

# **Микроклимат производственных помещений**

# Микроклимат

Микроклимат оценивают сочетанием четырёх факторов:

1. Температура воздуха  $t_v$ , °С.
2. Скорость движения воздуха  $V_v$ , м/с.
3. Относительная влажность  $\phi$ , %.
4. Радиационная температура излучающих стен  $t_{\text{рад}}$ , °С.

Организм человека постоянно находится в состоянии теплообмена с окружающей средой.

Вследствие белкового, углеводного и жирового обмена в организме вырабатывается тепло (теплопродукция)  $Q_t$ , количество которого зависит от рода деятельности и интенсивности выполняемой работы. Это тепло для спокойного состояния человека составляет 80 - 100 Вт.

# Отдача тепла от тела человека

Теплопродукция организма отдаётся в окружающую среду посредством **конвекции**, **излучением** тепла и **испарением** влаги с поверхности кожи.

Тепло, передающееся **конвекцией**  $Q_k$  (вт) определяется:

$$Q_k = \alpha F (t_m - t_v),$$

где  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи, который зависит от скорости движения воздуха, вт/(м<sup>2</sup>\*град.);  $F$  - площадь поверхности тела, м<sup>2</sup>;  $t_m$ ,  $t_v$  - температура тела и воздуха.

**Конвективная** отдача тепла зависит от скорости движения и температуры воздуха.

Отдача тепла **излучением**  $Q_{\text{изл.}}$  (вт) происходит, если температура тела больше температуры стен.

# Отдача тепла от тела человека

Теплоотдача за счёт **испарения** влаги  $Q_{\text{исп.}}$  (Вт) с поверхности кожи зависит от влажности воздуха, а для открытых участков тела ещё и от скорости его движения.

Абсолютная влажность воздуха ( $A$ , г/кг) - это количество водяного пара, содержащегося в 1кг воздуха при данной температуре и давлении.

Максимальная влажность ( $F$ , г/кг) - это количество водяного пара, которое может содержаться в 1кг воздухе при тех же условиях.

Относительная влажность  $\varphi$  определяется:

$$\varphi = \frac{A}{F} 100, \%$$

# Уравнение теплового комфорта

Нормальные для определённого вида деятельности теплоощущения человека характеризуются уравнением теплового комфорта:

$$Q_T = Q_K + Q_{\text{изл.}} + Q_{\text{исп.}}$$

В организме человека имеется психофизиологическая система **терморегуляции**, позволяющая ему адаптироваться к изменениям климатических факторов и поддерживать нормальную постоянную температуру тела. Терморегуляция осуществляется двумя процессами: выработкой тепла и теплоотдачей, течение которых регулируется ЦНС. При нарушении этого уравнения возможно ухудшение самочувствия, переохлаждение или перегрев организма.

# Гипотермия

Гипотермия (переохлаждение) начинается, когда общий или локальный дефицит тепла в организме больше 8,7 кДж/кг, а система терморегуляции не справляется с этими изменениями.

$$(Q_k + Q_{изл.} + Q_{исп.}) > Q_t$$

Нарушается кровоснабжение, что вызывает такие простудные заболевания, как невриты, радикулиты, заболевания верхних дыхательных путей.

В результате гипотермии наблюдается отклонение от нормального поведения, а затем апатия, усталость, ложное ощущение благополучия, замедленные движения, угнетение психики, а в тяжёлых случаях - потеря сознания и летальный исход.

# Гипертермия

Гипертермия (перегрев) наблюдается при нарушении уравнения теплового комфорта, когда внешняя теплота  $Q_{в.т}$  суммируется с теплопродукцией организма, и накопление тепла в организме превышает 8,7 кДж/кг или доля потерь тепла испарением более 30%.

$$(Q_m + Q_{в.т}) > (Q_k + Q_{изл.} + Q_{исп.})$$

При гипертермии возникает головная боль, учащённый пульс, снижение артериального давления, поверхностное дыхание, тошнота. При тяжёлом поражении возможна потеря сознания. Эти симптомы характерны для теплового и для солнечного удара. *Повышенная влажность воздуха более 75% ускоряет развитие гипертермии и гипотермии.*

# Нормирование микроклимата

Климатические факторы действуют на человека комплексно. В то же время установлены комфортные значения для каждого фактора:

Температура воздуха 20 - 23 °С.

Относительная влажность 40 - 60 %.

