

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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**

*Учебно-методическое пособие к выполнению практической работы  
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех  
направлений подготовки и форм обучения*



Нижний Новгород 2025

Составители: О.В. Маслеева, Т.И. Курагина, А.Б. Елькин

УДК 628.93:658.2 (075.5)

Оздоровление воздушной среды в производственных помещениях: Учебно-методическое пособие к выполнению практических работ по курсу «Безопасность жизнедеятельности» /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: О.В. Маслеева и др. Н.Новгород, 2025. 25 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. 25.02.2025. Формат 60x841/16. Бумага газетная.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,25. Уч.-изд. л.1,5. Тираж 100 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, 2025

# 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 Вредные вещества в воздухе рабочей зоны

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

Ведение ряда работ технологических процессов на предприятиях сопровождается выделением в воздух рабочей зоны различных вредных веществ в виде паров, газов, пыли. Каждой отрасли промышленности присущ характерный состав и масса веществ, поступающих в атмосферу. Это определяется прежде всего составом веществ, применяемых в технологических процессах. Для машиностроительных заводов основными являются оксиды углерода, азота, серы, пары масел и эмульсий, фенол, формальдегид и т.д. Пыль образуется при дроблении, транспортировании измельченного материала, механической обработке, шлифовании, расфасовке и т. п.

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.).

Рабочая зона — это пространство высотой до 2м над уровнем пола или площадки, на котором находятся места постоянного или временного пребывания работающих. Постоянным рабочим местом считается место, где работающий находится большую часть рабочего времени (более 50 % или более 2 ч непрерывно).

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.

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 СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

В гигиенических нормах установлены следующие виды ПДК:

- среднесменная предельно допустимая концентрация ПДК<sub>сс</sub> — предельно допустимая концентрация, усредненная за 8-часовую рабочую смену;

- максимально-разовая предельно допустимая концентрация ПДК<sub>мр</sub> - 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<sub>сс</sub> и ПДК<sub>мр</sub>, контролируют и не допускают превышения как средней за смену, так и максимальной концентраций.

Вредные вещества в зависимости от величины ПДК<sub>мр</sub> классифицируют на четыре класса опасности (табл.1). ПДК некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в табл. 7.

*Таблица 1*

**Классы опасности веществ**

Класс опасности	Название класса	Величина ПДК <sub>мр</sub> , мг/м <sup>3</sup>
1	чрезвычайно опасные	$\text{ПДК}_{\text{мр}} \leq 0,1$
2	высокоопасные	$0,1 < \text{ПДК}_{\text{мр}} \leq 1$
3	опасные	$1 < \text{ПДК}_{\text{мр}} \leq 10$
4	умеренно опасные	$\text{ПДК}_{\text{мр}} > 10$

**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/м<sup>2</sup>.

Требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений установлены в СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или)

безвредности для человека факторов среды обитания» с учетом:

- категории работ работающих;
- периодов года.

Категория работы зависит от общих энерготрат организма (Вт). Характеристики категорий работ представлены в табл. 8.

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

Холодный период года - характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха равной  $+10^{\circ}\text{C}$  и ниже.

Теплый период года - характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$ .

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 табл. 9.

Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах для работ различных категорий в холодный и теплый периоды года приведены в табл. 10.

