

# Воздух рабочей зоны

## Основные характеристики

1. Температура,  $t$  °C.
2. Относительная влажность,  $\varphi$  %.
3. Подвижность воздуха,  $V_m$ /с.
4. Плотность теплового потока,  $q$  Вт/м<sup>2</sup>.
5. Индекс тепловой нагрузки среды, ТНС °C.
6. Атмосферное давление,  $P$  Па.
7. Концентрация вредных веществ, мг/м<sup>3</sup>.

## Теплообмен человека с окружающей средой

Жизнедеятельность человека сопровождается непрерывным выделением теплоты в окружающую среду. Её количество зависит от различных параметров и лежит в диапазоне от 85 Вт до 500 Вт и более.

- При этом организму для жизнедеятельности необходимо поддерживать постоянство внутренней среды (гомеостаз).
- Интегральный показатель - средняя температура тела, которая в норме равна 36,5 °C. Минимальная не смертельная температура внутренних органов - 25,5 °C, максимальная 43 °C.

## Тепловое самочувствие человека

В зависимости от соотношения теплоты выделяемой человеком  $Q_{\text{выд}}$  и поглощаемой окружающей средой  $Q_{\text{погл}}$  тепловое самочувствие человека может быть существенно различным:

- При  $Q_{\text{выд}} = Q$  тепловое самочувствие «нормальное».
- При  $Q_{\text{выд}} > Q$  тепловое самочувствие характеризуется понятием «жарко». К слову, полная теплоизоляция человека, находящегося в состоянии покоя приведёт к повышению температуры через 1 час на 1 - 2 °C. Теплоизоляция человека, производящего работу средней тяжести - на 5 °C за 1 час.
- При  $Q_{\text{выд}} < Q$  тепловое самочувствие характеризуется понятием «холодно».

## Способы теплообмена человека с окружающей средой

Теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется следующими способами:

1. Конвекцией  $Q_{\text{конв}}$  - за счёт омывания тела потоками воздуха.
2. Теплопроводностью  $Q_{\text{т}}$  - при прикосновении к объектам иной температуры.
3. Излучением на окружающие поверхности  $Q_{\text{л}}$ .
4. Тепломассообменом при испарении пота  $Q_{\text{п}}$  и дыхании  $Q_{\text{дых}}$ .

## Терморегуляция человека

- Биохимический метод состоит в изменении интенсивности окислительных процессов в организме.

- Изменение характера кровообращения за счёт сужения и расширения сосудов поверхности тела (оболочки) и внутренних органов (ядра). Тем самым происходит перераспределение теплоносителя (крови) в требуемом направлении.
- Изменение интенсивности потоотделения.  
Вклад данного метода терморегуляции растёт с повышением температуры окружающей среды. Интенсивность теплоотдачи данным методом может составлять от 15 % до 110% от тепловыделения организма.

В целом, величина потоотделения изменяется в широком диапазоне, в зависимости от напряжённости труда и параметров микроклимата. Например, при  $t = 30^{\circ}\text{C}$  у человека не занятого физическим трудом влаговыделение составляет 2 гр./мин; при выполнении тяжёлой работы оно может увеличиться до 9,5 гр./мин и более.

При этом эффективность потоотделения зависит от температуры, влажности и подвижности воздушных масс. Так при повышении влажности воздуха до 80% и более эффективность потоотделения резко падает, что вызывает его усиленное выделение. Данное явление получило название «проливной пот», характеризующееся значительным изнурением организма из-за потери значительного количества солей и влаги, а также недостаточной теплоотдачи. С связи с этим, на предприятиях с высокой температурой на рабочих местах, для профилактики нарушения водно-солевого баланса в цехах ставят баки с подсолёной, а лучше минеральной водой.

Терморегуляция человека происходит всеми способами одновременно. По характеру самочувствия человека для параметров микроклимата выделяют оптимальные и допустимые условия труда:

- оптимальные условия характеризуются отсутствием неприятных ощущений и напряжённости системы регуляции.
- для допустимых условий характерно наличие незначительного дискомфорта, не приводящего к каким-либо последствиям для здоровья.

## Нормирование параметров микроклимата

Согласно нормативным документам, каждый компонент микроклимата нормируется независимо: температура, относительная влажность, подвижность воздуха.