Скорость движения воздуха для лёгкой работы 0,2 - 0,4 м/с.

Для производственных помещений факторы микроклимата ( $t_v$ ,  $V_v$ ,  $\phi$ ) нормируют как оптимальные и допустимые в зависимости от периода года (тёплый, холодный) и от категории работы по степени тяжести (лёгкая, средней тяжести и тяжёлая). Для судовых помещений в тёплый период года (система вентиляции) нормируют скорость движения воздуха и перепад внутренней и наружной температуры.



# Категории работ по интенсивности энергозатрат:

*к категории Ia* относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением;

*к категории Ib* относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121 – 150 ккал/ч, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением;

*к категории IIa* относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151 – 200 ккал/ч, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения;

*к категории IIб* относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201 – 250 ккал/ч, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжести до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением;

*к категории III* относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Периоды года:

*теплый период года* характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$ ;

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

Оценка микроклимата в холодный период года при работе на открытых территориях и неотапливаемых помещениях производится с учетом среднесменных значений температуры воздуха за 3 зимних месяца с учетом вероятной скорости ветра.

Для открытых территорий в теплый период года оценка микроклимата производится в полдень при отсутствии облачности.

*ТНС-индекс* — эмпирический интегральный показатель, отражающий сочетанное влияние температуры воздуха, скорости его движения, влажности и теплового излучения на теплообмен человека с окружающей средой.

Если температура воздуха или тепловое облучение не превышает верхних границ допустимых уровней, оценка микроклимата может проводиться как по отдельным его составляющим, так и по ТНС-индексу.

Если температура или тепловое облучение превышает верхнюю границу допустимых значений, оценку микроклимата проводят по показателю ТНС-индекса.

# ОПТИМАЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, ° С	Температура поверхнос тей, °С	Относитель ная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
<b>Холодный</b>	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
<b>Теплый</b>	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

# ДОПУСТИМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ (холодный 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
Ia (до 139)	20,0 - 21,9	24,1 - 25,0	19,0 - 26,0	15 - 75	0,1	0,1
Iб (140 - 174)	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0	15 - 75	0,1	0,2
IIa (175 - 232)	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0 - 24,0	15 - 75	0,1	0,3
IIб (233 - 290)	15,0 - 16,9	19,1 - 22,0	14,0 - 23,0	15 - 75	0,2	0,4
III (более 290)	13,0 - 15,9	18,1 - 21,0	12,0 - 22,0	15 - 75	0,2	0,4

# ДОПУСТИМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ (теплый период года)

Категория работ Ia (до 139)	Температура воздуха, ниже	Температура воздуха, выше	20,0 - 29,0	Относительная влажность в воздухе,  %	Скорость движения воздуха, м/с 0,1	Скорость движения воздуха, м/с 0,2
	оптим.°С 21,0 - 22,9	оптим.°С 25,1 - 28,0				
Iб (140 - 174)	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,3
IIa (175 - 232)	18,0 - 19,9	22,1 - 27,0	17,0 - 28,0	15 - 75	0,1	0,4
IIб (233 - 290)	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0 - 28,0	15 - 75	0,2	0,5
III (более 290)	15,0 - 17,9	20,1 - 26,0	14,0 - 27,0	15 - 75	0,2	0,5

**ДОПУСТИМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ИНТЕНСИВНОСТИ  
ТЕПЛОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА  
РАБОТАЮЩИХ ОТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ИСТОЧНИКОВ**

<b>Облучаемая поверхность тела, %</b>	<b>Интенсивность теплового облучения, Вт/кв. м, не более</b>
<b>50 и более</b>	<b>35</b>
<b>25 - 50</b>	<b>70</b>
<b>не более 25</b>	<b>100</b>



# Улучшение микроклимата

## Улучшение микроклимата достигается:

**В холодный период** года применением теплоизолирующих материалов и систем отопления.

**В тёплый период** года использованием вентиляции и систем кондиционирования воздуха (СКВ).

### Системы отопления делят на:

паровые;  
водяные;  
воздушные;  
электрические;  
топливные.

Цель отопления -  
компенсиро-  
вать потери теплоты.

Вентиляция по способу пере-  
мещения воздуха делится на:

естественную;  
искусственную;  
смешанную.

Назначение вентиляции - это поглощение избыточной теплоты или нагревание воздуха.

