

# Микроклимат, вентиляция

## СанПиН 2.2.4.548 – 96

### «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»



# Микроклимат производственного помещения

- сочетание температуры воздуха, скорости его движения, относительной влажности и тепловым излучением от нагретых поверхностей

# Температура

°C – градус Цельсия

°F – градус Фаренгейта

$$t_F = t_C \cdot \frac{9}{5} + 32 = 32 + 2 * t_C \cdot \left(1 - \frac{1}{10}\right)$$

$$t_C = (t_F - 32) \cdot \frac{5}{9} = \left(\frac{t_F - 32}{2}\right) \cdot \left(1 + \frac{1}{9}\right)$$

$$\text{°C} = \text{K} - 273,15$$

# Температура

```
graph TD; A[Температура] --- B[Перегрев]; A --- C[Охлаждение]
```

Перегрев

Охлаждение

# Влажность

```
graph TD; A[Влажность] --- B[Абсолютная]; A --- C[Максимальная]; A --- D[Относительная]
```

Абсолютная

Максимальная

Относительная

# Влажность

- определяется содержанием в воздухе водяных паров

## Абсолютная влажность (А)

- масса водяных паров, содержащихся в данный момент в определенном объеме воздуха

# Максимальная влажность ( $M$ )

- максимально возможное содержание водяных паров в воздухе при данной температуре (состояние насыщения)

# Относительная влажность ( $B$ )

$$B = \frac{A}{M} \cdot 100 \quad \%$$

# Влажность

```
graph TD; A[Влажность] --> B[Пониженная<br/>Менее 25 %]; A --> C[Оптимальная<br/>40 -60 %]; A --> D[Повышенная<br/>Более 75%];
```

Пониженная  
Менее 25 %

Оптимальная  
40 -60 %

Повышенная  
Более 75%

# Подвижность воздуха

- Человек начинает ощущать движение воздуха при его скорости примерно  $0,1 \text{ м/с}$

# Микроклиматические условия

```
graph TD; A[Микроклиматические условия] --> B[Оптимальные]; A --> C[Допустимые];
```

Оптимальные

Допустимые

# Оптимальные микроклиматические условия

- сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизма терморегуляции.

# Допустимые микроклиматические условия

- сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызывать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряженную работу механизма терморегуляции, не выходящую за пределы физиологических приспособительных возможностей.

# Оптимальные параметры микроклимата

- Строго определенное сочетание значений температуры, относительной влажности и подвижности воздуха.

# Принцип нормирования параметров микроклимата

- Параметры микроклимата устанавливаются в зависимости от тепловой характеристики производственного помещения, периода года и категории тяжести работы.

## Периоды года

```
graph TD; A[Периоды года] --> B[Холодный  
Ниже + 10° С]; A --> C[Переходный  
+ 10° С]; A --> D[Теплый  
Выше + 10° С];
```

Холодный

Ниже + 10° С

Переходный

+ 10° С

Теплый

Выше + 10° С

# Категории тяжести работ



Категория тяжести работ		Энергозатраты	
		ккал/час	Вт/ч
Легкая	I а	до 120	до 139
	I б	от 120 до 150	140 - 174
Средняя	II а	от 150 до 200	175 - 232
	II б	от 200 до 250	233 - 290
Тяжелая	III	свыше 250	свыше 290

# Источники избыточного тепла в помещении

Люди

Солнечная радиация

Греющиеся поверхности

Лампы накаливания

# Вентиляция производственных помещений

- Система мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения на постоянных рабочих местах, в рабочей и обслуживаемой зонах помещений метеорологических условий и чистоты воздушной среды, соответствующих гигиеническим и техническим требованиям.

По способу перемещения воздуха:

**ВЕНТИЛЯЦИЯ**

```
graph TD; A[ВЕНТИЛЯЦИЯ] --- B[Естественная]; A --- C[Механическая]
```

**Естественная**

**Механическая**

## Перемещение воздуха в системах естественной вентиляции происходит:

- вследствие разности температур наружного (атмосферного) воздуха и воздуха в помещении (**АЭРАЦИИ**);
- - вследствие разности давлений "воздушного столба" между нижним уровнем (обслуживаемым помещением) и верхним уровнем - вытяжным устройством (дефлектором), установленным на кровле здания;
- - в результате воздействия ветрового давления.

