121	19	35	12	-	12	-	9	-	9	-	18	-	34	15	15
	4-5	158	38	330	51	307	51	97	38	-	21	-	19	-	21	-	22	-	63	30	30
64	5-6	109	52	429	74	471	85	208	62	-	36	-	28	-	31	-	35	-	105	42	42
	6-7	12	55	408	83	558	105	362	85	-	52	-	38	-	37	-	44	-	187	57	57
	7-8	-	52	316	83	576	106	483	95	57	69	-	47	-	42	-	48	-	286	62	62
	8-9	-	51	133	78	519	95	543	95	194	79	-	58	-	47	-	50	-	386	62	62
	9-10	-	49	12	58	379	74	544	91	331	85	-	64	-	48	-	50	-	442	72	72
	10-11	-	48	-	51	193	62	488	83	436	90	116	67	-	49	-	51	-	507	67	67
	11-12	-	48	-	51	37	57	395	74	495	90	256	70	-	51	-	51	-	544	65	65
	2-3	69	17	145	16	144	12	28	9	-	9	-	6	-	7	-	8	-	29	15	15
	3-4	122	28	281	33	258	35	70	17	-	19	-	12	-	9	-	14	-	59	31	31
	4-5	128	44	409	58	384	65	135	42	-	23	-	17	-	19	-	20	-	83	37	37
	5-6	113	52	475	78	504	95	245	66	-	38	-	28	-	31	-	38	-	134	47	47
68	6-7	9	55	412	83	584	106	387	88	7	55	-	38	-	37	-	44	-	198	57	57
	7-8	-	51	297	83	588	106	499	99	79	67	-	47	-	42	-	48	-	283	62	62
	8-9	-	51	135	74	531	98	578	99	241	102	-	58	-	47	-	49	-	376	62	62
	9-10	-	48	5	57	394	74	583	91	369	85	-	65	-	48	-	49	-	440	67	67
	10-11	-	48	-	51	193	62	331	82	463	90	174	65	-	49	-	50	-	482	67	67
	11-12	-	48	-	51	37	57	442	74	523	90	302	71	-	51	-	51	-	520	67	67

**Таблица 3.1** Тепловой баланс цеха

[illegible]

**Таблица 4.1** Исходные данные для расчета воздухообмена цеха

[illegible]

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

(рекомендуемое)

### Рекомендуемые схемы вентиляции, способы подачи и удаления воздуха и значения коэффициента «m» (извлечения из СН-118-68)

Таблица 5.1 Рекомендуемые схемы вентиляции, способы подачи и удаления воздуха и значения коэффициента «m»

Наименование		Вредности (основное)	Коэф. "m" для схем вентиляции «снизу-вверх»	Вытяжная вентиляция	Приточная вентиляция		Примечание
цехов	отделений				Холодный период года	Теплый период года	
1	2	3	4	5	6	7	8
Цехи холодной обработки металлов и механосборочные	Отделения механической обработки деталей и общей узловой сборки. Токарно- шлифовальные отделения подшипников заводов.	Тепло, абразивная пыль, металлическая пыль, пары охлаждающих жидкостей (воды, импульсий, керосина и др.), аэрозоли охлаждающих жидкостей, нитрита натрия, триэтиленмина и соли	0.7	Местные отсосы и общеобменная из верхней зоны	Сосредоточенная подача	Естественная, на глубине более 30 м от наружных стен, как в холодный период года	
	Шлифовальные и заточные отделения механических и инструментальных цехов	Металлическая, абразивная пыль					
Цехи сварных конструкций	Заготовительные отделения	Абразивная и металлическая пыль, тепло, пары охлаждающих жидкостей (воды, эмульсий, керосина и др.), аэрозоли охлаждающих жидкостей	0.7	Местные отсосы и общеобменная из верхней зоны	Сосредоточенная подача	Естественная, при глубине 30 м от наружных стен, как в холодный период года	
	Механические отделения						
	Сборочно-сварочные отделения	Пыль, вредные химические соединения, окрасочные аэрозоли, пары углеводородов	0,6				

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Термические цехи	Прессо-штамповочные и термические отделения	Тепло, продукты сгорания топлива, пары углеводородов	0,5	То же	Естественная на отметке не ниже 4 м	Естественная	Воздушные души на рабочих местах у молотов, нагревательных печей, прессов и горизонтально-ковочных машин
Кузнечно-прессовые цехи		Тепло, дымовые газы, пары соляной кислоты, металлическая пыль	0,4	То же	Естественная через окна на отметке не ниже 4 м	То же	То же
Модельные и деревообрабатывающие цехи, ремонтно-строительные цехи	Станочно-заготовительные и сборочные отделения	Тепло, древесная пыль, опилки	0,6	Местные отсосы	Рассеянная подача в верхнюю зону	Естественная	
ремонтно-строительные цехи	Заготовочные отделения	Тепло, абразивная пыль и металлическая, углеводороды	0,5	То же	То же	То же	То же
Цехи травления и металлопокрытий	Отделения травления	Пары щелочей, кислот, металлическая пыль и абразивная	-	Местные отсосы и общеобменная из верхней зоны	Рассеянная подача в верхнюю зону	Естественная, при близком расположении к окнам оборудования с бортовыми отсосами, как в холодный период года	
	Отделения электрохимической обработки	Пары кислот, водород, цианистый водород	-	То же	То же	То же	
	Отделение приготовления растворов	Цианистый водород	-	То же	То же	То же	