# Системы отопления

Потери теплоты в помещении  $Q_{\Pi}$  складываются из потерь на ограждениях  $Q_{огр.}$  и на остеклении  $Q_{ост.}$ . Система отопления должна иметь теплопроизводительность не меньше, чем величина теплотерь.

$$Q_n = Q_{огр.} + Q_{ост.};$$

$$Q_{огр.} = F_{огр.} K_{огр.} (t_{вн.} - t_{нар.});$$

$$Q_{ост.} = F_{ост.} K_{ост.} (t_{вн.} - t_{нар.}),$$

где  $F_{огр.}$ ,  $F_{ост.}$  - площадь ограждений и остекления,  $m^2$ ;

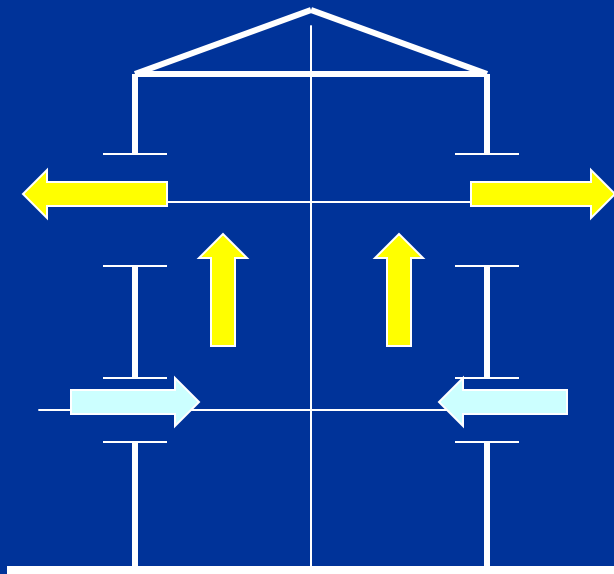
$K_{огр.}$ ,  $K_{ост.}$  - коэффициенты теплопередачи,  $вт/(m^2 \cdot K)$ ;

$t_{вн.}$ ,  $t_{нар.}$  - температура внутреннего и наружного воздуха,  $^{\circ}C$ .

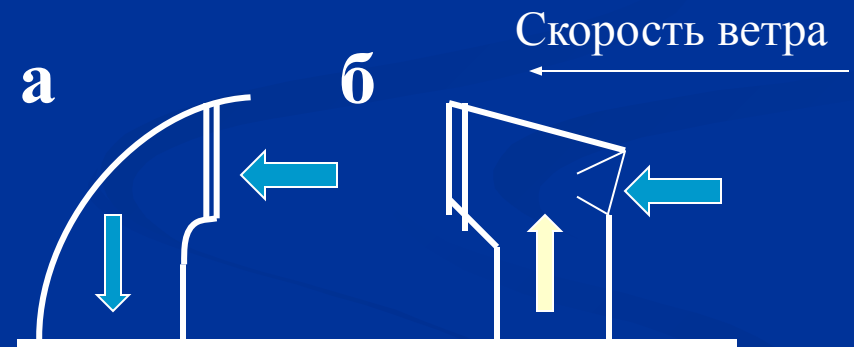
# Естественная вентиляция

Естественная вентиляция осуществляется гравитационным давлением за счёт разности плотностей холодного и тёплого воздуха, а также ветровым напором.

Организованная естественная вентиляция - **аэрация**.

