

РАСЧЁТ ВОЗДУХООБМЕНА

Методические указания к выполнению практической работы
по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда»
для студентов специальности
280102 «Безопасность технологических процессов и производств»

Ухта 2009

УДК 628.854.3
Н 82

Нор, Е.В. Расчёт воздухообмена [Текст] : метод. указания к выполнению практической работы по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда» для студентов специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств» / Е.В. Нор, О.А. Колесник. – Ухта: УГТУ, 2009. – 39 с.

В методических указаниях даны общие принципы проектирования и расчёта вентиляции, приводится методика расчёта естественной вентиляции, аэрации, механической вентиляции и предложены задания для выполнения практической работы. Методические указания предназначены в помощь студентам при изучении раздела «Производственная вентиляция» по курсу «Производственная санитария и гигиена труда».

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой ПБ и ООС протокол № 8 от 31.03.2009 г

Рецензент: Бердник А.Г., доцент кафедры ПБ и ООС, канд.техн.наук
Редактор: Крупенская О.В., ассистент кафедры ПБ и ООС

В методических указаниях учтены замечания рецензента и редактора.

План 2009 г., поз. 120.

Подписано в печать 26.10.2009. Компьютерный набор.

Объём 39 с. Тираж 50 экз. Заказ № 235.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глебова, Е.В. Производственная санитария и гигиена труда [Текст] : учеб. пособие для вузов / Е.В. Глебова. – М.: Высшая школа, 2005. – 383 с.: ил.
2. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст]. – Введ. 1989-01-01.
3. ГН 2.2.5.1313-03 Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [Текст]. – Введ. 2003-06-15.
4. Курдюмов, В.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности [Текст] : учеб. пособие / В.И. Курдюмов, Б.И. Зотов. – М.: Колос С, 2005. – 216 с.
5. Сибикин, Ю.Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст] : учеб. пособие для сред. проф. образования / Ю.Д. Сибикин. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.
6. СНиП 2.04.05-91* Отопление, вентиляция и кондиционирование [Текст]. – Введ. 1992-01-01.

©Ухтинский государственный технический университет, 2009
169300, г. Ухта, ул. Первомайская, 13
Отдел оперативной полиграфии УГТУ.
169300, г. Ухта, ул. Октябрьская, 13

Таблица 6 – Значения коэффициента запаса мощности $K_{з.м}$ для вентилятора

Мощность на валу электродвигателя P , кВт	Значения $K_{з.м}$ для вентилятора	
	центробежного	осевого
до 0,5	1,5	1,2
0,51...1	1,3	1,15
1,01...2	1,2	1,1
2,01...5	1,15	1,05
более 5	1,1	1,05

1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ВЕНТИЛЯЦИИ	3
2 РАСЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ	13
3 РАСЧЕТ АЭРАЦИИ	15
4 ПОРЯДОК УКРУПНЕННОГО РАСЧЕТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ	18
5 ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	31
Приложение	34
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	39

1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ВЕНТИЛЯЦИИ

Вентиляцией называется комплекс взаимосвязанных устройств и процессов, предназначенных для создания организованного воздухообмена, что позволяет обеспечить в рабочей зоне благоприятные условия воздушной среды, отвечающие требованиям ГОСТ 12.1.005-88 и технологических норм.

Различают системы с естественным побуждением (аэрация), с искусственным побуждением (механическая вентиляция) и смешанные. Выбор той или иной системы вентиляции определяется условиями обеспечения нормируемых параметров воздушной среды в помещениях.

Количество воздуха, которое необходимо подавать в помещения определяют расчетным путем, исходя из условия ассимиляции избытков тепла и влаги, а также снижения концентрации газо-, паро-, пылевоздушных вредных допустимых уровней. Не допускается определять потребное количество воздуха по кратности воздухообмена, за исключением случаев, оговоренных соответствующими нормативными документами.

Минимальное количество воздуха (20...60 м³/ч), подаваемого в помещения, рекомендуется принимать в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Минимальное количество воздуха, подаваемого в помещения

Помещения или отдельные участки и зоны помещения	Объем помещения (участка, зоны) на 1 чел, м ³	Минимальное количество наружного воздуха, подаваемого на 1 чел, м ³ /ч
Производственные при возможности естественной вентиляции	Менее 20	30
Производственные без естественной вентиляции (прветривания): при подаче системами только наружного воздуха	20 и более	20
При применении систем с циркуляцией при расчетной кратности воздухообмена: 10 и более менее 10	Любой	60, но не менее однократного обмена воздуха в 1 ч 60, но не менее 20 %* общего воздухообмена
Общественные и другие при возможности естественной вентиляции (прветривания)	По требованиям соответствующих глав СНиП [6]	По требованиям соответствующих глав СНиП [6]
То же, без естественной вентиляции (прветривания)	То же	60**

* Допускается уменьшать до 10 % при подаче на одного работающего более 120 м³/ч наружного воздуха.

** В зрительные залы театров, кинотеатров, клубов, дворцов культуры и других помещений продолжительностью пребывания людей до 3 ч следует подавать наружный воздух в количестве 20 м³ на одного человека.

Для проектирования и расчета вентиляции производственных помещений необходимы следующие данные: наименование помещения и его размеры, число рабочих мест и их назначение, численность работающих, характер и категория работ по уровню энергозатрат, перечень и размещение оборудования, машин, время работы, места выделения загрязнений (газов, паров, пыли, аэрозолей), интенсивность теплового облучения работников, значения предельно допустимых концентраций вредных веществ (по ГОСТ 12.1.005-88* «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» или по гигиениче-

Таблица 4 – Содержание токсичных веществ в сварочных электродах

Токсичные вещества	Содержание токсичных веществ g, г, в 1 кг электродов марки						
	УОНИ 13/45	УОНИ 13/55	СМ-11	К-5	ОЗС-2	К-70, К-80	ОММ-5, ЦМ-7
Марганец	8,8	14	12	17,2	20	16	67,2
Хром	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1
Соединения фтора	49,5	38	47,5	60	52	26	-

Таблица 5 – Значение коэффициента k_2 для однобортового отсоса

Скорость движения воздуха в помещении $v_{в}$, м/с	Значения коэффициента k_2 для однобортового отсоса при h/B					
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,2	-	-	1,1	1,2	1,25	1,35
0,4	-	1,05	1,2	1,35	1,45	1,65
0,6	1,05	1,2	1,35	1,6	1,75	1,95
0,8	1,2	1,35	1,55	1,8	2	2,35
1	1,3	1,55	1,8	2,15	2,35	2,8

Таблица 5 – Значение коэффициента k_2 для двухбортового отсоса

Скорость движения воздуха в помещении $v_{в}$, м/с	Значения коэффициента k_2 для двухбортового отсоса при h/B					
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
0,2	-	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25
0,4	1,1	1,15	1,25	1,3	1,35	1,4
0,6	1,2	1,35	1,4	1,5	1,65	1,75
0,8	1,35	1,5	1,65	1,8	1,95	2,15
1	1,6	1,7	1,9	2,2	2,4	2,75

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Нижний Новгород	-28	-17	21,6
Новосибирск	-39	-24	23
Самара	-29	-18	24,2
Санкт-Петербург	-24	-12	20,3
Саратов	-28	-17	25,7
Ульяновск	-29	-18	23,8
Уфа	-31	-19	23,4
Челябинск	-32	-21	22,8
Ярославль	-27	-15	21,6