### **3 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

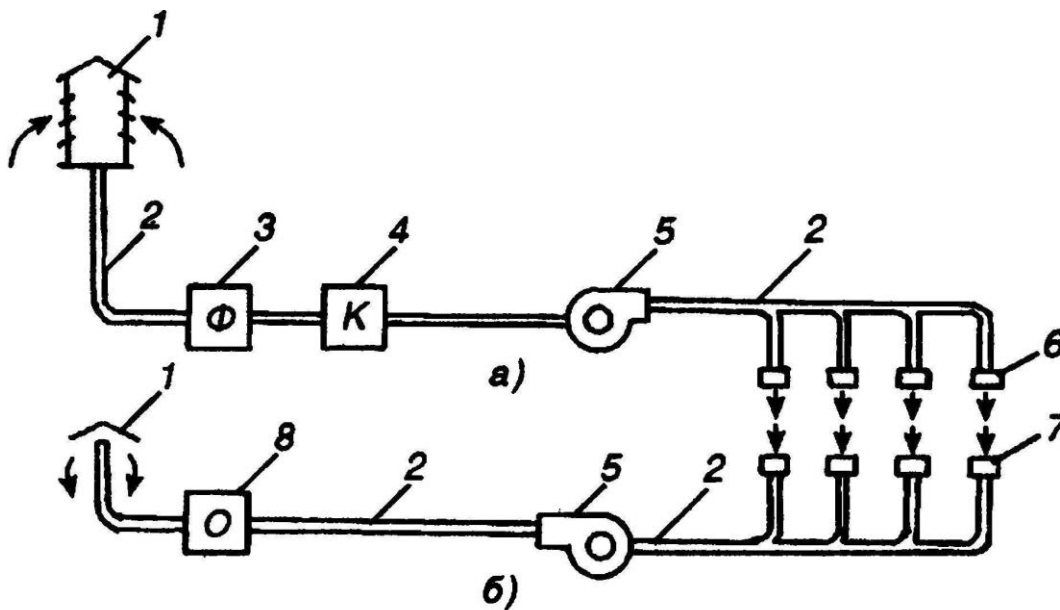
Вентиляция представляет собой комплекс устройств, обеспечивающих воздухообмен в помещении, т. е. удаление из помещения загрязненного, нагретого, влажного воздуха и подача в помещение свежего, чистого воздуха.

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 (рис. 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. Местную вентиляцию устраивают для удаления вредных веществ и(или) избытков тепла непосредственно в месте их образования.



**Рис. 1** Схемы механической вентиляции  
а - приточная, б – вытяжная

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

### 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).

Формовочный участок (литейное производство) характеризуется высокой запыленностью воздуха рабочей зоны (рис. 2)



**Рис. 2 Формовочный участок**

При выделении вредных веществ в помещении необходимое количество удаляемого воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, рассчитывается по формуле:

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

где  $L$  – объем воздуха, удаляемого из помещения, м<sup>3</sup>/час;

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

$C_1$  – концентрация вредного вещества в удаляемом воздухе ( $C_1 = \text{ПДК}_{\text{cc}}$ ), мг/м<sup>3</sup> (табл. 7). При ее отсутствии принимается  $\text{ПДК}_{\text{cc}} = 0,2 \cdot \text{ПДК}_{\text{мр}}$ ;

$C_2$  – концентрация вредного вещества в приточном воздухе ( $C_2 \leq 0,3 \cdot \text{ПДК}_{\text{cc}}$ ), мг/м<sup>3</sup>.

### **3.2 Расчет воздухообмена при наличии влаговыделений**

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

Участок мойки характеризуется высокой влажностью воздуха рабочей зоны (рис. 3)



**Рис. 3 Участок мойки**

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:

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

где  $L$  – объем воздуха, удаляемого из помещения, м<sup>3</sup>/час;

$D$  – масса влаги, выделяемая всеми источниками, г/ч;

$\rho_{уд}$  – плотность удаляемого воздуха, кг/м<sup>3</sup> (при максимальной допустимой температуре на рабочем месте по табл. 11);

$\varphi_{уд}$  – относительная влажность воздуха в удаляемом воздухе, % (максимальная допустимая относительная влажность на рабочем месте по табл. 10);

$d_{уд}$  – содержание влаги в воздухе помещения, г/кг (формула 3);

$\varphi_{пр}$  – относительная влажность приточного (наружного) воздуха, % (табл. 14).

$d_{пр}$  – содержание влаги в приточном (наружном) воздухе, г/кг (формула 4)

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

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

где  $A_{\text{уд}}$  - абсолютная влажность удаляемого воздуха, г/м<sup>3</sup> (табл.12);  
 $A_{\text{пр}}$  - абсолютная влажность приточного (наружного) воздуха, г/м<sup>3</sup> (табл. 12);  
 $\rho_{\text{пр}}$  – плотность приточного (наружного) воздуха, кг /м<sup>3</sup> (табл. 11).

### 3.3 Расчет воздухообмена при наличии избытков явного тепла

При наличии избытков явного тепла в рабочей зоны необходимо уменьшить температуру воздуха рабочей зоны до допустимой величины.

