

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Р. Е. АЛЕКСЕЕВА»

Кафедра "Производственная безопасность, экология и химия"

ОЗДОРОВЛЕНИЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Методические указания по выполнению практической работы
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для подготовки
бакалавров всех направлений и форм обучения



Нижегород 2021

Составители: О.В. Маслеева, Т.И.Курагина, А.Б.Елькин
УДК 628.93:658.2 (075.5)

Оздоровление воздушной среды в производственных помещениях: Метод. указания по выполнению практической работы по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" для подготовки бакалавров всех направлений и форм обучения /НГТУ им. Р.Е.Алексеева; сост.: О.В.Маслеева и др. Новгород, 2021. 21 с.

Рассмотрены показатели, характеризующие качество воздуха рабочей зоны в производственных помещениях, правила нормирования вредных веществ и нормирования микроклимата. Дана методика расчета общеобменной вентиляции при выделении в воздух рабочей зоны вредных веществ, влаги и тепловыделений, определение кратности воздухообмена. Приведены варианты заданий, порядок выполнения и оформления работы, а также справочные данные по определению нормативов качества воздуха рабочей зоны и выбору радиальных вентиляторов.

Редактор Э.Б. Абросимова

Подп. к печ. 29.06.2017. Формат 60x841/16. Бумага газетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,25. Уч.-изд. л.1,5. Тираж 200 экз. Заказ .

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева.
Типография НГТУ. 603950. Н. Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский
государственный
технический
университет
им. Р. Е. Алексеева, 2017г.
© Маслеева О.В.,
Курагина Т.И.,
Елькин А.Б., 2021г.

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью практической работы является:

- изучение показателей, характеризующих качество воздушной среды в производственных помещениях;
- получение навыков по нормированию вредных веществ в воздухе рабочей зоны и параметров микроклимата;
- освоение методики расчета общеобменной вентиляции.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Виды вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Загрязнение химическими веществами атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны является одним из ведущих факторов риска для здоровья людей.

Современные представления о гигиенических регламентах вредных веществ в окружающей среде основаны на том, что их воздействие не должно вызывать у людей даже временных нарушений здоровья, а также напряжения защитных и адаптационных механизмов ни в ближайшем, ни в отдаленном будущем. Воздействие вредных факторов не должно также изменять биологические, психические и социальные функции человека, нарушать его положение в обществе и оказывать отрицательное влияние на потомство.

По характеру воздействия на человека вредные вещества подразделяются на:

- общетоксические — вызывающие отравление всего организма (например, углеводороды, спирты, синильная кислота, ртуть, оксид углерода и др.);
- раздражающие — вызывающие раздражение слизистых оболочек, дыхательных путей, глаз (оксид серы и др.);
- сенсibiliзирующие — действующие как аллергены (формальдегид, растворители, лаки и др.);
- мутагенные — вызывающие возникновение врожденных пороков, отклонений от нормального развития детей (свинец, марганец, радиоактивные изотопы и др.);
- канцерогенные — вызывающие злокачественные опухоли (хром, никель, асбест, бензапирен и пр.);
- влияющие на репродуктивную функцию (ртуть, свинец и др.).

Токсичность вредных веществ определяется прежде всего их концентрацией в воздухе рабочей и зоны. Поэтому на содержание вредных

веществ в воздухе рабочей зоны устанавливаются предельно допустимые значения — предельно допустимые концентрации (ПДК).

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать ПДК при ведении технологических процессов и эксплуатации оборудования. При этом под рабочей зоной понимается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на котором находятся места постоянного или временного (непостоянного) пребывания работающих. Постоянным рабочим местом считается, когда работающий находится большую часть рабочего времени (более 50 % или более 2 ч непрерывно).

ПДК - это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной работе в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, как самого работника, так и его потомков.

Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе проводится путем сравнения измеренных (фактических) концентраций с их предельно допустимыми значениями.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в ГН 2.2.5.1313-18 «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

В гигиенических нормах установлены следующие виды ПДК:

- среднесменная предельно допустимая концентрация ПДК_{сс} – предельно допустимая концентрация, усредненная за 8-часовую рабочую смену;
- максимально-разовая предельно допустимая концентрация ПДК_{мр} - максимальная концентрация, возникающая при ведении технологического процесса, усредненная при отборе проб за промежуток времени, равный 15 мин.

Среднесменные концентрации необходимы для расчета индивидуальной экспозиции, выявления связи изменений состояния здоровья работающих с их профессиональной деятельностью. При этом учитывается верхний предел колебаний концентраций (максимальные концентрации).

Для веществ, имеющих два норматива - ПДК_{сс} и ПДК_{мр}, контролируют и не допускают превышения как средней за смену, так и максимальной концентраций.