По назначению:

**ВЕНТИЛЯЦИЯ**

```
graph TD; A[ВЕНТИЛЯЦИЯ] --- B[Приточная]; A --- C[Вытяжная]
```

**Приточная**

**Вытяжная**

# Естественная приточно-вытяжная вентиляция

- Полуорганизованная
- Неорганизованная

## Естественная полуорганизованная вентиляция

- **вытяжка** естественная организованная
- **приток** – неорганизованный: через окна, двери.

# вытяжка естественная организованная



хорошая



плохая

По зоне обслуживания:

**ВЕНТИЛЯЦИЯ**

```
graph TD; A[ВЕНТИЛЯЦИЯ] --- B[Местная]; A --- C[Общеобменная]
```

**Местная**

**Общеобменная**

По конструкции:

**ВЕНТИЛЯЦИЯ**

```
graph TD; A[ВЕНТИЛЯЦИЯ] --- B[Наборная]; A --- C[Моноблочная]
```

**Наборная**

**Моноблочная**

# КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ

- Процесс создания и автоматического поддержания в производственном помещении определенных заданных однозначных параметров воздушной среды

# ВЫБОР СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

- по объему воздуха, приходящегося на человека
- через коэффициент кратности

# По объему воздуха

- 40 м<sup>3</sup> и более – система вентиляции естественная.
- от 30 м<sup>3</sup> до 40 м<sup>3</sup> - вытяжка механическая, приточная система – естественная
- от 20 м<sup>3</sup> до 30 м<sup>3</sup> - система вентиляции комбинированная: приточно - вытяжная механическая система

# Через коэффициент кратности

- Рассчитывается воздухообмен для ассимиляции определенного вида загрязнения воздуха рабочей зоны

# Виды загрязнения воздуха рабочей зоны

- Тепловая загрязненность
- Загазованность
- Запыленность
- Влагоизбытки

# Расчет воздухообмена по теплоизбыткам

1. Тепло, излучаемое работающим персоналом (от людей).

$$Q_{\text{л}} = q \times n \quad \text{Ккал/ч}$$

Где:

q- энергозатраты при определенной категории тяжести. Ккал/ч

n- количество людей

## 2. Тепло, излучаемое оборудованием.

$$Q_{об} = \alpha \times F \times (t_{ст} - t_{раб.зон.}) \times n \times N \text{ Ккал/ч}$$

$\alpha$	коэффициент теплоотдачи, Ккал/м <sup>2</sup> °С для горизонтальных поверхностей 5,6-8,5 для вертикальных поверхностей 4,5-6,5
$F$	площадь поверхности соответственно горизонтальной и вертикальной поверхности оборудования, м <sup>2</sup>
$t_{ст}$	температура стенки (поверхности оборудования), °С
$t_{раб зон}$	температура рабочей зоны, °С
$n$	количество, соответственно горизонтальных и вертикальных поверхностей оборудования
$N$	количество, установленного оборудования

### 3. Тепло, поступающее от солнечной радиации

$$Q_{\text{сол.рад.}} = \mu \times F \times q_{\text{сол.рад.}} \times n \text{ Ккал/ч}$$

$\mu$	коэффициент, зависящий от вида остекления и качества стекла
$F$	площадь окна, м <sup>2</sup>
$q_{\text{сол.рад}}$	количество тепла, проходящее через 1м <sup>2</sup> поверхности окна в единицу времени, Ккал/ч м <sup>2</sup>
$n$	количество окон

# Расчет воздухообмена для ассимиляции теплоизбытков

$$V_{\text{выт}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} Q_i}{C \times \rho_{\text{выт}} (t_{\text{yx}} - t_{\text{np}})} \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$\Sigma Q_i$	суммарные теплоизбытки, от учтенных источников ( $Q_{л} + Q_{к} + Q_{сол\ рад}$ ), Ккал/час
$C$	теплоемкость удаляемого воздуха, Ккал/кг °С
$\rho_{выт}$	плотность уходящего воздуха, кг/м <sup>3</sup>
$t_{пр}$	температура приходящего воздуха, °С
$t_{ух}$	температура уходящего воздуха, °С $t_{ух} = t_{пр} + \Delta t$
$\Delta t$	изменение температуры на 2 °С на каждый метр высоты выше рабочей зоны
$N$	количество, установленного оборудования

$$n_{\text{выт}} = \frac{V_{\text{выт}}}{V_{\text{пом}}} \quad \text{ч}^{-1}$$

Коэффициент кратности показывает сколько раз за час необходимо поменять объем воздуха равный объему помещения.