Заливочный участок (литейное производство) характеризуется высокой интенсивностью теплового излучения и повышенной температурой воздуха (рис. 4)



Рис. 4. Заливочный участок

При выделении избыточной теплоты в помещении воздухообмен  $L$ , (м<sup>3</sup>/ч) определяется из выражения:

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{C_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{уд}} - t_{\text{пр}})} \quad (5)$$

где  $Q_{\text{изб}}$  – избыточная теплота, кДж/ч;  
 $C_{\text{в}}$  - удельная теплоемкость приточного (наружного) воздуха, кДж/кг·К (табл.11);

$\rho_{\text{пр}}$  - плотность приточного (наружного) воздуха, кг/м<sup>3</sup> (табл. 11);  
 $t_{\text{уд}}$  - температура удаляемого воздуха, °С (максимальная допустимая температура на рабочем месте из табл. 10);  
 $t_{\text{пр}}$  - температура приточного (наружного) воздуха, °С.

### 3.4 Расчет кратности воздухообмена

Кратность воздухообмена  $K$  (ч<sup>-1</sup>) 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<sup>3</sup> (определяется по данным табл. 14).

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 ( $L_{\text{в}}$ ) определяется по выражению:

$$L_{\text{в}} = 1,1 \cdot L \quad (7)$$

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. 14):

1. Определить ПДК вредных веществ и класс опасности по табл. 6. Результаты оформить в виде табл. 3.
2. Определить нормируемые параметры микроклимата по табл. 9 и 10 в зависимости от периода года и категории тяжести работ (табл. 8). Результаты оформить в виде табл. 4.

3. Для заданного варианта выполнить расчет воздухообмена общеобменной вентиляции при выделении вредных веществ, при наличии влаговывделений, при наличии избытков тепла и рассчитать кратность воздухообмена.
4. Выбрать вентилятор (табл. 13), позволяющий обеспечить рассчитанный для заданного помещения воздухообмен.

## 5 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

*Таблица 2*

### Исходные данные

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

Исходные данные для расчета вентиляции			
Источник вредных веществ, масса вредных веществ (G)	Выделяется влаги D, г/час	Влажность наружного воздуха, %	Избыточная теплота Q <sub>изб</sub> , ГДж/ч
работает 2 вагранки, каждая выделяет 26 г/час оксида углерода	900	50	116

Определяем ПДК и класс опасности вредных веществ (табл. 6), результаты записываем в табл. 3.

*Таблица 3*

### ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК <sub>мр</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Железо	-	10	4
Зола	-	4	3
Оксид углерода	20	-	3

Определяем нормируемые параметры микроклимата на рабочем месте (табл.9 и 10).

Категория работ плавильщика – средней тяжести Пб.

Период года – холодный, т.к. температура наружного воздуха «-10 °С».

Таблица 4

## Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочем месте

Параметр	Оптимальные параметры	Допустимые параметры
Период года	Холодный	Холодный
Категория работ	Пб	Пб
Температура воздуха, °С	17 - 19	-
диапазон ниже оптимальных величин	-	15 - 16,9
диапазон выше оптимальных величин	-	19,1 - 22
Температура поверхностей, °С	16 - 20	14 - 23
Относительная влажность воздуха, %	60 - 40	15 - 75
Скорость движения воздуха, м/с, не более	0,2	-
для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	-	0,2
для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более	-	0,4

**Расчет воздухообмена при выделении вредных веществ**

Исходные данные: работает 2 вагранки, каждая выделяет 26 г/час оксида углерода.

Для оксида углерода  $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 20 \text{ мг/м}^3$ .

Принимаем  $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,2 \cdot \text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,2 \cdot 20 = 4 \text{ мг/м}^3$

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

$$C_1 = \text{ПДК}_{\text{сс}} = 4 \text{ мг/м}^3,$$

$$C_2 = 0,3 \cdot \text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ мг/м}^3,$$

Рассчитываем необходимое количество воздуха по формуле 1:

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

$$L = 18571 \text{ м}^3/\text{ч}$$

## *Расчет воздухообмена при наличии влаговыделений*

По табл. 4 принимаем максимальные значения:

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

По табл. 14 принимаем:

- температура наружного (приточного) воздуха = - 10°C ,
- относительная влажность наружного (приточного) воздуха = 50 % .