Таблица 3 – Расчётные минимальные значения скоростей удаления вредных веществ в открытых проёмах местной вытяжной вентиляции

Вид вредности или работ	v, м/с
Теплота, водяной пар	0,3
Бензин, масла технические и другие вредности с ПДК 100 мг/м ³ и выше	0,5...0,7
Вредные вещества с ПДК от 100 до 10 мг/м ³	0,7...1
Пыли, аэрозоли, думы, пары, туманы веществ с ПДК от 10 до 2 мг/м ³	1,25
Вещества с ПДК от 2 до 1 мг/м ³	1,75
Вещества с ПДК менее 1 мг/м ³	2
Особо токсичные (ПДК<0,01 мг/м ³) и радиоактивные вещества	3
Сварка металлов электрическая	1,5
Сварка газовая	1,5...2
Пайка	0,7...1
Плавление (свинец)	1,5
Эпоксидная смола	До 3
Закалка в среде масла	0,3...0,5
Травление с применением: азотной кислоты соляной или серной кислот	0,7...1 0,7

ским нормативам ГН 2.2.5.1313-03), характеристика веществ по пожаро- и взрывоопасности.

Располагая указанными данными, приступают к проектированию вентиляции.

Механическая вентиляция по принципу действия может быть приточной, вытяжной или приточно-вытяжной.

Приточную вентиляцию применяют в производственных помещениях со значительным выделением теплоты при малой концентрации вредных веществ в воздухе, а также для усиления воздушного подпора в помещениях с локальным выделением вредных веществ при наличии систем местной вытяжной вентиляции. Это позволяет предотвратить распространение таких веществ по всему объёму помещения.

Приточная механическая вентиляция чаще всего предназначена для компенсации расхода воздуха по общеобменной вытяжной и по местной вытяжной системам.

Вытяжную вентиляцию применяют для активного удаления воздуха, равномерно загрязненного по всему объёму помещения, при малых концентрациях вредных веществ в воздухе и небольшой кратности воздухообмена. Кратность воздухообмена, ч⁻¹, определяют по формуле:

$$k = \frac{L}{V} \quad (1)$$

где: L – объём удаляемого из помещения или подаваемого в помещение воздуха, м³/ч;

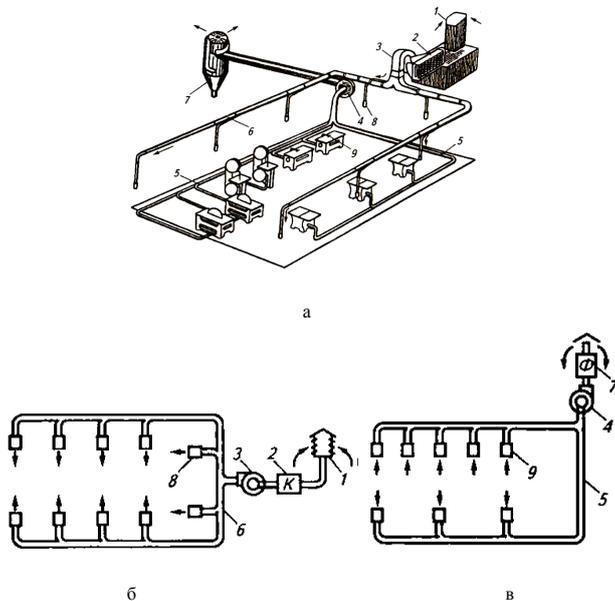
V – внутренний объём помещения, м³.

Приточно-вытяжную вентиляцию применяют при значительном выделении вредных веществ в воздух помещений, в которых необходимо обеспечить особо надежный воздухообмен с повышенной кратностью (рисунок 1).

В тех случаях, когда возможно внезапное поступление в воздух рабочей зоны опасных токсических и взрывоопасных веществ, проектируют аварийную вентиляцию. При отсутствии особых указаний следует предусматривать, чтобы аварийная вентиляция с совместнодействующей вентиляцией другого назначения (чаще всего рабочей) обеспечивала при необходимости воздухообмен кратностью $k > 8$ ч⁻¹.

Аварийная вентиляция должна быть, как правило, вытяжной и удалять воздух наружу. Выбросы аварийной вентиляции не следует располагать в мес-

тах постоянного пребывания людей и размещения воздухозаборных устройств систем вентиляции и кондиционирования.



а – общий вид: 1 – воздухоприемное устройство; 2 – калорифер; 3, 4 – соответственно приточный и вытяжной вентиляторы; 5, 6 – соответственно вытяжные и приточные воздуховоды; 7 – фильтр (пылеуловитель); 8, 9 – соответственно приточные и вытяжные вентиляционные насадки; б – схема работы приточной части системы вентиляции; в – схема работы вытяжной части системы вентиляции

Рисунок 1 – Механическая приточно-вытяжная вентиляция

Естественная вентиляция может осуществляться посредством аэрации или через вытяжные каналы и шахты.

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
б) антрацит с содержанием свободного диоксида кремния до 5%	6	-	а
в) другие ископаемые угли и углеродные пыли с содержанием свободного диоксида кремния: до 5%	10	-	а
от 5% до 10%	4	-	а
г) алмазы природные и искусственные	8	-	а
д) алмаз металлизированный	4	-	а
е) сажи черные промышленные с содержанием бенз(а) пирена не более 35 мг на 1 кг	4	0,05	а
Фтор	0,03	-	п
Хлор	1	0,03	п
Хром шестивалентный (CrO ₃)	0,01	0,0015	а
Цемент	6	-	а

Таблица 2 – Расчетные значения температуры наружного воздуха

Наименование населенных пунктов	Расчетные значения температуры, °С		
	Для проектирования отопления	Для проектирования вентиляции	
		В холодный и переходный периоды года	В теплый период года
1	2	3	4
Волгоград	-25	-14	28,6
Екатеринбург	-32	-21	21,1
Иркутск	-35	-23	22,6
Казань	-29	-18	24
Киров	-31	-19	21,8
Кострома	-28	-16	21,3
Курск	-25	-13	23,4
Москва	-26	-15	21,4

Приложение

Таблица 1 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК, мг/м ³		Агрегатное состояние
	в воздухе рабочей зоны	в атмосферном воздухе населённых мест (среднеуточная)	
1	2	3	4
Аммиак	20	0,2	п
Асбест	2	-	а
Асбестоцемент	6	-	а
Ацетон	200	0,35	п
Бензин растворитель	300	-	п
Бензин топливный	100	0,05	п
Бензол ⁺	15/5	0,8	п
Кислота серная	1	0,1	п
Кислота соляная	5	0,2	п
Кремнедистый сплав	4	-	а
Кремния карбид (карборунд)	6	-	а
Марганец в сварочных аэрозолях при его содержании:			
до 20 %	0,2	0,01	а
20... 30 %	0,1	0,01	а
Оксиды:			
азота (в пересчёте на NO ₂)	5	0,085	п
железа с примесью оксидов марганца до 3%	6	-	а
углерода	20	1	п
цинка	6	-	а
Сажа	4	0,05	а
Сероводород ⁺	10	0,008	п
Сероулерод	1	0,005	п
Сода кальцинированная ⁺	2	-	а
Титан и его диоксид	10	-	а
Углерода пыли:			
а) оксы каменноугольный, пековый, нефтяной, сланцевый	6	-	а

Аэрация – организованный управляемый воздухообмен за счет естественных природных сил (ветрового и теплового напора). Аэрацию применяют для вентиляции производственных помещений большого объема, в которых применение механической вентиляции в целом для всего помещения потребует больших капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

Естественная вентиляция через специально предусмотренные вытяжные каналы или шахты рекомендуется для помещений небольших объемов при кратности воздухообмена $k < 3 \text{ ч}^{-1}$. Для повышения эффективности работы такой вентиляции на верхнем конце наружной части вытяжных каналов монтируют дефлекторы. Такую систему вентиляции следует применять в помещениях с незначительным выделением вредных веществ (хранилищах, помещениях для хранения химических реагентов, нефтехранилищах).