Вредные вещества в зависимости от величины ПДК_{сс} классифицируют на четыре класса опасности:

- 1 класс - чрезвычайно опасные ($\text{ПДК}_{\text{сс}} < 0,1 \text{ мг/м}^3$)
- 2 класс – высокоопасные ($0,1 \leq \text{ПДК}_{\text{сс}} \leq 1 \text{ мг/м}^3$)
- 3 класс – опасные ($1 < \text{ПДК}_{\text{сс}} \leq 10 \text{ мг/м}^3$)

4 класс - умеренно опасные (ПДКсс >10 мг/м³).

ПДК некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в таблице 6.

2.2 Микроклимат производственных помещений

Показатели микроклимата влияют на сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и обеспечивают оптимальное и допустимое тепловое состояния организма. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических факторов резко ухудшает состояние здоровья организма и может приводить к заболеваниям.

Теплообмен человека и окружающей среды осуществляется за счет теплопроводности через одежду, конвективного теплообмена, излучения и испарения.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха рабочей зоны, °С;
- температура поверхностей, °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- скорость движения воздуха, м/с;
- интенсивность теплового облучения, Вт/м².

Требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений установлены в СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» с учетом:

- общих энерготрат работающих;
- периодов года;
- продолжительности выполнения работы.

В зависимости от общих энерготрат организма (Вт) осуществляется классификация работ по категориям тяжести работы. Характеристика категорий тяжести работ представлена в таблице 7.

При нормировании микроклимата установлено на два периода года: теплый и холодный.

Холодный период года - характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха равной +10 °С и ниже.

Теплый период года - характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10 °С.

Продолжительность выполнения работы в пределах рабочей смены может отличаться от 8-и часового рабочего дня в условиях микроклимата с

температурой воздуха на рабочих местах выше или ниже нормируемых величин.

Различают оптимальные и допустимые микроклиматические условия.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и/или локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Оптимальные величины параметров микроклимата на рабочих местах применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года приведены в таблице 8. Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года приведены в таблице 9.

3 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Вентиляция представляет собой комплекс устройств, обеспечивающих воздухообмен в помещении, т. е. удаление из помещения загрязненного, нагретого, влажного воздуха и подача в помещение свежего, чистого воздуха.

Различают два вида вентиляции производственных помещений: естественная и механическая.

Естественная вентиляция осуществляется за счет теплового и ветрового напоров через окна, форточки, дверные проемы и аспирационные системы.

Механической называется вентиляция, с помощью которой воздух подается в помещения и удаляется из них по системам вентиляционных каналов с использованием вентиляторов. Механическая вентиляция может быть приточной, вытяжной и приточно-вытяжной (рисунок 1).

В зависимости от радиуса действия все системы вентиляции можно разделить на общеобменные и местные. Действие общеобменной вентиляции основано на удалении вредных веществ и разбавлении воздуха помещения свежим воздухом до допустимых концентраций во всем объеме помещения. Эту систему вентиляции, как правило, применяют при равномерном

расположении по площади производственного помещения источников выделения теплоты, влаги, вредных веществ. Местную вентиляцию устраивают для удаления вредных веществ и(или) избытков тепла непосредственно в месте их образования, чем обеспечивается максимальное улавливание вредностей при минимальном расходе воздуха (рисунок 2).

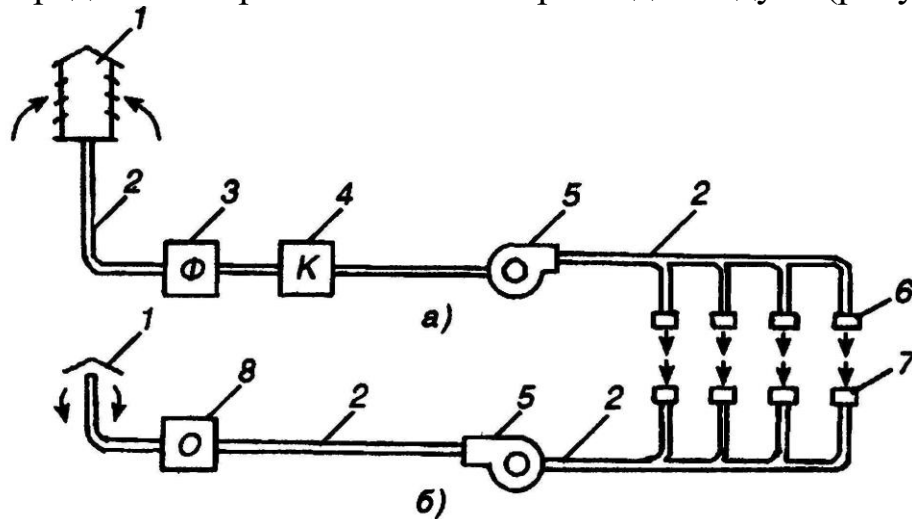


Рис. 1 Схемы механической вентиляции

а - приточная, б – вытяжная

1 – воздухоприемник, 2 – воздуховод, 3 – фильтр, 4 – калорифер, 5 – вентилятор, 6- приточные отверстия, 7 – вытяжные отверстия, 8 – очистное устройство