$D = 900$  г/ч – количество влаги, выделяемое всеми источниками

Плотность удаляемого воздуха при температуре 22°C

$$\rho_{уд} = 1,20 \text{ кг/м}^3 ;$$

Плотность приточного воздуха при температуре = -10°C

$$\rho_{пр} = 1,342 \text{ кг/м}^3 ;$$

Абсолютная влажность удаляемого воздуха (табл. 12) для температуры 22°C и относительной влажности 75%

$$A_{уд} = 13,5 \text{ г/м}^3 ;$$

Абсолютная влажность приточного воздуха (табл. 12) для температуры = -10°C и относительной влажности 50%.

$$A_{пр} = 1,2 \text{ г/м}^3$$

По формулам 3 и 4 рассчитываем содержание влаги:

- в удаляемом воздухе

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

- в приточном воздухе

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

Рассчитываем необходимый для обеспечения допустимой влажности объем приточного воздуха, м<sup>3</sup>/час, по формуле 2:

$$L = \frac{D}{\rho_{уд} \cdot \left( \frac{\varphi_{уд}}{100} \cdot d_{уд} - \frac{\varphi_{пр}}{100} \cdot d_{пр} \right)} = \frac{900}{1,2 \cdot \left( \frac{75}{100} \cdot 11,25 - \frac{50}{100} \cdot 0,89 \right)} = 94$$

$$L = 94 \text{ м}^3/\text{ч}$$

### ***Расчет воздухообмена при наличии избытков явного тепла***

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

Удельная теплоемкость приточного воздуха при (-10 °С) по табл. 11.

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

Плотность приточного воздуха при (-10 °С) по табл. 11,

$$\rho_{\text{пр}} = 1,342 \text{ кг/м}^3 ;$$

Температура приточного воздуха

$$t_{\text{пр}} = -10^{\circ}\text{C}$$

Температура удаляемого воздуха

$$t_{\text{уд}} = 22^{\circ}\text{C}$$

Рассчитываем при наличии избытков явного тепла для уменьшения температуры воздуха рабочей зоны до допустимой величины необходимый объем приточного воздуха (м<sup>3</sup>/час) по формуле 5:

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

$$L = 2505 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Результаты расчетов воздухообмена сводим в табл. 5.

***Таблица 5***

#### **Результаты расчета воздухообмена**

Условия расчета	$L$ , м <sup>3</sup> /час
1 При выделении вредных веществ	18571
2 При наличии влаговывделений	94
3 При наличии избытков явного тепла	2505
Максимальное	18571

#### ***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 ( $L_{\text{в}}$ ) рассчитывается с учетом обеспечения максимального воздухообмена из рассчитанных:

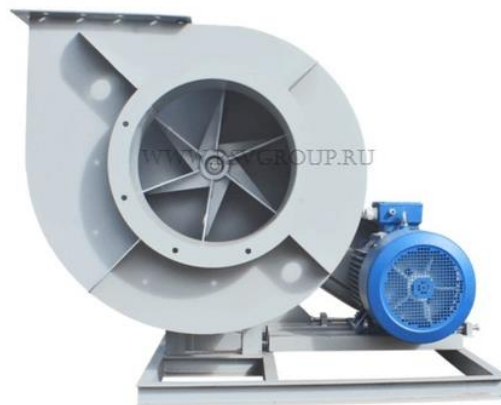
$$L_{\text{в}} = 1,1 \cdot L = 1,1 \cdot 18571 = 20428 \text{ м}^3/\text{час}$$

По табл. 13 выбираем вентилятор ВЦП 7-40-10 (рис. 5). Технические данные вентилятора записываем в табл. 6.

***Таблица 6***

### **Технические данные вентилятора**

Обозначение вентилятора	Электродвигатель		Производительность, м <sup>3</sup> /час
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	
Вентилятор ВЦП 7-40-10	22	1000	12240-32400



**Рис. 5 Радиальный вентилятор ВЦП 7-40-10**

### **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  $5,37 \text{ ч}^{-1}$ .

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

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
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.

## ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК <sub>мр</sub> мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
1	2	3	4
Азота диоксид	2	-	3
Азота оксиды	5	-	3
Азотная кислота	2	-	3
Алюминий	6	2	3
Аммиак	20	-	4
Антибиотики	0,3	-	2
Аскорбиновая кислота	2	-	3
Бензпирен	-	0,00015	1
Бензин	300	100	4
Бензол	15	5	2
Бокситы	-	6	4
Борная кислота	10	-	3
Бромгексан	0,3	-	2
Бутан	900	300	4
Вольфрам	-	6	4
Глюкоза	10	-	4
Железо	-	10	4
Кадмий	0,05	0,01	1
Какао-порошок	2	-	3
Кальций оксид	1	-	2
Керамика	5	2	3
Керосин	600	300	4
Крахмал	10	-	4
Кремний диоксид	3	1	3
Люминофор Р-385	0,1	-	2
Магний оксид	4	-	4
Марганца оксиды	0,05	-	1
Масла минеральные	5		3
Медь	1	0,5	2
Моющее средство «Тайд»	5	-	3
Мышьяк,	0,04	0,01	1
Никель,	0,05	-	1
Озон	0,1	-	1
Олова диоксид	-	6	3
Олово фторид	1	0,2	2
Ртуть	0,01	0,005	1
Сахароза	10	-	4

*Продолжение таблицы 7*

1	2	3	4
Свинец	-	0,05	1
Сера диоксид <sup>+</sup>	10	-	3
Серная кислота <sup>+</sup>	1	-	2
Стекла пыль	6	2	3
Скипидар	600	300	4
Стеклопластик	5	-	3
Табак	3	-	3
Уайт-спирит	900	300	4
Углерод (графит)	10	-	4
Углерод оксид	20	-	4
Фенопласты	-	6	3
Формальдегид <sup>+</sup>	0,5	-	2
Фосфор	0,1	0,03	1
Фтор	0,03	-	1
Хлор	1	-	2
Хром триоксид	0,03	0,01	1
Целлюлоза	10	-	4
Чай	3	-	3
Чугун	-	6	4
Этанол	2000	1000	4

*Таблица 8*

**Категории работ на основе общих энергозатрат организма**

Категории работ	Энергозатраты, Вт	Характер работ, примеры видов работ и профессий
Ia	до 139	Работы, производимые сидя. Ряд профессий на предприятиях 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 (ручнаяковка, ручная набивка и заливка опок и т.п.)

Таблица 9

## Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах

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 10

## Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах

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	Ia	20 - 21,9	24,1 - 25	19 - 26	15 - 75	0,1	0,1
	Iб	19 - 20,9	23,1 - 24	18 - 25	15 - 75	0,1	0,2
	IIa	17 - 18,9	21,1 - 23	16 - 24	15 - 75	0,1	0,3
	IIб	15 - 16,9	19,1 - 22	14 - 23	15 - 75	0,2	0,4
	III	13 - 15,9	18,1 - 21	12 - 22	15 - 75	0,2	0,4
Теплый	Ia	21 - 22,9	25,1 - 28	20 - 29	15 - 75	0,1	0,2
	Iб	20 - 21,9	24,1 - 28	19 - 29	15 - 75	0,1	0,3
	IIa	18 - 19,9	22,1 - 27	17 - 28	15 - 75	0,1	0,4
	IIб	16 - 18,9	21,1 - 27	15 - 28	15 - 75	0,2	0,5
	III	15 - 17,9	20,1 - 26	14 - 27	15 - 75	0,2	0,5

Таблица 11

## Плотность и теплоемкость воздуха

Температура, °С	Плотность воздуха, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	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 12

## 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 <sup>3</sup>										
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 13

## Радиальные вентиляторы

Обозначение вентилятора	Электродвигатель		Производительность. м <sup>3</sup> /час
	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	
Вентилятор ВР 80-75 № 2,5	0,25	1500	400 - 900
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