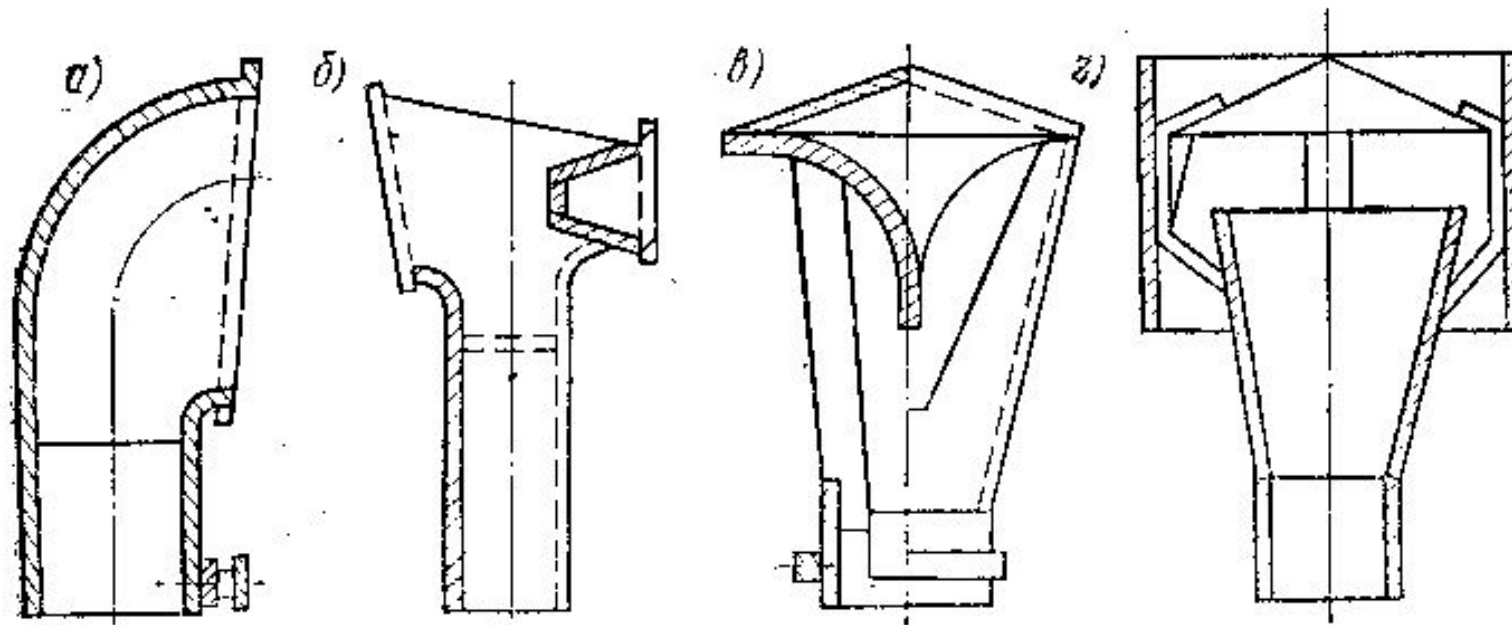


Естественная вентиляция **дефлекторами**



а - работает на приток;

б - эжекционный, работает на вытяжку



**Рис. 14 Дефлекторы**

а - с плавным раструбом; б - эжекционный;  
в - трёхгранный; г - круглый.

# Искусственная вентиляция

При искусственной вентиляции воздух подаётся осевыми или центробежными (радиальными) вентиляторами.

Вентилятор характеризуется:

Производительность  
вентилятора  
определяется:

Производительностью (подачей)  $L$ , м<sup>3</sup>/ч.

Развиваемым давлением  $p$ , Па.

Электрической мощностью  $N$ , квт.

$L = 3600 F V \eta$ ,  
Коэффициентом полезного действия  $\eta$ .

где  $F$  - площадь сечения вентиляционного патрубка, м<sup>2</sup>;

$V$  - скорость движения воздуха, м/с.

Осевые вентиляторы применяют, когда требуется получить значительную производительность, а центробежные - для обеспечения высокого давления.