При естественной вентиляции воздух в помещения следует подавать через проемы, расположенные в обеих продольных стенах: в теплый период года на уровне не более 1,8 м от пола до нижнего края проема, в холодный период года на уровне не ниже 4 м.

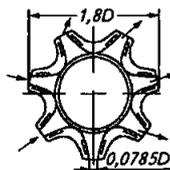
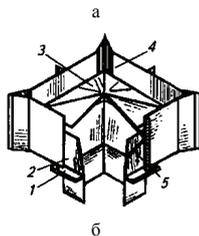
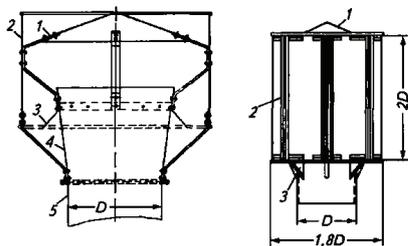
Подача приточного воздуха без его подогрева в холодный период года на более низких отметках допускается только при осуществлении мероприятий, предотвращающих непосредственное воздействие холодного воздуха на работающих.

Выброс воздуха в атмосферу под действием теплового и ветрового напора следует предусматривать через открывающиеся проемы окон и фонарей, шахты с дефлекторами и без них, исключая случаи, для которых технико-экономическими расчетами обосновано применение вытяжки воздуха системами с механическим пробуждением. Число шахт для удаления воздуха из верхней зоны следует принимать минимальным.

Дефлекторы (рисунок 2) обеспечивают устойчивую вытяжку воздуха независимо от направления ветра. Они предназначены для увеличения пропускной способности вытяжных шахт за счет использования ветрового напора. Дефлекторы устроены таким образом, что при обдувании их ветром участок, работающий на вытяжку, имеет большую площадь, чем участок, работающий на приток. В результате разность давлений на концах вытяжной трубы увеличивается, и производительность вентиляции возрастает.

В шахтах и дефлекторах при необходимости следует предусматривать регулирующие клапаны с приводом, обеспечивающим управление ими из рабочей зоны.

Управление фрамугами должно быть механизировано и легко осуществляться изнутри и снаружи помещений.



в

а – ЦАГИ: 1 – колпак; 2 – обечайка; 3 – конус; 4 – диффузор; 5 – шахта; б – остроугольный: 1 – фланец; 2 – диффузор; 3 – колпак; 4 – корпус; 5 – лапка; в – звездообразный: 1 – колпак; 2 – корпус; 3 – косынка для крепления к трубе

Рисунок 2 – Дефлекторы

Воздухоприемные отверстия приточных систем с механическим побуждением, как правило, следует предусматривать в стенах зданий. Допускается

CrO_3 . Размеры ванны: длина l , мм, ширина B , мм. Необходимо определить тип бортового отсоса и рассчитать объём воздуха, удаляемого системой местной вытяжной вентиляции.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l , мм	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
B , мм	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850

7. В сварочном отделении ремонтной мастерской на каждом из имеющихся четырёх сварочных постов расходуется G , кг/ч электродов. Рассчитать вытяжную сеть общеобменной приточно-вытяжной вентиляции (рисунок 9), обеспечивающую требуемое состояние воздушной среды при условии одновременной работы всех сварщиков. Температура воздуха в помещении принять равной t , °C, коэффициенты местных потерь напора: $\varepsilon_{м1} = 0,5$ для жалюзи на входе; $\varepsilon_{м2} = 1,13$ для колена круглого сечения при $\alpha = 90^\circ$; $\varepsilon_{м3} = 0,1$ для внезапного расширения отверстия при отношении площади воздуховодов на последующем участке сети к площади воздуховода на предыдущем участке сети, равном 0,7; $\varepsilon_{м4} = 0,15$ для диффузора вентилятора.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
марка электродов	ОМА-2	ОЗС-6	ОЗЛ-14	ОЗЛ-6	ЭА-606/11	ЭА-395/9	ЭА-981/15	ВИ-10-6	ЦЧ-4	МНЧ-2
G , кг/ч	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
t , °C	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
l_1 , мм	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
l_2 , мм	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500
l_3 , мм	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
l_4 , мм	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500
l_5 , мм	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
h , мм	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
вещество	аммиак	кислоота серная	кислоота соляная	оксид азота	оксид углерода	сероводород	цемент	хлор	сероуглерод	бензол
M, г	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100
t, °C	30	35	30	35	30	35	30	35	30	35
город	Волгоград	Екатеринбург	Иркутск	Казань	Киров	Кострома	Курск	Москва	Новгород	Самара
h _{раб} , м	3	3,25	3,5	4	4,25	4,5	3	3,5	4	4,5

4. Определить объём воздуха, который необходимо удалить вытяжным зонтом, с рабочего места, размерами с×d, м. Расстояние по нормали от перекрываемого оборудования до рабочего проёма зонта h, м.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
вид вредности или работ	Эпоксидная смола	Плавнение	Пайка	Газовая сварка	Электросварка	Закалка	Бензин	Травление с применением азотной кислоты	Плавнение	Травление с применением серной кислоты
с×d, м	1,5×1	2×1,5	2×2	1,5×2	1,5×1	1×1	1×1	1,5×1,5	2×2	1,5×1,5
h, м	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,1	1,2	1,3	1

5. Определить воздухообмен для сварочного поста. Если масса израсходованных электродов G, кг/ч.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G, кг/ч	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
марка электродов	УОНИ 13/45	УОНИ 13/55	СМ-11	К-5	ОЗС-2	К-70	К-80	ОММ-5	ЦМ-7	УОНИ 13/45

6. В гальваническом отделении ремонтной мастерской установлена ванна для восстановления штоков гидроцилиндров и плунжеров топливных насосов хромированием на штангах с использованием раствора хромового ангидрида

также применение отдельно установленных воздухоприемных устройств. Воздухоприемные отверстия необходимо размещать на высоте не менее 2 м от уровня земли, а при заборе воздуха из зеленой зоны – не менее 1 м от уровня земли.

При проектировании вытяжной механической вентиляции следует учитывать плотность удаляемых паров и газов. Причем если она меньше плотности воздуха, то воздухоприемники располагают в верхней части помещений, а если больше – в их нижней части.

Выброс в атмосферу загрязненного воздуха, удаляемого механической вентиляцией, должен предусматриваться над кровлей зданий. Выброс воздуха через отверстия в стенах без устройства шахт, выведенных выше кровли, не допускается. В виде исключения выброс может предусматриваться через отверстия в стенах и окнах, если вредные вещества не будут заноситься в другие помещения.

Выброс в атмосферу взрывоопасных газов должен происходить на расстоянии по горизонтали, равном не менее 10 диаметров выбросной трубы, но не менее 20 м от места выброса дымовых газов.

Местную вытяжную вентиляцию устраивают в местах значительного выделения газов, паров, пыли, аэрозолей. Такая вентиляция предотвращает попадание опасных и вредных веществ в воздух производственных помещений.