Нормирование происходит в зависимости от:

- периода года. Тёплый, холодный период определяется исходя из среднесуточной температуры в течение нескольких дней;
- категории работ по энергозатратам. Выделяют три основных группы (I,II,III).

## Инфракрасное излучение

### Виды и воздействие на человека

Инфракрасным называется электромагнитное излучение с длиной волны  $\lambda$  от 0,76 до 1000 мкм. Основное воздействие на человека - тепловое. Данное воздействие может проявляться в нарушении работы сердечно-сосудистой и нервной системы.

ИК-излучение можно разделить на два основных вида:

- коротковолновое излучение характерно высоко нагретым телам, обладающее значительной

проникающей способностью, в следствии чего проникает глубоко внутрь организма и вызывает нарушение работы внутренних органов.

- длинноволновое излучение характерно слабо нагретым (до 500 °С) телам, обладает незначительной проникающей способностью (несколько миллиметров), а потом задерживается поверхностью кожи, вызывает ожоги поверхности кожи.

## Нормирование ИК-излучения

Предельно допустимые значения тепловых потоков на рабочем месте, согласно нормативным документам, определяются:

- временем облучения;
- площадью поверхности облучения.

Например, максимальный тепловой поток 140 Вт/м<sup>2</sup> допустим при площади облучения не более 25% поверхности тела человека.

## Защита от теплового излучения

К основным методам защиты от воздействия теплового излучения можно отнести следующие:

- Снижение интенсивности излучения источника.
- Применение коллективных средств защиты, например, экранирование.
- Использование СИЗ (средств индивидуальной защиты) таких, как очки, костюмы и т.д.
- Создание воздушных душей и оазисов.
- Изменение режима труда.

## Вредные вещества

### Оценка воздействия

В настоящее время в промышленности и сельском хозяйстве используется несколько десятков тысяч веществ, оказывающих вредное воздействие на человека.

При этом в РФ предельно допустимые концентрации (ПДК) установлены примерно для 3500 различных веществ.

**Предельно допустимой концентрацией** называется такая концентрация вещества, которая при ежедневном восьми часовом воздействии на протяжении всего стажа не приводит к развитию профессиональных заболеваний или другим изменениям здоровья, фиксируемым современными методами, как у работника, так и у его потомства.

Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом человека может вызывать травмы, заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с ними, так и в отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений.

В промышленности вредные вещества могут попадать в организм через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожу. Однако поступление через лёгкие является основным. Этот путь характеризуется повышенной опасностью т.к., вредные вещества поступают непосредственно в кровь и

разносятся по всему организму.

В общей своей массе вредные вещества обладают общими поражающими свойствами, но для каждого органа и ткани существуют и специфичные токсины.

Оценка воздействия вредных веществ характеризуется следующими величинами:

- Среднесменная предельно допустимая концентрация ( $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ ) - средняя концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени, равном не менее 75% продолжительности рабочей смены.  
 $\text{ПДК}_{\text{сс}}$  необходима для расчета индивидуальной экспозиции, выявления связи изменений состояния здоровья работающих с их профессиональной деятельностью. При этом учитывается верхний предел колебаний концентраций (максимальные концентрации).  
 По определению:

$$\text{ПДК}_{\text{сс}} = \sum_{i=1}^n C_i \tau_i^*, \text{ где } \tau_i^* = \frac{\tau_i}{T_{\text{смены}}}.$$

Здесь  $n$  - число временных интервалов с различной концентрацией вредного вещества;  $C_i$ ,  $\text{мг}/\text{м}^3$  - концентрация вредного вещества на  $i$ -ом интервале времени;  $T_{\text{смены}}$ , ч - длительность смены.

- Максимальная предельно допустимая концентрация ( $\text{ПДК}_{\text{м}}$ ) - максимальная концентрация, возникающая при ведении технологического процесса, усредненная при отборе проб за промежутки времени, равный 15 минутам.
- Максимальная предельно допустимая концентрация веществ опасных для развития острого отравления (с остронаправленным механизмом действия, раздражающие вещества) ( $\text{ПДК}_{\text{мо}}$ ) - максимальная концентрация, которая должна быть измерена за возможно более короткий промежуток времени, как это позволяет метод определения данного вещества.
- Вещества с остронаправленным механизмом действия - это вещества, опасные для развития острого отравления при кратковременном воздействии вследствие выраженных особенностей механизма действия: гемолитические, антиферментные, угнетающие дыхательный и сосудодвигательные центры и др.