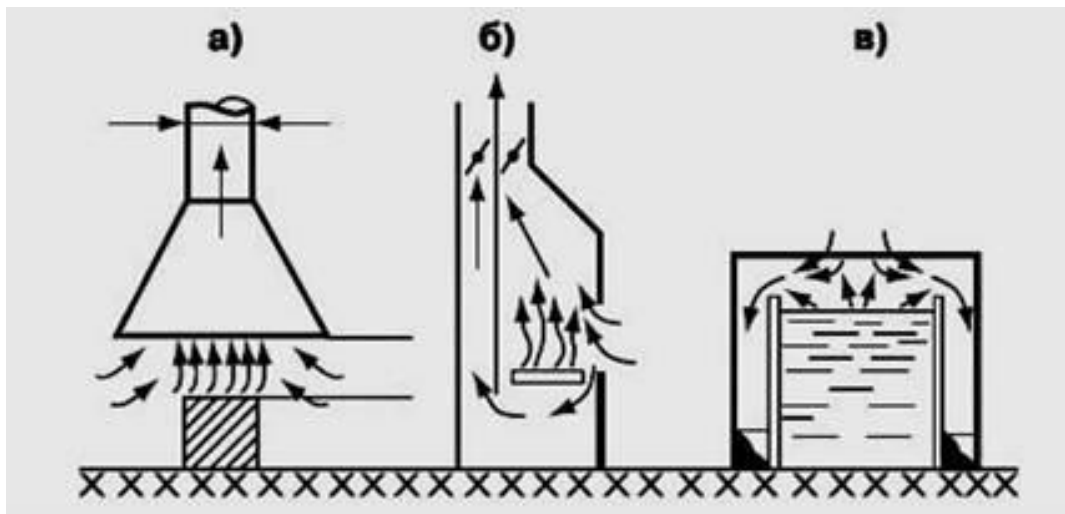


Рис. 2 Схема местной вытяжной вентиляции

а – вытяжной зонт, б – вытяжной шкаф, в – бортовой отсос

3.1 Расчет воздухообмена при выделении вредных веществ

При выделении вредных веществ в воздух рабочей зоны необходимо уменьшить концентрацию вредных веществ в воздухе рабочей зоны до допустимой величины (ПДК).

При выделении вредных веществ в помещении необходимое количество удаляемого воздуха L , м³/ч, рассчитывается по формуле:

$$L = \frac{G}{C_1 - C_2}, \quad (1)$$

где L – объем воздуха, удаляемого из помещения, м³/час;

G – масса вредных веществ, поступающих в помещение, мг/ч;

C_1 – концентрация вредного вещества в удаляемом воздухе ($C_1 = \text{ПДК}_{\text{сс}}$), мг/м³ (табл. 6). При ее отсутствии принимается $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,2 \text{ ПДК}_{\text{мр}}$;

C_2 – концентрация вредного вещества в приточном воздухе ($C_2 \leq 0,3 \text{ ПДК}_{\text{сс}}$), мг/м³.

3.2 Расчет воздухообмена при наличии влаговыделений

При наличии влаговыделений в воздухе рабочей зоны необходимо уменьшить величину относительной влажности воздуха до допустимой величины.

Относительная влажность — степень насыщения воздуха водяными парами, т.е. это отношение плотности водяного пара при данных условиях к предельно возможной плотности при той же температуре и том же барометрическом давлении.

Количество воздуха, необходимое для удаления избытков влаги, вычисляется по формуле:

$$L = \frac{G}{\rho_{\text{уд}} * \left(\frac{\varphi_{\text{уд}}}{100} * d_{\text{уд}} - \frac{\varphi_{\text{пр}}}{100} * d_{\text{пр}} \right)} \quad (2)$$

где L – объем воздуха, удаляемого из помещения, м³/час;

G – масса влаги, выделяемая всеми источниками, г/ч;

$\rho_{\text{уд}}$ – плотность удаляемого воздуха (при температуре на рабочем месте), кг/м³ (табл. 10);

$\varphi_{уд}$ – относительная влажность воздуха в удаляемом воздухе (внутри помещения), % (принимается по допустимым нормам из табл. 9);

$d_{уд}$ - содержание влаги в воздухе помещения, г/кг (рассчитывается по форм. 3);

$\varphi_{пр}$ - относительная влажность приточного воздуха, % (табл. 13).