Количество приточного воздуха определяется  
через уравнение баланса

$$G_{\text{выт}} = G_{\text{пр}}$$

G	Количество воздуха, кг/ч
---	--------------------------

$$G_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}^{i\hat{a}\hat{o}} = G_{i\check{o}}^{i\hat{a}\hat{o}} + G_{i\check{o}}^{\hat{a}\hat{n}\hat{o}} \hat{e}\tilde{a} / \div \hat{a}\hat{n}$$

$$G_{i\check{o}}^{\hat{a}\hat{n}\hat{o}} = V_{i\check{i}} \rho_{i\check{o}} \hat{e}\tilde{a} / \div \hat{a}\hat{n}$$

$$G_{i\check{o}}^{i\hat{a}\hat{o}} = G_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}^{i\hat{a}\hat{o}} - G_{i\check{o}}^{\hat{a}\hat{n}\hat{o}} \hat{e}\tilde{a} / \div \hat{a}\hat{n}$$

$$G_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}^{i\hat{a}\hat{o}} = V'_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} \rho_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} \hat{e}\tilde{a} / \div \hat{a}\hat{n}$$

$$G_{i\check{o}}^{i\hat{a}\hat{o}} = V'_{i\check{o}} \rho_{i\check{o}} \hat{e}\tilde{a} / \div \hat{a}\hat{n}$$

$$V'_{i\check{o}} = \frac{G_{i\check{o}}^{i\hat{a}\hat{o}}}{\rho_{i\check{o}}} \hat{i}^3 / \div \hat{a}\hat{n}$$

# Качество воздуха рабочей зоны

## Критерии качества воздуха

- ПДК - Предельно допустимая концентрация - Концентрация вредного вещества безопасная для организма человека на протяжении всего рабочего стажа на производстве
- ОБУВ - ориентировочный безопасный уровень воздействия

## Нормативные документы для ПДК и ОБУВ

ГН 2.2.5.1313 - 03 "Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны"

ГН 2.2.5.1314 - 03 "Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны".

# Классы опасности веществ

1. Чрезвычайно опасные

2. Особо опасные

3. Опасные

4. Малоопасные

# Фактическая концентрация

$$C_{\text{ф}} = \frac{M}{V} \quad \text{мг/м}^3$$

M	количество вредного вещества в рабочей зоне, мг
V	Объем помещения, м <sup>3</sup>

Согласно Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса.  
Критерии и классификация условий труда

$C_{\phi} \leq 0,8$  ПДК

$C_{\phi} \leq 0,8$  ОБУВ

# Расчет воздухообмена для ассимиляции избытков по загазованности и пыли

$$V_i = \frac{G_i}{0,8 \text{ ПДК (или ОБУВ)}} \text{ м}^3/\text{час}$$

$G_i$  - количество вредного вещества,  
поступившего в воздух рабочей зоны

## Расчет воздухообмена для ассимиляции избытков по загазованности и пыли

1. Расчет ведется по каждому загрязняющему веществу (ЗВ)
2. Если ЗВ только 1 и 2 классы опасности - воздухообмены суммируются для максимального 1-ого и 2-ого классов
3. Если ЗВ только 3 и 4 классы опасности - за расчетный воздухообмен принимается максимальный полученный по конкретному веществу
4. Если ЗВ всех классов опасности
  - a. Если воздухообмен по 1-ому и 2-ому классам превышает воздухообмен по 3-ему и 4-ому, то он принимается за расчетный.
  - b. Если меньше - они суммируются и полученный принимается за расчетный.

# Методы расчета количества вредных веществ

- **Балансовый**
- **Удельных выделений**
- **Эмпирический**

## Порядок выбора системы вентиляции

1. Рассчитывается воздухообмен на вытяжку
2. Определяется коэффициент кратности и по нему устанавливается система вытяжной вентиляции
3. Составляется уравнение баланса
4. Определяется объем приточного воздуха
5. Рассчитывается коэффициент кратности на приток и устанавливается приточная вентиляция