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Цехи травления и металлопокрытий	Полпировальные отделения	Хлопчатобумажная и металлическая пыль, хром	-	Местные отсосы	Рассеянная подача в верхнюю зону	Естественная	
	Отделения хромирования	Туман и пары хромовой кислоты и хромового ангидрида	-	Местные отсосы и общеобменная из верхней зоны			
	Участок свинцевания	Свинец и его модификация, окислы свинца	-	Местные отсосы и общеобменная из верхней зоны 1/3 и из нижней зоны 2/3 объема извлекаемого воздуха			
Чугунолитейные и стальные цехи	Склады формовочных материалов, металла, кокса, флюсов и т.д.	Пыль	-	Естественная и местные отсосы	Сосредоточенная подача	Естественная	
	Смесеприготовительные отделения	Тепло, пыль глины, угля и горелой земли, пары сульфидного щелока, пары углеводородов	0,6	Местные отсосы и естественная	Рассеянная подача в верхнюю зону	Естественная, при отсутствии окон, как в холодный период года	Воздушные души у смесителей и сушил. Пневматическая пылеуборка
	Отделения формовки и сушки форм, стержней	Аэрозоли красителей, пары углеводородов, продукты сгорания топлива, тепло, фенолформальдегид	0,5	Местные отсосы и естественная из верхней зоны	Сосредоточенная подача при машинной формовке, в рабочую - при ручной формовке	Естественная, на глубине 30 м от наружных стен, как в холодный период года	Воздушные души у постоянных рабочих мест, расположенных около сушил в приемках и у печей при газообразном топливе. Пневматическая уборка

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Чугунолитейные и стальные цехи	Плавильно-заливочные отделения	Колошниковые газы, окислы железа и марганца, продукты сгорания, тепло, окись углерода	0,5	Местные отсосы и общеобменные из верхней зоны	Естественная в верхнюю зону для локализации теплоизбытков	Естественная, на глубине 30 м от наружных стен механическая в рабочую зону	Воздушные души для: грузчиков вагранок вручную; вагранника у летки вагранки; заливщика на конвейере; шлаковщика на конвейере у электродуговых печей
	Отделения выбивки форм и стержней	Тепло, пыль горелой формовочной смеси, влаги	0,5	Местные отсосы и общеобменная естественная из верхней зоны	Механическая подача в рабочую зону; частично в воздух можно подавать из смежного формовочного отделения	Естественная, на глубине 30 м от наружных стен, как в холодный период года	Воздушные души для: выбивщика у выбивной решетки на конвейере; выбивщика у крупной решетки периодического действия
	Обрубочно-очистные отделения	Пыль горелой формовочной земли и металлическая пыль	0,6	Местные отсосы и дополнительно общеобменная из верхней зоны	Расcеянная подача в верхнюю зону	То же	Пневматическая пылеуборка
	Отделения отжига литья	Тепло, пыль горелой формовочной земли, аэрозоли красителей, продукты сгорания топлива	0,7	Местные отсосы и общеобменная из верхней зоны	Сосредоточенная подача, а для небольших помещений в рабочую зону - расcредоточено	Естественная, на глубине 30 м от наружных стен, как в холодный период года	Воздушные души у загрузочных отверстий отжигательных печей
	Комплексно- механизированные участки литейного производства	Пыль, масляная аэрозоль, пары углеводородов, окись углерода, водяной пар, тепло летом	0,5	Местные отсосы и общеобменные из верхней зоны	Сосредоточенная подача, в отдельных помещениях в рабочую зону	Естественная, на глубине 30 м от наружных стен механическая в рабочую зону	Воздушные души у карусельно- формовочных агрегатов; у агрегатов для зачистки отливок и на рабочих местах при конвейерной заливке

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Окрасочные цехи	Окрасочное отделение	Пары летучих растворителей аэрозоли	-	Местные отсосы и общеобменная 1/3 из верхней зоны и из нижней зоны 2/3 объема извлекаемого воздуха, при бескамерной окраски извлечения воздуха следует производить через напольные решетки, при необходимости с дополнительной местной вытяжкой через всасывающие панели при окраске несплошных высоких (более 1,8-2 м) изделий	Рассеянная подача в верхнюю зону - 85% объема извлекаемого воздуха местными отсосами, 15% объема - соединением помещений	Естественная, при необходимости очистки воздуха от пыли по технологическим условиям, как в холодный период года	Для бескамерной окраски на напольных вытяжных решетках в отдельных крана, высотой 4-6 м, приточный воздух в этом случае может поступать из общего помещения помещений, приток следует предусматривать сверху рассеяно (через перфорированные воздуховоды, потолки). Для исключения влияния поперечных воздушных токов участки бескамерной окраски следует выгораживать перегородками, не мешающими работе



**Таблица 6.1 Расчет потребного воздухообмена**

[illegible]

[illegible]