$d_{пр}$ - содержание влаги в приточном воздухе, г/кг (рассчитывается по форм. 4)

$$d_{уд} = \frac{A_{уд}}{\rho_{уд}}, \text{ г/кг} \quad (3)$$

$$d_{пр} = \frac{A_{пр}}{\rho_{пр}}, \text{ г/кг} \quad (4)$$

где $A_{уд}$ - абсолютная влажность удаляемого воздуха, г/м³ (табл.11);

$A_{пр}$ - абсолютная влажность приточного воздуха, г/м³ (табл. 11);

$\rho_{пр}$ – плотность приточного (наружного) воздуха, кг /м³ (табл. 10).

3.3 Расчет воздухообмена при наличии избытков явного тепла

При выделении избыточной теплоты в помещении воздухообмен L , (м³/ч) определяется из выражения:

$$L = \frac{Q_{изб}}{C_v * \rho_{пр} * (t_{уд} - t_{пр})} \quad (5)$$

где $Q_{изб}$ – избыточная теплота, кДж/ч;

C_v - удельная теплоемкость приточного воздуха, кДж/кг·К (табл. 10);

$\rho_{пр}$ - плотность приточного воздуха, кг/м³ (табл. 10);

$t_{уд}$ - температура удаляемого воздуха, °С (принимаются допустимые нормы из табл. 9);

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

3.4 Расчет кратности воздухообмена

Кратность воздухообмена K (ч⁻¹) показывает сколько раз в течение часа сменится воздух в помещении и рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{L}{V}, \quad (6)$$

где V – объем помещения, м^3 (определяется по данным табл. 13).

Если величина K получается больше 10, то в помещении дополнительно к общеобменной рекомендуется применять местную вытяжную вентиляцию.

3.5 Определение необходимого воздухообмена

Исходными данными для расчета производительности вентиляционной установки служит объем воздуха, удаляемого из помещения.

Производительность радиального вентилятора (L_v) определяется по выражению:

$$L_v = 1,1 \cdot L \quad (7)$$

где L – максимальный объем воздуха, рассчитанный или при выделении вредных веществ, или при наличии избытков явного тепла, или при наличии влаговыделений.

4. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ

Для заданного варианта (табл. 13):

1. Определить ПДК и класс опасности вредных веществ по таблице 6. Результаты оформить в виде табл. 2.
2. Определить нормируемые параметры микроклимата по табл. 8 и 9 в зависимости от периода года и категории тяжести работ (табл. 7). Результаты оформить в виде табл. 3 и 4.
3. Для заданного варианта выполнить расчет воздухообмена общеобменной вентиляции при выделении вредных веществ, при наличии влаговыделений, при наличии избытков тепла и рассчитать кратность воздухообмена.
4. Выбрать вентилятор (табл. 12), позволяющий обеспечить рассчитанный для заданного помещения воздухообмен.

5 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Таблица 1 – Исходные данные

№	Рабочее место, профессия	Размеры помещения (А*В*Н), м	Вредные вещества	Температура приточного воздуха, °С
1	Плавильный участок, плавильщик	24 x 12 x 12	Железо, зола, уайт-спирит	- 10

Исходные данные для расчета вентиляции

Источник вредных веществ, масса вредных веществ	Выделяется влаги, г/час	Влажность приточного воздуха, %	избыточная теплота, ГДж/ч
работает 2 вагранки, каждая выделяет 26 г/час оксида углерода	1000	50	116

5.1 Определяем ПДК и класс опасности вредных веществ, результаты записываем в табл. 2.

Таблица 2- ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	Класс опасности
Железо	-	10	3
Зола	-	4	2
Уайт-спирит	900	300	4

5.2 Определяем нормируемые параметры микроклимата на рабочем месте.

Категория работ плавильщика – средней тяжести Пб.

Температура приточного воздуха (наружного воздуха) «-10 °С», следовательно, период года - холодный.

Таблица 3 -Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	Пб	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2

Таблица 4 Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Пб	15,0 - 16,9	19,1 - 22,0	14,0 - 23,0	15 - 75	0,2	0,4

5.3 Расчет воздухообмена общеобменной вентиляции

Расчет воздухообмена при выделении вредных веществ

Определяем ПДК вредного вещества:

для оксида углерода ПДК_{мр}=20 мг/м³.