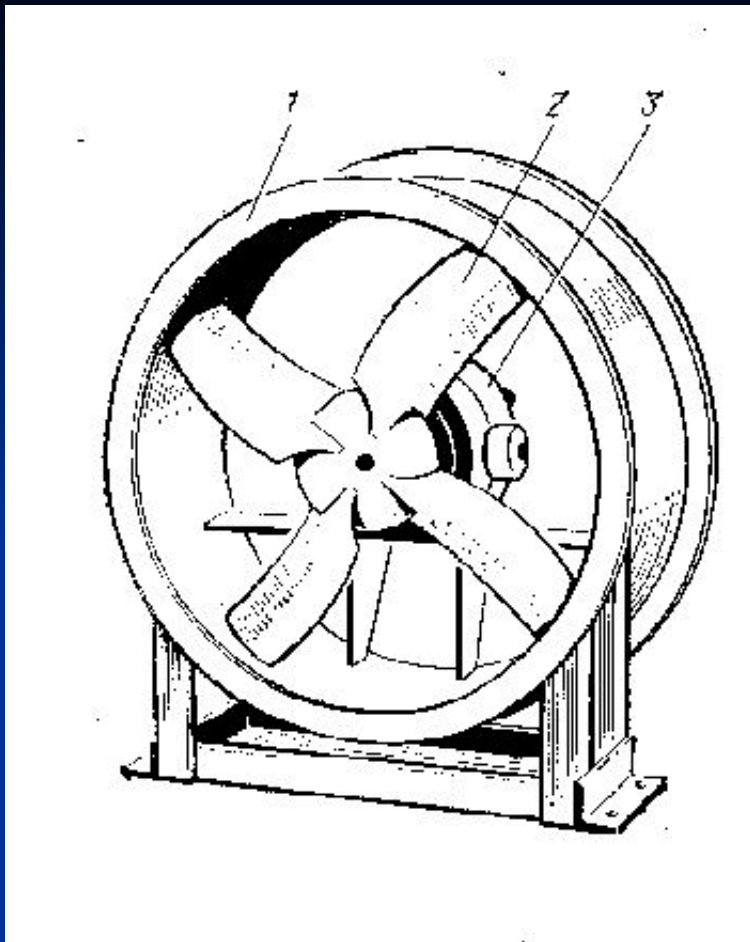


Рис. 15 Осевой вентилятор  
1 - корпус; 2 - крылатка;  
3 - электродвигатель.

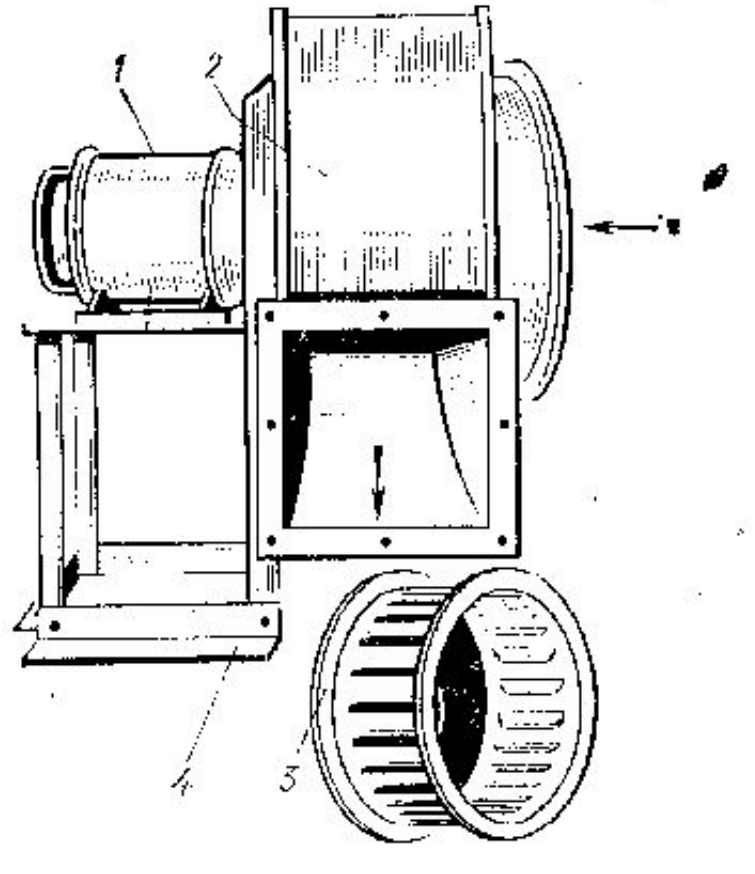


Рис. 16 Центробежный вентилятор  
1 - электродвигатель; 2 - кожух;  
3 - крылатка; 4 - станина.

# Поглощение избыточной теплоты $Q_{\text{изб.}}$

Количество воздуха  $L$ , которое надо подать в помещение для поглощения избыточной теплоты определяется:

$$L = \frac{Q_{\text{изб.}}}{C \rho (t_{\text{вн.}} - t_{\text{нар.}})},$$

где  $C$  - удельная теплоёмкость воздуха, Вт/кг\*град.;

$\rho$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Избыточная теплота определяется теплом, излучаемым от людей  $Q_{\text{люд.}}$ , оборудования  $Q_{\text{обор.}}$ , освещения  $Q_{\text{осв.}}$ , солнечной радиации  $Q_{\text{рад.}}$ , и теплом, выходящим через ограждения  $Q_{\text{огр.}}$ .

$$Q_{\text{изб.}} = Q_{\text{люд.}} + Q_{\text{обор.}} + Q_{\text{осв.}} + Q_{\text{рад.}} - Q_{\text{огр.}}$$