Местную вытяжную вентиляцию следует применять на газово- и электросварочных постах, металлорежущих и заточных станках, в кузнечных цехах, гальванических установках, аккумуляторных цехах, на постах технического обслуживания, в помещениях у мест пуска автомобилей и тракторов.

Технологические выбросы, а также выбросы воздуха, содержащего пыль, ядовитые газы и пары, следует очищать перед выпуском их в атмосферу.

Объем воздуха, который необходимо подавать в помещение с требуемыми параметрами воздушной среды в рабочей или обслуживаемой зоне, следует рассчитывать на основании количества теплоты, влаги и поступающих вредных веществ с учетом неравномерности их распределения по площади помещения. При этом принимают во внимание количество удаляемого из рабочей или обслуживаемой зоны воздуха местными вытяжными устройствами и общеобменной вентиляцией. Запрещается рассчитывать необходимый воздухообмен для производственных помещений по табличным значениям кратности воздухообмена k. По этому параметру допускается рассчитывать воздухообмен в основном санитарно-бытовых и общепитомо-административных помещений.

При затруднениях в определении количества выделяющихся вредных веществ расчет воздухообмена проводят исходя из того, что в производственных

5 ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

помещения с объемом на одного работающего менее 20 м^3 следует проектировать подачу наружного воздуха в количестве не менее $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждого работающего, более 20 м^3 – не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждого работающего.

Если в воздух рабочей зоны выделяется несколько вредных веществ одинаправленного действия, то при расчете общеобменной вентиляции следует суммировать объемы воздуха, необходимые для разбавления каждого вещества в отдельности. Вредные вещества одинаправленного или однородного действия влияют на одни и те же системы организма, поэтому при замене одного компонента смеси другим токсичность смеси не изменяется. Однонаправленностью действия обладают, например, смеси углеводородов, сильные минеральные кислоты (серная, соляная, азотная), аммиак и оксиды азота, угарный газ и цементная пыль. В этом случае допустимое содержание вредных веществ определяют по формуле:

$$\frac{C_1}{C_{\text{ПДК}_1}} + \frac{C_2}{C_{\text{ПДК}_2}} + \dots + \frac{C_i}{C_{\text{ПДК}_i}} \leq 1 \quad (2)$$

где: C_1, C_2, \dots, C_i – концентрации вредных веществ в воздухе помещения, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$C_{\text{ПДК}_1}, C_{\text{ПДК}_2}, \dots, C_{\text{ПДК}_i}$ – предельно допустимые концентрации вредных веществ, $\text{мг}/\text{м}^3$.

На следующем этапе проектирования составляют расчетную схему сети воздухопроводов, на которой указывают местные вытяжные устройства и сопротивления (колена, повороты, шиберы, расширения, сужения), а также номера расчетных участков сети. Расчетный участок – это воздухопровод, по которому проходит одинаковый объем воздуха при одинаковой скорости.

По количеству воздуха, проходящего в воздуховоде за единицу времени, и его полному давлению подбирают центробежный вентилятор по аэродинамическим характеристикам. При подборе вентилятора нужно обеспечить максимальное значение коэффициента полезного действия (КПД) установки и снижение уровня шума при работе.

В соответствии со строительными нормами и правилами [6] выбирают вентилятор нужного исполнения: обычного, антикоррозионного, взрывобезопасного, пылевого. Рассчитывают необходимую мощность электродвигателя, по которой подбирают электродвигатель соответствующего исполнения. Выбирают способ соединения электродвигателя с вентилятором.

1. Помещение оборудовано n вытяжными шахтами естественной вентиляции сечением $a \times b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}$. Каждая из них оборудована заслонкой, позволяющей регулировать сечение. Определить площадь проходного сечения шахты, если в помещение выделяется $M, \text{ г}/\text{ч}$ вредного вещества. Температура удаляемого воздуха $t_b, ^\circ\text{C}$, температура приточного воздуха $t_n, ^\circ\text{C}$, коэффициент, учитывающий потерю скорости воздуха в канале шахты $\psi = 0,6$; расстояние между приточными отверстиями и верхним торцом шахт $h, \text{ м}$.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
вещество	аммиак	кислота серная	кислота соляная	оксид азота	оксид углерода	сероводород	цемент	хлор	сероуглерод	бензол
n	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
$M, \text{ г}/\text{ч}$	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
$t_b, ^\circ\text{C}$	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$t_n, ^\circ\text{C}$	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
$h, \text{ м}$	2,5	3	3,5	4	4,5	2,5	3	3,5	4	4,5

2. Рассчитать диаметр патрубка дефлектора ЦАГИ, если в помещении необходимо n вытяжными шахтами обеспечить воздухообмен $L, \text{ м}^3/\text{ч}$.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
$L \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{ч}$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
город	Барнаул	Волгоград	Екатеринбург	Казань	Киров	Москва	Новгород	Новосибирск	Самара	С.-Петербург

3. В цехе в 1 час выделяется $M, \text{ г}$ вредного вещества. Определить площадь приточных и вытяжных аэрационных проёмов (рисунок 3), если температура удаляемого из помещения воздуха равна $t, ^\circ\text{C}$, а расстояние между центрами приточных и вытяжных проёмов $h_a, \text{ м}$.

где L_a – требуемая производительность вентилятора, м³/ч;

H – давление, создаваемое вентилятором, Па (оно численно равно Н_с);

η_n – КПД вентилятора;

η_n – КПД передачи: колесо вентилятора на валу электродвигателя – $\eta_n = 1$;
соединительная муфта $\eta_n = 0,98$; клиноременная передача – $\eta_n = 0,95$;
плоскоремная передача – $\eta_n = 0,9$.

Выбирают тип электродвигателя: для общеобменной и местной вытяжной систем вентиляции – взрывобезопасного или нормального исполнения в зависимости от удаляемых загрязнений; для приточной системы вентиляции – нормального исполнения.

Установленную мощность электродвигателей для вытяжной, приточной и местной систем вентиляции, кВт, рассчитывают по формуле:

$$P_{уст} = P \cdot K_{з.м} \quad (35)$$

где $K_{з.м}$ – коэффициент запаса мощности (таблица 6 приложения).

Вычисляют площадь, м², открываемых фрагуг (при отсутствии приточной системы):

$$F_{фр} = \frac{L_{общ.пр}}{3600 \cdot v_p} \quad (36)$$

где $L_{общ.пр}$ – требуемый объем подачи воздуха, м³/ч;

v_p – расчетная скорость воздуха в проеме фрагуги: обычно $v_p = 1$ м/с.

При необходимости выбирают способ очистки удаляемого воздуха и устройства для защиты от статического электричества, снижения шума и вибрации.

Определяют способ обработки приточного воздуха: очистка, подогрев, увлажнение, охлаждение.

Выбросы в атмосферу содержащего вредные вещества воздуха, удаляемого из систем общеобменной вытяжной вентиляции, и рассеивание этих веществ следует предусматривать и обосновывать расчетом таким образом, чтобы концентрации их не превышали в атмосферном воздухе населенных пунктов максимальных среднесуточных значений, указанных в таблице 1 приложения.

Степень очистки выбросов воздуха, содержащего пыль, принимают по таблице 2.