Принимается ПДК_{сс} = 0,2 ПДК_{мр} = 4 мг/м³

$$G = 2 \cdot 26 \cdot 1000 = 52000 \text{ мг/ч};$$

$C_1 = \text{ПДК}_{\text{сс}} = 4 \text{ мг/м}^3$ – концентрация вредного вещества в удаляемом воздухе,

$C_2 = 0,3 \text{ ПДК}_{\text{сс}} = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ мг/м}^3$ – концентрация вредного вещества в приточном воздухе,

Рассчитываем необходимое количество воздуха по формуле:

$$L = \frac{G}{C_1 - C_2} = \frac{52000}{4 - 1,2} = 18571$$

$$L = 18571 \text{ м}^3/\text{час}$$

Расчет воздухообмена при наличии влаговыделений

По табл. 4 принимаем максимальные значения:

- температура воздуха на рабочем месте = 22°С ,
- относительная влажность воздуха на рабочем месте = 75 % .

По табл. 13 принимаем максимальные значения:

- температура удаляемого воздуха = - 10°С ,

- относительная влажность удаляемого воздуха = 50 % .

$G = 1000$ г/ч - количество влаги, выделяемое всеми источниками

Плотность удаляемого воздуха при температуре 22°C $\rho_{вн}=1,20$ кг/м³;

Плотность наружного (приточного) воздуха при температуре -10°C $\rho_{нар}=1,342$ кг /м³;

Абсолютная влажность удаляемого воздуха $A_{вн}=13,5$ г/м³ (определяем по табл. 11 для температуры 22 °С и относительной влажности 75%);

Абсолютная влажность приточного воздуха $A_{нар}=1,2$ г/м³ (определяем по табл. 11 для температуры -10 °С и относительной влажности 50%).

По формулам 3 и 4 рассчитываем содержание влаги:

- в помещении

$$d_{вн} = \frac{A_{вн}}{\rho_{вн}} = \frac{13,5}{1,2} = 11,25 \text{ г/кг}$$

- в приточном воздухе

$$d_{нар} = \frac{A_{нар}}{\rho_{нар}} = \frac{1,2}{1,342} = 0,89 \text{ г/кг}$$

Рассчитываем необходимый для обеспечения допустимой влажности объем приточного воздуха, м³/час, по формуле 2:

$$L = \frac{G}{\rho_{вн} * \left(\frac{\varphi_{вн}}{100} * d_{вн} - \frac{\varphi_{нар}}{100} * d_{нар} \right)} = \frac{1000}{1,2 * \left(\frac{75}{100} * 11,25 - \frac{50}{100} * 0,89 \right)} = 104$$

$$L = 104 \text{ м}^3/\text{час}$$

Расчет воздухообмена при наличии избытков явного тепла

$$Q_{изб} = 116 \text{ ГДж/ч} = 116 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч}$$

Удельная теплоемкость приточного воздуха при (- 10 °С) по табл. 10

$$C_v = 1009 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

Плотность приточного воздуха при (- 10 °С) $\rho = 1,342$ кг/м³ (табл. 10),

Температура приточного воздуха $t_{пр} = - 10$ °С.

Выбираем допустимые величины параметров микроклимата по табл. 4.

Принимаем: допустимая максимальная температура воздуха в помещении (температура уходящего воздуха) $t_{yx} = 22$ °С

Рассчитываем необходимый для разбавления избыточной теплоты объем приточного воздуха (м³/час) по формуле 5:

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{C_v \cdot \rho \cdot (t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})} = \frac{116 \cdot 10^6}{1009 \cdot 1,35 \cdot (22 - (-10))} = 2505$$

$$L = 2505 \text{ м}^3/\text{час}$$

Результаты расчетов воздухообмена сводим в табл. 5.

Таблица 5 – Результаты расчета воздухообмена

Условия расчета	L, м ³ /час
1 При выделении вредных веществ	18571
2 При наличии влаговыделений	104
3 При наличии избытков явного тепла	2505

Расчет кратности воздухообмена

Кратность воздухообмена рассчитываем для максимального значения объема приточного воздуха:

$$K = \frac{L}{V} = \frac{18571}{3456} = 5,37 \text{ ч}^{-1}$$

где объем помещения $V = 24 \cdot 12 \cdot 12 = 3456 \text{ м}^3$.

Определение необходимого воздухообмена

Производительность вентилятора (L_v) рассчитывается с учетом обеспечения максимального воздухообмена из рассчитанных:

$$L_v = 1,1 \cdot L = 18571 \cdot 1,1 = 20428 \text{ м}^3/\text{час}$$

По табл. 12 выбираем вентилятор ВЦП 7-40-10 мощностью 22 кВт, производительностью 12240-32400 м³/час.