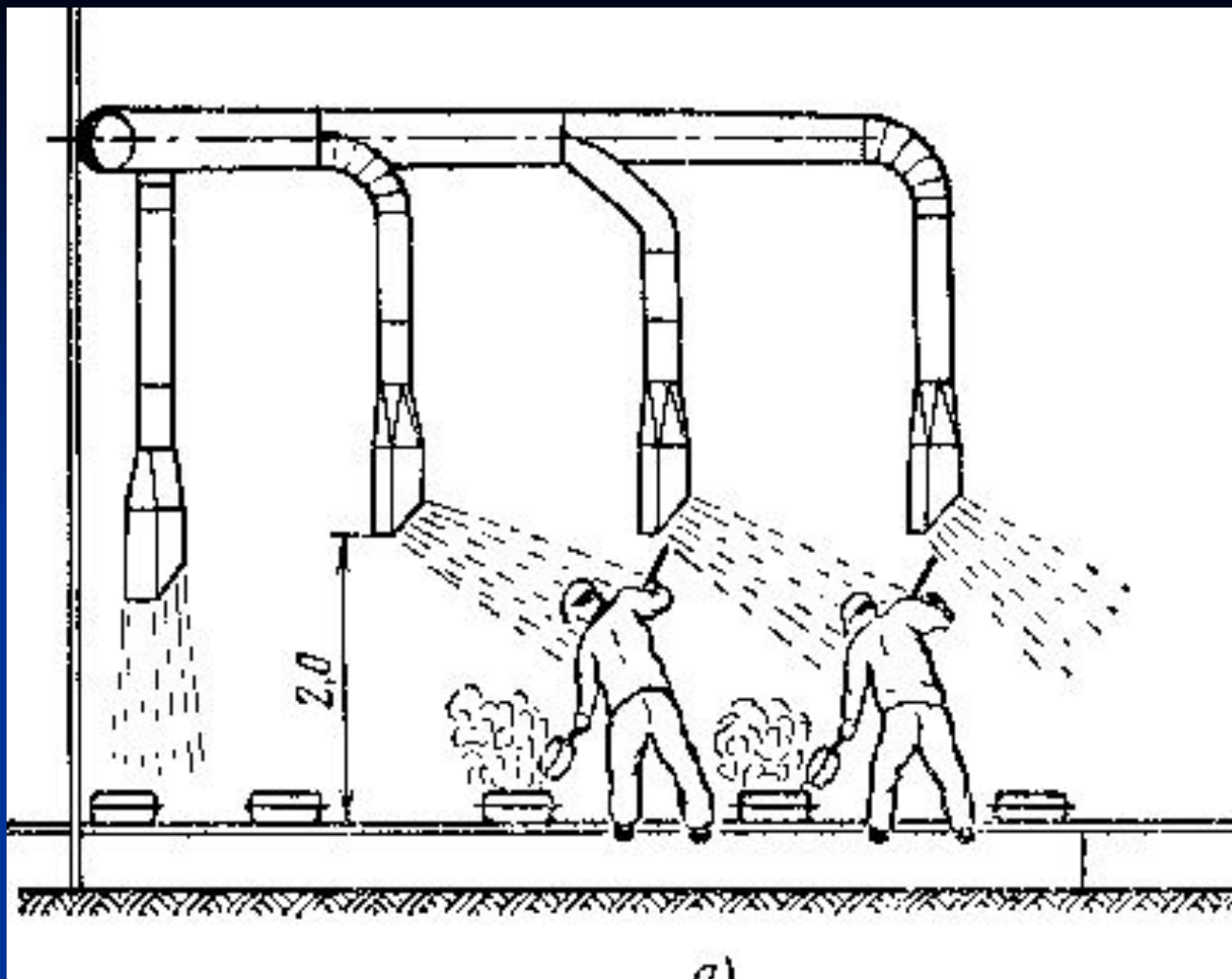
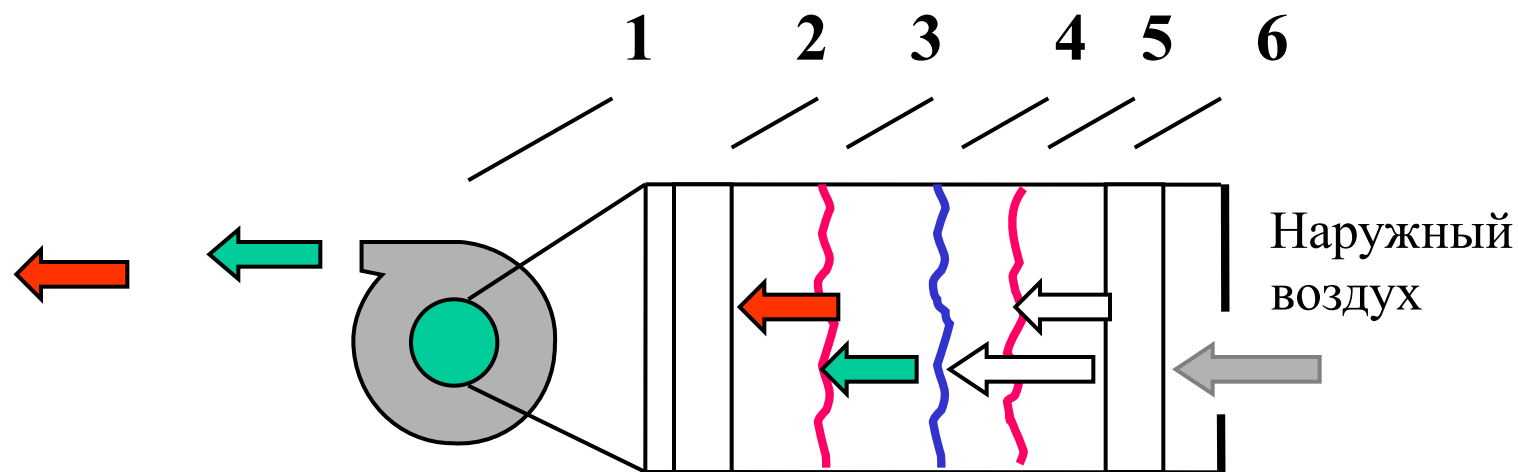