Таблица 2 – допустимое содержание пыли в выбросах воздуха в зависимости от её ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений

ПДК пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений, мг/м ³	Допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, мг/м ³
≤ 2	30
от 2 до 4	60
от 4 до 6	80
от 6 до 10	100

Если в выбросах воздуха содержание пыли не превышает значений, указанных в таблице 2, то этот воздух разрешается не подвергать очистке.

Для очистки воздуха, удаляемого из помещений, используют инерционные и центробежные пылеотделители, а также фильтры различных конструкций.

При выделении в воздух производственных помещений вредных газов, паров или пыли необходимое количество воздуха, м³/ч, подаваемого в помещение, следует определять по формуле:

$$L = L_{p2} + \frac{M - L_{p3}(C_{p2} - C_n)}{C_{yx} - C_n} \quad (3)$$

где: L_{p2} – количество воздуха, удаляемого из помещения местными отсосами, общеобменной вентиляцией и расходуемого на технологические нужды, м³/ч;

M – количество вредных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч;

C_{pz} – концентрация вредных веществ в воздухе, удаляемого из помещения местными отсосами, общеобменной вентиляцией и расходуемого на технологические нужды, мг/м³;

C_n, C_{yx} – концентрация вредностей соответственно в воздухе, подаваемом в помещение и удаляемом из него, мг/м³.

При избытках в помещении явного тепла, которое воздействует на изменение температуры воздуха в помещении, потребное количество вентиляционного воздуха, м³/ч, рассчитывают по формуле:

$$L = L_{pz} + \frac{3,6Q_{я} - 1,2L_{pz}(t_{pz} - t_n)}{1,2(t_{yx} - t_n)} \quad (4)$$

где: $Q_{я}$ – избыточный тепловой поток явного тепла в помещении, Дж/ч;

t_{pz} – температура воздуха, удаляемого из рабочей зоны помещения местными отсосами, общеобменной вентиляцией и расходуемого на технологические нужды, °С;

t_n, t_{yx} – температура воздуха, соответственно подаваемого в помещение и удаляемого из него, °С.

При избытках влаги количество воздуха, м³/ч, подаваемого в помещение, определяют по формуле:

$$L = L_{pz} + \frac{W - 1,22L_{pz}(d_{pz} - d_n)}{1,2(d_{yx} - d_n)} \quad (5)$$

где: W – избытки влаги в помещении, г/ч;

d_{pz} – влагосодержание воздуха, удаляемого из рабочей зоны помещения местными отсосами, общеобменной вентиляцией и на технологические нужды, г/кг;

d_n, d_{yx} – влагосодержание воздуха, соответственно подаваемого в помещение и удаляемого из него, г/кг.

2 РАСЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Продолжение таблицы 9

400	0,95...11,5	4A71A6Y3	910	0,37
		4A71A4Y3	1390	0,55
		4A71B4Y3	1390	0,75
		4A80A4Y3	1420	1,1
		4A100S2Y3	2880	4
		4A112L2Y3	2880	5,5
500	2...17,5	4A112M2Y3	2900	7,5
		4A71B6Y3	900	0,55
		4A80A6Y3	915	0,75
		4A80B4Y3	1415	1,5
		4A90L4Y3	1425	2,2
		4A100S4Y3	1435	3
600	2,5...26	4A90L6Y3	935	1,5
		4A100L6Y3	950	2,2
		4A100L4Y3	1430	4
		4A112M4Y3	1445	5,5
		4A132S4Y3	1455	7,5

*Условное обозначение: 4A – серия; 63...132 – высота оси вращения, мм;

A, B – первая и вторая длины сердечника; S, M, L – соответственно малая, средняя и большая длина корпуса; 2, 4, 6 – число полюсов (6000/2 = 3000мин⁻¹; 6000/4 = 1500мин⁻¹; 6000/6 = 1000мин⁻¹); Y – климатическое исполнение (для районов с умеренным климатом); 3 – категория размещения.

Вентиляторы подбирают по аэродинамическим характеристикам. По требуемой производительности вентилятора определяют КПД вентилятора η . При этом следует обеспечить воздухообмен с наибольшим КПД.

С целью уменьшения шума вентиляционной установки следует добиваться выполнения условия:

$$\pi D_e n_e < 1800 \quad (33)$$

где D_e – диаметр колеса вентилятора, м;

n_e – частота вращения вентилятора, мин⁻¹.

Определяют мощность электродвигателей для местной вытяжной и общеобменной систем вентиляции, кВт:

$$P = \frac{L_e H}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta_e \cdot \eta_n} \quad (34)$$

Полученное значение d округляют до ближайшего из следующего стандартизированного ряда, мм: 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630 и т.д.

Значения ε_m для колен с углом поворота $\alpha = 90^\circ$ в зависимости от формы этих элементов воздуховодов указаны на рисунке 9.

Общее сопротивление движению воздуха в воздуховодах сети, Па:

$$H_c = \sum_{i=1}^m H_{i\text{уч}} \quad (32)$$

На основе известного воздухообмена рассчитывают производительность вентилятора L_B с учетом потерь или подсосов воздуха в вентиляционной сети:

$$L_B = k_{\text{П}} L \quad (32)$$

где $k_{\text{П}}$ – поправочный коэффициент на расчетное количество воздуха: при использовании стальных, пластмассовых и асбестоцементных трубопроводов длиной до 50 м $k_{\text{П}} = 1,1$, в остальных случаях $k_{\text{П}} = 1,15$.

По необходимой производительности и полному расчетному давлению выбирают вентиляторы для общеобменной и местной систем вентиляции. Назначают тип, номер и технические характеристики вентиляторов (таблица 9), а также их исполнение: обычное – для перемещения неагрессивных сред с температурой не выше 423 К, не содержащих липких веществ, при концентрации пыли и других твердых примесей не более 150 мг/м^3 ; антикоррозийное – для перемещения агрессивных сред; взрывобезопасное – для перемещения взрывоопасных смесей; пылевое – для перемещения воздуха с содержанием пыли более 150 мг/м^3 .

Таблица 9 – Технические характеристики центробежных вентиляторов серии Ц4-70

Диаметр колеса, мм	Подача, тыс. м ³ /ч	Асинхронный электродвигатель закрытого исполнения		
		Марка*	Частота вращения, мин ⁻¹	Мощность, кВт
300	0,55...6,8	4АА63А4У3	1380	0,25
		4АА63В4У3	1365	0,37
		4А80А2У3	2850	1,5
		4А80В2У3	2850	2,2

Для расчета естественной вентиляции необходимо иметь следующие данные: назначение, наименование помещения и его размеры, наименование и количество машин, материалов или сырья, от которых выделяются вредные пары, газы, пыль, аэрозоли; среднюю скорость господствующего ветра для данной местности. ПДК вредных веществ принимают по ГОСТ 12.1.005-88* (см. табл. 1 приложения) или по гигиеническим нормативам ГН 2.2.5.1313-03. Далее определяют количество выделяющихся в воздух помещений вредных веществ в единицу времени.

Воздухообмен, м³/ч, необходимый для поддержания в помещении допустимой концентрации вредных газов или паров, рассчитывают по формуле:

$$L = \frac{M}{(C_{\text{дон}} - C)} \quad (6)$$

где: M – количество вредных газов или паров, выделяющихся в помещении за единицу времени, мг/ч;

$C_{\text{дон}}$ – ПДК вредных веществ в помещении, мг/м³

C – концентрация вредных веществ в воздухе, поступающем в помещение, мг/м³: обычно $C=0$, в остальных случаях C не должна превышать 30 % от ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

Затем вычисляют суммарную площадь сечения вентиляционных каналов, м²:

$$\Sigma F = \frac{L}{15948 \psi \sqrt{\frac{h(\rho_n - \rho_e)}{\rho_n}}} \quad (7)$$

где ψ – коэффициент, учитывающий сопротивление движению воздуха в каналах (обычно $\psi = 0,5$);

h – высота вытяжных каналов, м;

ρ_n – плотность наружного воздуха, кг/м³;

ρ_e – плотность внутреннего воздуха, кг/м³.