В случае, когда на рабочем месте присутствуют вещества однонаправленного действия т.е., когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма, для гигиенической оценки воздушной среды используют уравнение вида:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  - концентрации каждого вещества в воздухе,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$  - предельно допустимые концентрации этих веществ,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

## Методы защиты

К основным способам защиты от воздействия вредных веществ можно отнести:

- уменьшение объёмов выбросов вредных веществ в воздух рабочей зоны;
- замена вредного вещества менее токсичным аналогом. Примером может служить замена масла в системах регулирования турбоагрегатов на специальную жидкость ОМТИ;
- уменьшение времени пребывания персонала в помещениях или зонах с повышенной концентрацией вредных веществ, применение дистанционного управления технологическим процессом;

- применение СИЗ таких, как ватно-марлевая повязка, респиратор, фильтрующий противогаз, изолирующий противогаз.  
Основным элементом фильтрующего противогаза является коробка с веществом - адсорбентом. Продолжительность защитного действия противогаза ограничена. В зависимости от вредных веществ используются разные типы фильтрующих коробок, различающихся маркировкой. Для исключения ошибочного применения фильтрующих противогазов, фильтрующие коробки, защищающие от различных веществ, следует хранить в отдельных ящиках с указанием вида вредного вещества. Также следует регистрировать продолжительность применения каждой коробки, желательно с указанием концентрации вредного вещества;
- использование вентиляции производственных помещений.

## Вентиляция рабочей зоны

В соответствии с санитарными нормами все производственные помещения должны вентилироваться.

Вентиляция - обмен воздуха в помещении для поглощения избытков теплоты, выделяющихся паров, газов, пыли с целью поддержания параметров микроклимата на допустимом уровне при средней необеспеченности этих параметров микроклимата не более 400 часов в году.

### Классификация систем вентиляции

#### I. По способу перемещения воздуха

- *Естественная вентиляция* - перемещение воздуха происходит за счёт разности температур и плотностей воздуха внутри и снаружи помещения, а также ветрового давления.
  - Назначение. Удаление избытка  $CO_2$  и приток свежего воздуха.
  - Достоинства. Экологичность и бесшумность.
  - Недостатки. Непостоянный и малый воздухообмен.
  - Область применения. Помещения в которых отсутствуют мощные источники вредных веществ.
- *Механическая вентиляция* - перемещение воздуха происходит за счёт разности давления, создаваемой вентилятором или эжектором.
  - Достоинства. Обеспечение стабильного воздухообмена любой кратности.
  - Недостатки. Высокая стоимость строительства и эксплуатации.
  - Область применения. Помещения с выраженным избытком вредных веществ, тепла и т.д.

#### II. По рабочему объёму

- *Местная вентиляция* функционирует на определённом рабочем месте, на месте выделения вредных веществ и т.д.
  - Приточная, обеспечивающая приток чистого воздуха.
  - Вытяжная, обеспечивающая удаление загрязнённого воздуха из рабочей зоны.
- *Общеобменная вентиляция* предусматривается для создания одинаковых условий и параметров воздушной среды во всём объёме помещения, когда вредные вещества распространяются по всему объёму помещения и нет возможности или необходимости их уловить в месте образования.

#### III. По способу подачи и удаления воздуха в помещении

- Приточная вентиляция. Применяется для поддержания параметров микроклимата в более чистых помещениях чем соседние.
- Вытяжная вентиляция. Характерна для помещений с краткосрочным пребыванием людей. Помещения более грязные в сравнении с соседними.
- Приточно-вытяжные.
- С частичной рециркуляцией воздуха.
- С полной рециркуляцией воздуха.

## Основные характеристики

### Расход вытяжной вентиляции

Расход вытяжной вентиляции  $L$ , м<sup>3</sup>/ч определяется исходя из следующих критериев:

*Выделение вредных веществ отсутствует*

$$L = N * L^1 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $L$  - общий расход вытяжной вентиляции м<sup>3</sup>/ч,  $L^1$  - расход вытяжной вентиляции на одного работающего,  $N$  - число работников в помещении.