Выводы:

Для обеспечения в воздухе рабочей зоны ПДК вредных веществ, удаления влаги и избытков явного тепла на плавильном участке необходимо обеспечить кратность воздухообмена не меньше 5,37 ч⁻¹.

Для этого в системе вентиляции необходимо установить вентилятор ВЦП 7-40-10 мощностью 22 кВт.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»
2. ГН 2.2.5.1313-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
3. Арустамов, Э.А. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для бакалавров / Э.А. Арустамов. - М.: Дашков и К, 2016. - 448 с.
4. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (Техносферная Безопасность): Учебник / С.В. Белов. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 702 с.
5. Занько, Н.Г. Безопасность жизнедеятельности / Н.Г. Занько, К.Р. Малаян и др. - СПб.: Лань, 2016. - 696 с.
6. Рыжков, Л.П. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Л.П. Рыжков, Т.Ю. Кучко, И.М. Дзюбук. - СПб.: Лань, 2016. - 696 с.
7. Основы безопасности жизнедеятельности. Учеб. пособие / Г.В. Пачурин и др.; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – 2-е изд. перераб. и доп.– Н. Новгород, 2014. – 269 с.
8. Тепловой баланс производственных помещений. Организация и расчет систем вентиляции в производственных помещениях: учеб. пособие по выполнению дипломных, курсовых и практических работ для студентов / В.В. Бакаев [и др.]; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2011. - 131 с.

Приложения

Таблица 6 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК _{мр} мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	Наименование вещества	ПДК _{мр} мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³
Азота диоксид	2	-	Масла минеральные	5	
Азота оксиды	5	-	Молибден	3	0,5
Азотная кислота ⁺	2	-	Моющее средство «Гайд»	5	-
Алюминий	6	2	Мышьяк,	0,04	0,01
Аммиак	20	-	Нафталин	20	-
Антибиотики	0,3	-	Никель,	0,05	-
Аскорбиновая кислота	2	-	Ниобий	-	10
Бенз[а]пирен	-	0,00015	Озон	0,1	-
Бензин	300	100	Олово фторид	1	0,2
Бензол ⁺	15	5	Поликарбонат	10	-
Бериллий	0,003	0,001	Полиэтен	10	-
Бокситы	-	6	Ртуть	0,01	0,005
Бор нитрид	-	6	Сахароза	10	-
Борная кислота	10	-	Свинец	-	0,05
Бромгексан	0,3	-	Сера диоксид ⁺	10	-
Бутан	900	300	Серная кислота ⁺	1	-
Висмут	0,5	-	Стекла пыль	6	2
Вольфрам	-	6	Скипидар	600	300
Гексан	900	300	Стеклопластик	5	-
Глюкоза	10	-	Табак	3	-
Железо	-	10	Таллий иодид	0,01	-
Зола	-	4	Уайт-спирит	900	300
Кадмий	0,05	0,01	Углерод оксид	20	-
Какао-порошок	2	-	Уран	0,075	-
Калий хлорид	5	-	Фенопласты	-	6
Кальций оксид ⁺	1	-	Формальдегид ⁺	0,5	-
Канифоль	4	-	Фосфор	0,1	0,03
Керамика	5	2	Фтор	0,03	-
Керосин	600	300	Фуран ⁺	1,5	0,5
Кобальт	0,05	0,01	Хлор ⁺	1	-
Корунд белый	-	6	Хром триоксид ⁺	0,03	0,01
Крахмал	10	-	Целлюлоза	10	-
Кремний диоксид	3	1	Цемент,	-	8
Люминофор Р-385	0,1	-	Цинк оксид	1,5	0,5
Медь	1	0,5	Углерод (графит)	10	-
Метан	7000	-	Углерода оксид	20	-
Магний оксид	4	-	Чай	3	-
Марганца оксиды	0,05	-	Чугун	-	6
			Этанол	2000	1000

Таблица 7. Категории работ на основе общих энергозатрат организма

Категории работ	Энерготраты, Вт	Характер работ, примеры видов работ и профессий
Ia	до 139	Работы, производимые сидя. Ряд профессий на предприятиях точного приборостроения, в сфере управления и т.п.
Iб	140 - 174	Работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (предприятия связи, контролеры, мастера и пр.)
IIa	175 - 232	Работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий и требующие определенного физического напряжения (механосборочные цеха и т.п.)
IIб	233 - 290	Работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (литейные, прокатные, кузнечные, термические, сварочные цеха и т.п.)
III	более 290	Работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ручная ковка, ручная набивка и заливка опок и т.п.)