Плотность воздуха, кг/м³:

$$\rho = \frac{353}{273 + t} \quad (8)$$

где t – температура воздуха, при которой определяют плотность, °С.

Если давление воздуха отличается от нормального (760 мм рт.ст., или $1,01 \cdot 10^5$ Па), то плотность воздуха, кг/м³, определяют по формуле:

$$\rho = 0,4645 \frac{p}{273 + t} \quad (9)$$

где p – атмосферное давление, мм рт.ст.

Площадь сечения одной вытяжной шахты принимают конструктивно, учитывая нормализованный ряд размеров дефлекторов. Рассчитывают число каналов:

$$n_{\text{выт}} = \frac{\sum F}{f} \quad (10)$$

где f – площадь сечения одной шахты, м².

Объём воздуха, удаляемого через один дефлектор, м³/ч:

$$L_{\text{Д}} = \frac{L}{n_{\text{выт}}} \quad (11)$$

Диаметр патрубка дефлектора, м:

$$D_{\text{П}} = 0,0188 \sqrt{\frac{L_{\text{Д}}}{K_{\text{эф}} v_{\text{в}}}} \quad (12)$$

где $K_{\text{эф}}$ – коэффициент эффективности: для дефлекторов ЦАГИ $K_{\text{эф}}=0,4$, для звездообразных – $K_{\text{эф}}=0,42$;

$v_{\text{в}}$ – средняя скорость ветра, м/с (таблица 3).

Таблица 7 – Рекомендуемые значения скоростей движения воздуха

Вид пылей, переносимых движущимся воздухом	Скорость движения воздуха, м/с
Лёгкая сухая	8...10
Текстильная, пыль красок	10...12
Минеральная	12...14
Тяжёлая минеральная (наждачная)	14...16

Таблица 8 – Значения коэффициента ϵ_m для различных местных сопротивлений

Наименование местного сопротивления	Значения ϵ_m
1	2
Жалюзи на входе	0,5
Диффузор вентилятора	0,15
Жалюзи на выходе	3,0
Внезапное сужение отверстия при F_2/F_1 , равном:	
0,1	0,47
0,3	0,38
0,5	0,3
0,7	0,2
Внезапное расширение отверстия при F_2/F_1 , равном:	0,2...0,8
0,1	0,81
0,3	0,49
0,5	0,25
0,7	0,1
Колено с углом поворота $\alpha=120^\circ$	0,5
Колено с углом поворота $\alpha=150^\circ$	0,2

Диаметр воздуховода, м, рассчитывают по формуле:

$$d = 0,033 \sqrt{\frac{L_{\text{вч}}}{\pi v}} \quad (31)$$

где $L_{\text{вч}}$ – производительность вентиляции на данном участке вентиляционной сети, м³/ч.

1...V – номера расчётных участков; 1...4 – местные сопротивления: 1 – жалюзи на входе; 2 – колено с углом поворота $\alpha=90^0$; 3 – внезапное расширение отверстия при $F_1/F_2=0,7$; 4 – диффузор вентилятора

Далее рассчитывают сеть воздуховодов отдельно для приточной и вытяжной вентиляции. На отдельном участке сопротивление движению воздуха, Па:

$$H_{уч} = \frac{\rho v^2}{2} \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum_{i=1}^n \epsilon_{ni} \right) \quad (30)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³ (формула 8);

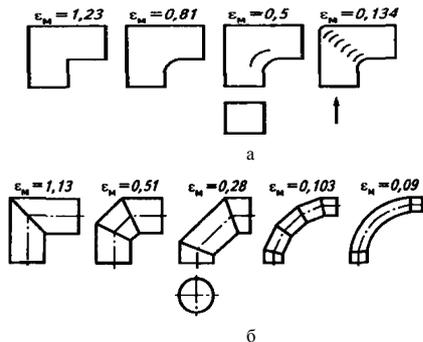
v – скорость движения воздуха в трубопроводе, необходимая для переноса различных пылей (таблица 7);

λ – коэффициент сопротивления движению воздуха на участке воздуховода: для металлических труб $\lambda = 0,02$, для полиэтиленовых $\lambda = 0,01$;

l – длина участка, м;

d – диаметр воздуховода, м;

ϵ_{ni} – коэффициент местных потерь напора (таблица 8, рисунок 10).



а – квадратного сечения; б – круглого сечения

Рисунок 10 – Значения коэффициентов местных потерь напора в поворотных коленах:

Таблица 3 – Значения v_a для некоторых городов России

Город	v_a , м/с	Город	v_a , м/с
Барнаул	5,9	Новосибирск	5,7
Волгоград	8,5	Самара	5,4
Екатеринбург	5	Санкт-Петербург	4,2
Казань	5,7	Саратов	6
Киров	5,3	Ульяновск	5,8
Москва	4,9	Челябинск	4,5
Нижний Новгород	5,1	Ярославль	4,4

Установлены следующие значения диаметров горловин дефлекторов: 200, 315, 400, 500, 630, 710, 800, 900 и 1000 мм. По требованию потребителей допускается изготовление дефлекторов, диаметр горловины которой более 1000 мм. Поэтому полученное значение D_n следует округлять в большую сторону до ближайшего значения из указанного ряда.

В конце расчета естественной вентиляции определяют места установки вытяжных каналов и дефлекторов.

3 РАСЧЕТ АЭРАЦИИ

Аэрацию максимально используют в горячих цехах (литейных, кузнечно-прессовых и др.) для отвода из помещений излишка выделяемой теплоты, уменьшения концентрации пыли, газов и снижения энергопотребления системами вентиляции. Расчет аэрации проводят без учета ветрового напора для летнего времени, как наиболее неблагоприятного для осуществления этого процесса. Сущность расчета состоит в определении площади приточных и вытяжных проемов.

Сначала определяют требуемый воздухообмен, м³/ч, помещения, в воздух которого выделяются вредные вещества:

$$L = \frac{M}{(C_{дон} - C)} \quad (13)$$

При расчете по избыткам теплоты количество воздуха L , м³/ч, поступающего через проемы в стенах и удаляемого через аэрационные фонари, рассчитывают по формуле:

$$L = \frac{\chi \cdot k_a \cdot Q}{6,28(t_a - t_n)} \quad (14)$$

где χ – коэффициент, учитывающий высоту расположения центров приточных поёмов от пола;

k_a – коэффициент, учитывающий температурный режим в помещении и определяемый по формуле:

$$k_a = \frac{t_a - t_n}{t_y - t_n} \quad (15)$$

где: Q – количество теплоты, выделяющейся в помещении, Вт;

t_a – температура воздуха в рабочей зоне, °C;

t_n – расчётная температура наружного воздуха, °C, принимаемая равной средней температуре в 13 ч самого жаркого месяца года (таблица 2 приложения);

t_y – температура удаляемого воздуха, определяемая из выражения:

$$t_y = t_a + a(h_a - 2);$$

a – градиент температуры по высоте помещения, °C/м: для помещений с удельным количеством выделяемой теплоты $q < 23$ Вт/м³ $a = 0,5$ °C/м, при $q \geq 23$ Вт/м³ $a = 0,7 \dots 1,5$ °C/м.