## Варианты заданий

№	Рабочее место, профессия	Размеры помещения (А*В*Н), м	Вредные вещества	Температура наружного воздуха, °С	Исходные данные для расчета вентиляции			
					Источник вредных веществ, масса вредных веществ, G	Выделяется влаги D, г/час	Влажность наружного воздуха, %	Избыточная теплота Q <sub>изб</sub> , ГДж/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вычислительный центр, оператор ПЭВМ	24 x 12 x 4	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	36 x 9 x 6	Масла минеральные, железо, вольфрам	-15	При работе токарных станков выделяется 2,53 г/час паров минеральных масел	2900	55	89
3	Канцелярия, делопроизводитель	6 x 8 x 4	Целлюлоза, графит, озон	13	Установленные ксероксы выделяют 100 мг/ч твердых частиц, основу которых составляет графит	3	50	8
4	Библиотека, библиотекарь	24 x 12 x 4	Углерода оксид, кремний диоксид, целлюлоза	0	При сортировке книг в воздух выделяется 5 мг/ч твердых частиц, основу которых составляет целлюлоза	25	45	14
5	Компьютерный класс, программист	12 x 6 x 4	Бензапирен, люминофор Р-385, озон	13	Копировальные аппараты выделяют 0,6 мг/ч озона	7	40	4
6	Учебный класс, лаборант	36 x 12 x 3	Ртуть, углерода оксид, кремний диоксид	-16	3 лабораторных установки выделяют 5 г/час оксида углерода	350	35	27
7	Производство стекла, стеклодув	48 x 24 x 9	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	6 x 6 x 4	Свинец, медь, олово фторид	-13	При пайке радиаторов автобусов в воздух выделяется 73 мг/ч фторида олова	20	35	16
9	Производство аммиака, аппаратчик	12 x 18 x 24	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	12 x 18 x 5	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	12 x 6 x 9	Скипидар, уайт-спирит, бутан	13	При работе окрасочной камеры в воздух поступает 476 г/час уайт-спирита	30	50	12
12	Гальванический участок, травильщик	24 x 12 x 9	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	12 x 18 x 6	Какао-порошок, крахмал, чай	14	При хранении продуктов в воздух поступает 49 мг/ч какао-порошка	50	60	51
14	Плавильный участок, плавильщик	24 x 24 x 12	Чугун, углерода оксид, железо	-10	На плавильном участке выделяется 20 г/час оксида углерода.	2000	55	201
15	Офис, менеджер	12 x 6 x 3	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	18 x 12 x 9	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	18 x 6 x 6	Моющее средство «Тайд», хлор, этанол	12	В прачечной 6 стиральных машин, из каждой выделяется 0,54 г/час моющего средства «Тайд»	1700	40	17
18	Участок шлифовальных станков, шлифовщик	8 x 6 x 6	Кремний диоксид, железо, никель	-8	На шлифовальном участке выделяется 10 г/час железа.	60	35	5
19	Участок пайки радиодеталей, паяльщик	12 x 6 x 6	Олово, свинец, углерод оксид	11	На участке при пайке радиодеталей выделяется 0,01 г/час свинца.	20	30	40
20	Сварочный участок, сварщик ручной сварки	12 x 18 x 10	Никель, марганца оксиды, железо	-7	На сварочном участке выделяется 30 мг/час никеля.	550	35	60
21	Формовочный участок, формовщик ручной формовки	24 x 12 x 10	Формальдегид, кальция оксид, кремний диоксид	12	На формовочном участке выделяется 15 г/час диоксида кремния.	1250	40	65
22	Химическая лаборатория, лаборант	12 x 12 x 4	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	24 x 12 x 8	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	10 x 8 x 6	Графит, железо, кремния диоксид	-5	На кузнечном участке выделяется 6 г/час смазки (графит)	170	55	240
25	Автоматическая мойка автомобилей, оператор моечной установки	24 x 8 x 8	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
26	Окрасочный участок, маляр	12 x 8 x 8	Скипидар, уайт-спирит, бутан	13	При работе окрасочной камеры в воздух поступает 320 г/час уайт-спирита	28	35	18
27	Участок пайки радиодеталей, паяльщик	6 x 6 x 5	Олово, свинец, углерод оксид	11	На участке при пайке радиодеталей выделяется 25 мг/час свинца.	23	40	45
28	Сварочный участок, сварщик ручной сварки	12x12x8	Никель, марганца оксиды, железо	-7	На сварочном участке выделяется 15 мг/час никеля.	420	40	60
29	Производство стекла, стеклодув	24x24x9	Стекла пыль, кремний диоксид, мышьяк	12	При работе 2 стекловаренных печей в воздух выделяется 6,2 г/час диоксида кремния от каждой	1350	30	550
30	Участок шлифовальных станков, шлифовщик	12 x 6 x 6	Кремний диоксид, железо, никель	-10	На шлифовальном участке выделяется 20 г/час железа.	60	35	10