Таблица 8. Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	Ia	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Ia	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

Таблица 9. Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia	20,0 - 21,9	24,1 - 25,0	19,0 - 26,0	15 - 75	0,1	0,1
	Iб	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0	15 - 75	0,1	0,2
	IIa	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0 - 24,0	15 - 75	0,1	0,3
	IIб	15,0 - 16,9	19,1 - 22,0	14,0 - 23,0	15 - 75	0,2	0,4
	III	13,0 - 15,9	18,1 - 21,0	12,0 - 22,0	15 - 75	0,2	0,4
Теплый	Ia	21,0 - 22,9	25,1 - 28,0	20,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,2
	Iб	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,3
	IIa	18,0 - 19,9	22,1 - 27,0	17,0 - 28,0	15 - 75	0,1	0,4
	IIб	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0 - 28,0	15 - 75	0,2	0,5
	III	15,0 - 17,9	20,1 - 26,0	14,0 - 27,0	15 - 75	0,2	0,5

Таблица 10 Плотность и теплоемкость воздуха

t, °С	Плотность воздуха, ρ, кг/м ³	Теплоемкость C _v , кДж/кг·К,
-20	1,395	1009
-15	1,369	1009
-10	1,342	1009
-5	1,318	1007
0	1,293	1005
10	1,247	1005
15	1,226	1005
20	1,205	1005
25	1,186	1005
30	1,165	1005

Таблица 11. Перевод относительной влажности в абсолютную в зависимости от температуры воздуха при атмосферном давлении

Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %										
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	Абсолютная влажность, г/м ³										
30	9,1	10,5	12,1	13,5	15,2	16,5	18,2	19,7	21,3	22,6	24,3
27	7,7	9,1	10,3	11,6	12,8	14,2	15,4	16,8	17,9	19,4	20,5
25	6,9	8,0	9,2	10,3	11,5	12,6	13,8	15	16,1	17,1	18,4
22	5,8	6,8	7,4	8,8	9,7	10,7	11,6	12,7	13,5	14,6	15,5
20	5,2	6,0	6,9	7,7	8,7	9,4	10,4	11,3	12,1	12,9	13,8
15	3,9	4,5	5,1	5,7	6,4	7,0	7,7	8,4	9	9,6	10,3
13	3,4	4,0	4,5	5,1	5,7	6,3	6,8	7,4	7,9	8,5	9,0
10	2,8	3,3	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,2	7,5
5	2	2,4	2,7	3,1	3,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,5	5,4
0	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	4,1	3,9
-5	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	2	2,1	2,3	2,5	2,5	2,6
-7	1	1,13	1,4	1,5	1,7	1,8	2,1	2,2	2,4	2,4	2,7
-10	0,7	0,75	0,9	0,97	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,9
-12	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
-15	0,5	0,48	0,6	0,62	0,8	0,76	1	1	1,1	1,0	1,3
-17	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1	1	1,1
-20	0,3	0,31	0,35	0,4	0,44	0,45	0,53	0,57	0,62	0,66	0,7

Таблица 12 – Радиальные вентиляторы

Обозначение вентилятора	Электродвигатель		Производительность, м ³ /час
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	
Вентилятор ВЦП 7-40-2,5	2,2	3000	730-1500
Вентилятор ВЦП 7-40-3,15	3,0	3000	1530-3300
Вентилятор ВЦП 7-40-4	4,0	3000	2500-4900
Вентилятор ВЦП 7-40-5	5,5	1500	2200-5000
Вентилятор ВЦП 7-40-6,3	7,5	1500	5700-9400
Вентилятор ВЦП 7-40-8	18,5	1500	8000-16000
Вентилятор ВЦП 7-40-10	22	1000	12240-32400
Вентилятор ВЦП 7-40-12,5	30	750	19000-48600
Вентилятор ВЦП 7-40-60	75	1500	24400÷66250