Приближённо можно считать $t_y = t_n + (10 \dots 15)^\circ\text{C}$;

h_a – расстояние от пола до оси вытяжных проёмов (рисунок 3). Как правило, принимают $h_a \geq 4,5$ м.

Коэффициент χ принимают из следующих значений:

Расстояние от пола до оси проёма, м	2	3	4	5
χ	1,04	1,1	1,2	1,35

Коэффициент k_a можно также определить в зависимости от значений отношения $\frac{f}{F}$ (здесь f – площадь, занимаемая выделяющим теплоту оборудованием, F – площадь цеха) (таблица 4).

Общее количество воздуха, удаляемого несколькими системами местной вентиляции:

$$L_{м.общ} = L_{м1} + \dots + L_{мn} = \sum_{i=1}^n L_{ми} \quad (27)$$

Общее количество воздуха, удаляемого общеобменной и местными вытяжными системами вентиляции, м³/ч:

$$L_{yo} = L + L_{м.общ} \quad (28)$$

Общее количество приточного воздуха, м³/ч:

$$L_{np} = L_{yo} \quad (29)$$

Зная объёмы циркулируемого воздуха, вычерчивают схему систем вентиляции производственных помещений, на которой указывают расположение местных отсосов, мест подачи и вытяжки воздуха в системе общеобменной вентиляции, делят схему на расчетные участки. Длину воздуховодов выбирают из конструктивных соображений, руководствуясь планом размещения оборудования (например, как представлено на рисунке 9).

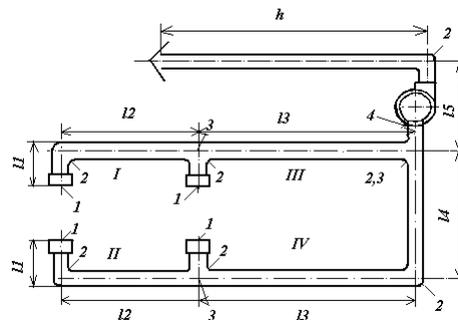


Рисунок 9 – Схема к расчёту вытяжной сети системы вентиляции.

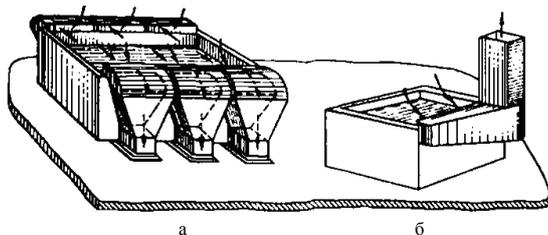
Для гальванических установок (рисунок 8):

$$L = 3600 \cdot l \cdot b \cdot v_a \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot n \quad (26)$$

где l , b – соответственно длина и ширина щели, м: $b > 0,1 B$ (здесь B – ширина ванны), обычно принимают b в пределах 50...100 мм;
 v_a – скорость движения воздуха в щели, м/с (таблица 3 приложения);
 k_1 – коэффициент, учитывающий сопротивление движению воздуха от зеркала ванны к щели: при отсутствии штанг для подвески деталей $k_1 = 1$, при наличии штанг $k_1 = 1,7$;
 k_2 – коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в помещении (таблица 5 приложения);
 n – число щелей: в однобортовых отсосах $n = 1$ при $B < 0,7$ м; в двухбортовых $n = 2$ при $B > 0,7$ м.

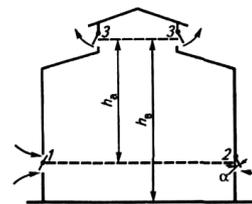
Пользуясь таблицей 5 приложения, следует иметь в виду, что скорость движения воздуха в помещении нужно принимать равной 0,8 м/с при ПДК паров ниже 1 мг/м³ и 0,5 м/с при ПДК паров более 1 мг/м³.

Высота h подъема паров над уровнем зеркала ванны при ПДК паров ниже 1 мг/м³ должна быть не более 0,1 B , при ПДК паров от 1 до 10 мг/м³ – не более 0,15 B . В случае использования неядовитых растворов принимают $h = (0,2...0,25)B$.



а – двухбортового; б – однобортового

Рисунок 8 – Схема отсоса воздуха от гальванических ванн:



1 – среднеподвесная приточная створка; 2 – верхнеподвесная приточная створка; 3 – верхнеподвесная вытяжная створка

Рисунок 3 – Схема к расчёту аэрации

Таблица 4 – Значения коэффициента k_a в зависимости от значений отношения

$\frac{f}{F}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
k_a	0,25	0,45	0,62	0,68	0,83	0,87

По полученному значению воздухообмена L вычисляют площадь приточных и вытяжных проёмов, м²:

$$\sum F_{пр(выт)} = \frac{L}{15948 \cdot \psi_p \sqrt{\frac{h_a (\rho_n - \rho_e)}{\rho_n}}} \quad (16)$$

где ψ_p – коэффициент расхода, зависящий от конструкций устанавливаемых в приточных и вытяжных проемах створок (рисунок 3) и угла α их открытия: $\psi_p = 0,15...0,67$;

h_a – расстояние между центрами приточных и вытяжных проёмов по высоте, м.

Значения коэффициента расхода ψ_p для створок различных конструкций и назначения при угле их открытия $\alpha = 15...90^\circ$ приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Значения коэффициента расхода ψ_p

Тип створки	Среднеподвесная приточная	Верхнеподвесная приточная	Верхнеподвесная вытяжная
ψ_p	0,15...0,64	0,25...0,62	0,3...0,67

При наличии одновременно теплового и ветрового напоров площадь приточных и вытяжных проемов, m^2 , определяют по следующей зависимости:

$$\Sigma F_{пр(выт)} = \frac{L}{3600 \cdot \psi_p \sqrt{\frac{19,82 \cdot h_n (\rho_n - \rho_e)}{\rho_n} + \xi v_e^2}} \quad (17)$$

где ξ – аэродинамический коэффициент, зависящий от конструкции здания и направления ветра (его определяют в процессе продувки модели здания в аэродинамической трубе): при расчетах можно принять $\xi = 0,5...0,85$ на наветренной стороне и $\xi = -0,3...-0,45$ на заветренной стороне здания;

v_e – скорость ветра, м/с.

4 ПОРЯДОК УКРУПНЕННОГО РАСЧЕТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Для расчета необходимы следующие исходные данные: назначение помещения и его размеры, характер загрязнений; назначение и количество оборудования, материалов, выделяющих вредные вещества и теплоизлучения; характеристика загрязнений по пожароопасности; пожарная опасность помещений; предельно допустимая концентрация вредных веществ в помещении, концентрация загрязнений в приточном воздухе.

Сначала выбирают способ устранения и предупреждения образования токсических, пожаро- и взрывоопасных концентраций, назначают систему вентиляции. Затем разрабатывают схему общеобменной системы вентиляции и схемы местных систем вентиляции. Для расчёта необходимо знать количество вредных веществ, выделяемых в помещении в течение 1 ч.