Согласно санитарно-эпидемиологическим правилам [СП 2.2.1.1312-03](#), устанавливаются следующие нормы:

$V/N$ , м <sup>3</sup> /ч	МИН. $L^1$ , м <sup>3</sup> /ч
менее 20	30
от 20 до 40	20

В помещениях с  $V/N > 40$ , м<sup>3</sup>/ч и при наличии естественной вентиляции (открывание створок переплета окон и дверей) воздухообмен не рассчитывается. В тех случаях, когда естественная вентиляция отсутствует, мин.  $L^1 = 60$  м<sup>3</sup>/ч.

*Выделение вредных веществ.*

Расход вентиляции  $L$  (м<sup>3</sup>/ч) рассчитывается из условия разбавления вредных веществ до допустимых концентраций.  $C_{\text{вых}} = \text{ПДК}$ , где  $C_{\text{вых}}$  - концентрация вредных веществ в выходящем из помещения воздухе, ПДК - предельно-допустимая концентрация вредного вещества в помещении.

$$L = \frac{G}{C_{\text{вых}} - C_{\text{вход}}},$$

где  $G$  - скорость поступления вредных веществ в помещение; мг/ч,  $C_{\text{вых}}$ ,  $C_{\text{вход}}$  - концентрация вредных веществ во входящем и выходящем воздушных потоках, соответственно, мг/м<sup>3</sup>.

При одновременном поступлении в помещение вредных веществ *однонаправленного действия* расчет вентиляции берется, *суммируя объемы воздуха*, необходимые для разбавления каждого до ПДК.

Если вещества *разнонаправленного действия*, то минимальное значение  $L$  определяется по тому вредному веществу, разбавление которого требует наибольшего воздухообмена.

*Случай повышенного влаговыделения в помещении.*

$$L = \frac{D}{d_{\text{вых}} - d_{\text{вход}}},$$

где  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) - требуемый воздухообмен,  $D$  - скорость выделения водных паров в помещении,  $\text{г}/\text{ч}$ ;  $d_{\text{вых}}$ ,  $d_{\text{вход}}$  - влагосодержание воздуха внутри помещения (выходящий воздух) и снаружи помещения, соответственно,  $\text{г}/\text{м}^3$ .

Величина  $d_{\text{вых}}$  не устанавливается нормами, а определяется на основании нормируемых температуры и влажности воздуха в помещении.

*Случай избыточного тепловыделения в помещении.*

Расход вентиляции  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) рассчитывается из условия удаления излишек тепла уходящим воздухом.

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{C\rho(t_{\text{вых}} - t_{\text{вход}})},$$

где  $Q_{\text{изб}}$  - избыточное тепловыделение,  $\text{Дж}/\text{ч}$  или  $\text{ккал}/\text{ч}$ ,  $C$  - теплоёмкость сухого воздуха,  $C = 0,24 \text{ ккал}/\text{кг} \text{ }^\circ\text{C}$  или  $C = 1004,6 \text{ Дж}/\text{кг} \text{ K}$ ;  $\rho$  - плотность приточного воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $t_{\text{вых}}$ ,  $t_{\text{вход}}$  - соответствующие температуры воздуха,  $^\circ\text{C}$ .

$$t_{\text{вых}} = t_{\text{рз}} + \Delta t(H - 2),$$

где  $t_{\text{рз}}$  - температура рабочей зоны,  $^\circ\text{C}$ , которая не должна превышать допустимую по нормам температуру;  $\Delta t$  — температурный градиент по высоте помещения ( $\Delta t = 1 - 5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{м}$ );  $H$  — расстояние от пола до центра вытяжных проемов,  $\text{м}$ ;  $2$  — высота рабочей зоны,  $\text{м}$ .

### Кратность воздухообмена

Кратность воздухообмена  $K$  - отношение объёма воздуха, подаваемого в помещение или удаляемого из него в течение часа  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) к внутреннему объёму помещения  $V$  ( $\text{м}^3$ ).

$$K = \frac{L}{V} [\text{1}/\text{ч}].$$

Таким образом, кратность воздухообмена характеризует число обменов воздуха в единицу времени для данного помещения при использовании характеризуемой системы вентиляции.

From:  
<https://www.jurik-phys.net/> - **Jurik-Phys.Net**

Permanent link:  
<https://www.jurik-phys.net/lifesafety:factory:air>

Last update: **2020/05/13 02:15**