Таблица 13 - Варианты заданий

№	Рабочее место, профессия	Размеры помещения (А*В*Н), м	Вредные вещества	Температура приточного воздуха, °С	Исходные данные для расчета вентиляции			
					Источник вредных веществ, масса вредных веществ	Выделяется влаги G, г/час	Влажность приточного воздуха, %	Избыточная теплота Q _{изб} , ГДж/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вычислительный центр, оператор ПЭВМ	24х12х3	Кремний диоксид, озон, люминофор Р-385	12	При работе 4-х принтеров в воздух выделяется 2 мг/ч озона	15	60	22
2	Токарный участок, токарь	36х9х8	Масла минеральные, железо, вольфрам	-15	При работе токарных станков выделяется 2,53 г/час паров минеральных масел	2900	55	89
3	Канцелярия, делопроизводитель	6х8х3	Целлюлоза, графит, озон	13	Установленные ксероксы выделяют 100 мг/ч твердых частиц, основу которых составляет графит	3	50	6
4	Библиотека, библиотекарь	24х12х4	Углерода оксид, кремний диоксид, целлюлоза	-14	При сортировке книг в воздух выделяется 0,5 мг/ч твердых частиц, основу которых составляет целлюлоза	25	45	14
5	Компьютерный класс, программист	12х6х4	Бензапирен, люминофор Р-385, озон	13	Копировальные аппараты выделяют 0,6 мг/ч озона	7	40	4
6	Учебный класс, лаборант	36х12х3	Ртуть, углерода оксид, кремний диоксид	-16	3 лабораторных установки выделяют 5 г/час оксида углерода	350	35	27
7	Производство стекла, стеклодув	48х24х9	Стекла пыль, кремний диоксид, мышьяк	12	При работе 2 стекловаренных печей в воздух выделяется 1,95 г/час диоксида кремния от каждой	1500	30	550
8	Медницкий участок, медник	6х6х3	Свинец, медь, олово фторид	-13	При пайке радиаторов автобусов в воздух выделяется 53 мг/ч фторида олова	20	35	16
9	Производство аммиака, аппаратчик	12х18х24	Азотная кислота, оксиды азота, аммиак	14	При работе колонны для синтеза аммиака в воздух выделяется 51,8 г/час аммиака	4500	40	204
10	Фармацевтическое производство, укладчик-упаковщик	12х18х5	Антибиотики, аскорбиновая кислота, глюкоза	-12	На автоматизированной линии для расфасовки витаминов в воздух выделяется 270 мг/ч аскорбиновой кислоты	100	45	15

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	Окрасочный участок, маляр	12x6x9	Скипидар, уайт-спирит, бутан	13	При работе окрасочной камеры в воздух поступает 476 г/час уайт-спирита	30	50	12
12	Гальванический участок, травильщик	24x12x9	Хром триоксид, кадмий, никель	-11	На участке находятся 4 ванны никелирования, из каждой выделяется 0,023 г/час никеля.	3500	55	76
13	Пищевой склад, кладовщик	12x18x6	Какао-порошок, крахмал, чай	14	При хранении продуктов в воздух поступает 49 мг/ч какао-порошка	50	60	51
14	Плавильный участок, плавильщик	24x24x12	Чугун, углерода оксид, железо	-10	На плавильном участке выделяется 20г/час оксида углерода.	2000	55	201
15	Офис, менеджер	12x6x3	Озон, табак, графит	13	Установленные 3 принтера выделяют в воздух 44 мг/ч твердых частиц, основу которых составляет графит	15	50	8
16	Производство пластмасс, рабочий	18x12x9	Стеклопластик, фенопласты, бензол	-9	При литье пластмасс под давлением выделяется 10,4 г/час фенопластов	2000	45	45
17	Прачечная, машинист по стирке и ремонту спецодежды	18x6x6	Моющее средство «Тайд», хлор, этанол	12	В прачечной 6 стиральных машин, из каждой выделяется 0,54г/час моющего средства «Тайд»	1700	40	17
18	Участок шлифовальных станков, шлифовщик	8x6x6	Кремний диоксид, железо, никель	-8	На шлифовальном участке выделяется 30г/час железа.	60	35	5
19	Участок пайки радиодеталей, паяльщик	12x6x6	Олово, свинец, углерод оксид	11	На участке при пайке радиодеталей выделяется 0,02 г/час свинца.	20	30	4
20	Сварочный участок, сварщик ручной сварки	12x18x10	Никель, марганца оксиды, железо	-7	На сварочном участке выделяется 0,02 г/час о никеля.	550	35	112
21	Формовочный участок, формовщик ручной формовки	24x12x10	Формальдегид, известняк, кремний диоксид	12	На формовочном участке выделяется 15 г/час диоксида кремния.	1250	40	65
22	Химическая лаборатория, лаборант	12x12x3	Этанол, ртуть, серная кислота	-6	При работе лабораторной установки в воздух выделяется 54 мг/ч серной кислоты	140	45	8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	Штамповочный участок, штамповщик	24x12x8	Масла минеральные, углерода оксид, кремний диоксид	13	На участке штамповки находятся 6 штампов, из каждого выделяется 100 мг/час минеральных масел	350	50	46
24	Кузнечный участок, кузнец ручнойковки	10x8x6	Графит, железо, кремния диоксид	-5	На кузнечном участке выделяется 12 г/час смазки (графит)	170	55	24
25	Автоматическая мойка автомобилей, оператор моечной установки	24x8x8	Углерода оксид, сера диоксид, моющее средство «Тайд»	13	При мойке автобусов с отработавшими газами в воздух выделяется 4,3 г/час диоксида серы	3600	60	54