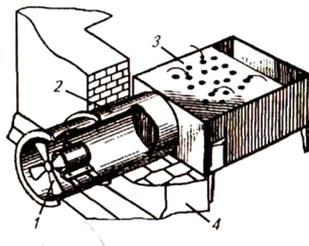
Объем воздуха, $m^3/ч$, который необходимо подать в помещение для снижения концентрации вредных веществ (пыли, газа, пара, аэрозоля) до ПДК определяют по формуле:

Таблица 6 – Удельные выделения вредных веществ, мг/кг, при сварке и наплавке

Технологическая операция	Сварочные материалы	Удельные выделения вредных веществ на 1 кг расходуемого сварочного материала $g, mg/kg$	
		Наименование	Количество
Ручная дуговая сварка: углеродистых и низколегированных конструкционных сталей	Электроды с покрытием типа:	Марганец	
	ОМА-2		830
	ОЗС-6		860
	АНО-5		1870
	К-5а		1530
	АНО-6	1950	
теплоустойчивой стали	Электроды типа ЦУ-17	Хромовый ангидрид	166
	Электроды типа:		
	ОЗЛ-14	То же	460
	ОЗЛ-6	»	595
коррозионностойкой жаропрочной и жаростойкой сталей	ЭА-606/11	Марганец	340
	ЦТ-36	»	1190
высокопрочных среднелегированных сталей	Электроды типа:		
	ЭА-395/9	Хромовый ангидрид	425
	ЭА-981/15	То же	450
	ВИ-10-6	»	720
Ручная дуговая сварка и наплавка чугуна	Электроды типа:		
	ЦЧ-4	Марганец	435
	МНЧ-2	»	920
Ручная сварка и наплавка меди и ее сплавов	Электроды типа «Комсомолец-100»	»	3900
Ручная сварка алюминия и его сплавов	Электроды:		
	ОЗА-1	Оксид алюминия	20000
	ОЗА-2/АК	То же	28000
Полуавтоматическая аргоно-дуговая сварка алюминия и его сплавов	Электродные проволоки:		
	АМЦ	Марганец	625
	АМГ	»	780
То же, титановых сплавов	Электродные проволоки	Титан и его диоксид	1750

g – содержание вредных компонентов в электродах, г/кг (таблица 4 приложения);

$i_{т.в}$ – содержание выделяющихся токсичных веществ, % от g (например, при ручной дуговой сварке содержание марганца 3 %, хрома 0,4 %, фтористых соединений 3,4 %).



1 – вентилятор; 2 – вытяжная труба; 3 – стол сварщика; 4 – стена

Рисунок 7 – Вытяжная вентиляция на рабочем месте сварщика

Часовой объем воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией сварочного поста, $m^3/ч$, также можно определить по формуле:

$$L = \frac{G \cdot q}{C_{пдк} - C_n} \quad (24)$$

где q – удельные выделения вредных веществ на 1кг расходуемого сварочного материала, мг/кг (таблица 6).

Для наплавочной установки воздухообмен, $m^3/ч$:

$$L = K^3 \sqrt{I} \quad (25)$$

где K – переводной коэффициент: при щелевом отсосе $K = 12$, при воронкообразном $K = 13,2$;

I – сила сварочного тока, А.

$$L = \frac{M}{(C_{дон} - C_n)} \quad (18)$$

где: M – количество вредных газов или паров, выделяющихся в помещении за единицу времени, мг/ч;

$C_{дон}$ – ПДК вредных веществ в помещении, мг/ m^3 ;

C – концентрация вредных веществ в наружном воздухе, мг/ m^3 (таблица 1 приложения).

При известной (фактической) концентрации вредных веществ в помещении $C_{ф}$, мг/ m^3 , объем подаваемого воздуха определяют по формуле:

$$L = \frac{V_{п} \cdot C_{ф}}{C_{пдк}} \quad (19)$$

где: $V_{п}$ – объем помещения, m^3 .

Для удаления избыточной теплоты в помещение необходимо подать воздух объемом:

$$L = \frac{Q_{изб}}{c \rho_n (T_e - T_{н.р})} \quad (20)$$

где: $Q_{изб}$ – суммарное количество избыточной теплоты, кДж/ч;

c – удельная теплоёмкость сухого воздуха, равная 0,99 кДж/(кг·К);

ρ_n – плотность приточного воздуха, кг/ m^3 ;

$T_{вн}$ – температура воздуха в помещении, К;

$T_{н.р}$ – расчётная температура наружного воздуха, К.

Объем воздуха, удаляемого местной вытяжной вентиляцией – вытяжным зонтом (рисунок 4) или вытяжной панелью (рисунок 5), $m^3/ч$:

$$L_{м} = 3600 F \cdot v_{онм} K_3 \quad (20)$$

где $F = a \cdot b$ – площадь рабочего проема вытяжного зонта (панели), m^2 ; a , b – соответственно длина и ширина рабочего проема, м;

$v_{опт}$ – оптимальная скорость удаления вредных веществ, м/с (таблица 3 приложения);

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий износ оборудования: $K_3 = 1,1 \dots 1,5$.

Размеры рабочего проема вытяжного зонта, м:

$$a = c + 0,8h; \quad b = d + 0,8h \quad (21)$$

где c, d – соответственно длина и ширина перекрываемой поверхности оборудования, м;

h – расстояние по нормали от перекрываемого оборудования до рабочего проема зонта, м.

Угол раскрытия зонта ϕ , как правило, принимают не более 60° , а высоту бортика h_0 – в пределах $0,1 \dots 0,3$ м.

Для обдирочно-заточных станков (рисунок 6):

$$L_m = 1000AD_{кр} \quad (22)$$

где A – коэффициент, зависящий от диаметра и типа применяемого круга;

$D_{кр}$ – диаметр абразивного круга, м. При $D_{кр} < 0,25$ м $A = 2$; при $D_{кр} = 0,25 \dots 0,6$ м $A = 1,8$; при $D_{кр} > 0,6$ м $A = 1,6$; для полировальных станков с войлочными кругами $A = 4 \dots 6$.

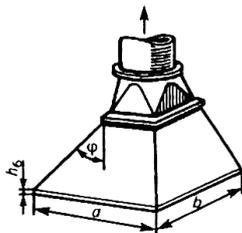


Рисунок 4 – Вытяжной зонт

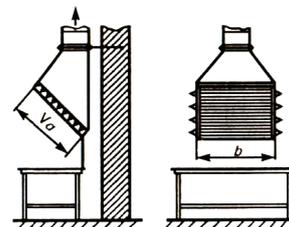
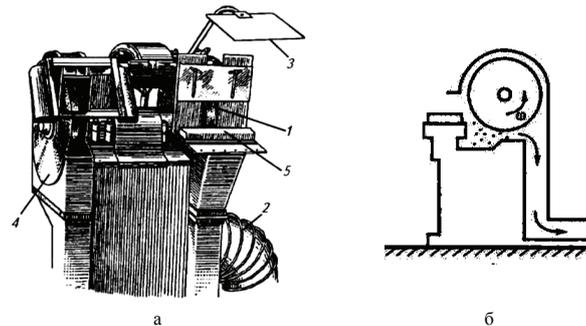


Рисунок 5 – Вытяжная панель



а – общий вид: 1 – абразивный круг; 2 – воздуховод; 3 – щиток; 4 – защитный кожух; 5 – подручник; б – схема работы

Рисунок 6 – Вытяжная вентиляция заточного станка

Для сварочного поста (рисунок 7):

$$L = \frac{10 \cdot G \cdot g \cdot i_{m.g}}{C_{ПДК} - C_n} \quad (23)$$

где G – масса израсходованных электродов, кг/ч;