Рис. 16 Местная приточная вентиляция - воздушное душирование.



# Система кондиционирования воздуха (СКВ)

СКВ обеспечивает для человека оптимальный микроклимат



**Рис. 2 Схема кондиционера**

1 – вентилятор; 2 – увлажнитель; 3 – калорифер второй ступени; 4 – охладитель; 5 – калорифер первой ступени; 6 – воздушный фильтр.

**В режиме охлаждения воздух охлаждается и осушается (4,3)**

**В режиме отопления воздух нагревается и увлажняется (5,2)**

# Аэроионный состав воздуха

*Аэроионы* – легкие ионы, носителями заряда которых являются атомы, молекулы или комплексы молекул газов.

*Ионизация* – процесс образования аэроионов.

*Деионизация* – процесс лишения носителя своего заряда.

Нормируемыми показателями аэроионного состава воздуха являются:

- концентрация аэроионов (минимально и максимально допустимая) обеих полярностей  $p^+$ ,  $p^-$ , определяемые как количество аэроионов в  $1 \text{ см}^3$  воздуха (ион/ $\text{см}^3$ );
- коэффициент униполярности  $U$ , определяемый как отношение  $p^+ / p^-$ .

## **Измерения уровня ионизации воздуха производится:**

- в помещениях, в отделке и (или) мебелировке которых используются синтетические материалы и покрытия, способные накапливать электростатический заряд;
- помещения, в которых эксплуатируется оборудование, способное создавать электростатические поля, включая видеодисплейные терминалы и прочая оргтехника;
- герметизированные помещения с искусственной средой обитания;
- помещения, оснащенные системами принудительной вентиляции, очистки и (или) кондиционирования воздуха;
- помещения, в которых эксплуатируются аэроионизаторы и деионизаторы;
- помещения, в которых осуществляют процессы плавки или сварки металла.

Контроль аэроионного состава воздуха осуществляется:

- в порядке планового контроля не реже одного раза в год;
- при аттестации рабочих мест;
- при вводе в эксплуатацию рабочих мест.
- при вводе в эксплуатацию оборудования или материалов, способных создавать или накапливать электростатический заряд;
- при оснащении рабочих мест аэроионизаторами или деионизаторами,

Контроль и оценку осуществляют в соответствии с СанПиН 2.2.4.1294-03 и методическими указаниями МУК 4.3.1675-03.

Максимальная оценка – класс 3.1.