

Тепловой обмен человека со средой обитания

Терморегуляция

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:

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

где α - коэффициент теплоотдачи, который зависит от скорости движения воздуха, вт/(м²×град.); F - площадь поверхности тела, м²; t_m , t_e - температура тела и воздуха.

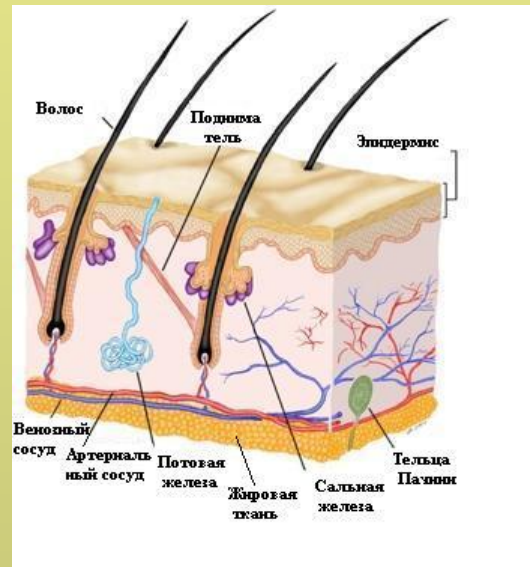
- Для рассеяния тепла конвекцией требуется обтекание поверхности тела потоком с более низкой температурой, контактирующий с кожей слой воздуха нагревается, снижает свою плотность, поднимается и замешается более холодным и плотным воздухом.
- когда температура воздуха равна **20°C**, относительная влажность – **40–60 %**, тело взрослого человека рассеивает в окружающую среду **путем теплопроводения и конвекции** около **25–30% тепла**.
- Количество отдаваемого тепла увеличивается при возрастании скорости движения воздушных потоков

Количество тепла, рассеиваемого организмом в окружающую среду излучением, пропорционально **площади поверхности** (площадь поверхности тех частей тела, которые соприкасаются с воздухом) и **разности средних значений температур** кожи и окружающей среды. Поток энергии описывается уравнением

$$E = K (T_1 - T_2),$$

где K – коэффициент передачи тепла излучением, $(T_1 - T_2)$ – разность температур между кожей и внешней средой.

- При температуре окружающей среды 20°C и относительной влажности воздуха 40–60% организм человека рассеивает путем излучения около **40–50%** всего отдаваемого тепла.
- Если температуры **поверхности кожи** и **среды** выравниваются, то отдача тепла излучением *прекращается.*



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 1 кг воздуха при данной температуре и давлении.

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

Относительная влажность φ определяется:

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

Испарение

- отдача тепла в окружающую среду **за счет испарения пота или влаги** с поверхности кожи и слизистых дыхательных путей. Повышение внешней температуры, выполнение физической работы усиливают потоотделение, и оно может возрасти до **500...2000 г/ч**
- Терморегуляция направлена на предупреждение нарушений теплового баланса организма или на его восстановление, если такие изменения уже произошли.

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**.

Уравнение теплового баланса

Теплоотдача обеспечивает равновесие с окружающей средой. Описывается уравнением теплового баланса:

$$Q = M \pm R \pm C - E$$

Q - кол-во тепла, получаемое или отдаваемое организмом;

M – кол-во тепла, вырабатываемое организмом (теплопродукция);

R – кол-во тепла, получаемое (отдаваемое) с помощью излучения;

C – кол - во тепла, получаемое (отдаваемое) при конвекции;

E – кол –во тепла, отдаваемое при потоотделении

Химическая терморегуляция

- теплопродукция в организме складывается из **первичной теплоты**, выделяющейся в ходе протекающих в тканях **реакций обмена веществ**, и **вторичной теплоты**, образующейся при расходовании энергии на выполнение работы.
- **Наибольшее количество тепла образуется в мышцах при их напряжении и сокращении.**
- Образование тепла в мышцах при этих условиях получило название **сократительного термогенеза**

Физическая терморегуляция

- **совокупность физиологических процессов**, ведущих к изменению **уровня теплоотдачи**.
- При повышении температуры среды **теплоотдача увеличивается**, а при понижении – **уменьшается**.
Различают следующие механизмы отдачи тепла в окружающую среду: излучение, теплопроводность, конвекция и испарение.
- **Излучение** – это отдача тепла в виде электромагнитных волн инфракрасного диапазона ($\lambda = 5 \dots 20$ мкм).

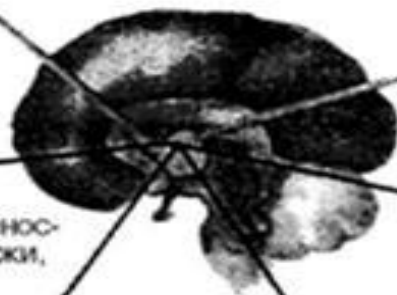


ГИПОТЕРМИЯ

Низкая температура тела стимулирует терморецепторы



В гипоталамус поступают сигналы



Сужение кровеносных сосудов кожи, вследствие чего уменьшается отдача тепла кожей

Активируются скелетные мышцы, вызывая дрожь, что приводит к повышению интенсивности обменных процессов и образованию большого количества тепла



Температура тела повышается

ГИПЕРТЕРМИЯ

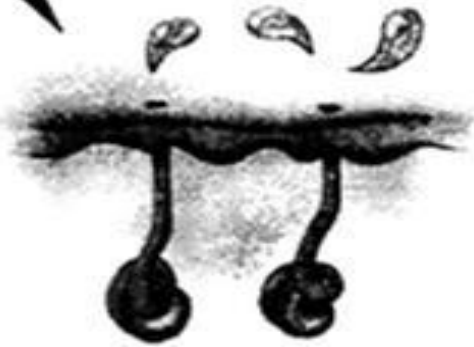
Высокая температура тела стимулирует терморецепторы



В гипоталамус поступают сигналы



Расширение кровеносных сосудов кожи, приводящие к отдаче большого количества тепла



Повышается активность потовых желез, а следовательно, и потери тепла испарением



Температура тела понижается

Гипотермия

Гипотермия (переохлаждение) начинается, когда теплопотери становятся больше теплопродукции организма, а система терморегуляции не справляется с этими изменениями.

$$(Q_k + Q_{изл.} + Q_{исп.}) > Q_m$$

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 эта сумма превышает величину теплотерь.

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

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.



Вопросы по теме «терморегуляция»

1. Что такое терморегуляция?
2. Физическая терморегуляция:
конвекция, испарение, излучение,
3. Химическая терморегуляция.
4. Уравнение теплового комфорта
5. Гипотермия
6. Гипертермия

Параметры микроклимата

1. Температура воздуха $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$
2. Скорость движения воздуха $V_{\text{в}}, \text{м/с}$
3. Относительная влажность $\varphi, \%$
4. Радиационная температура излучающих стен $t_{\text{рад}}, ^\circ\text{C}$.



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 , ϕ) нормируют как оптимальные и допустимые в зависимости от периода года (*тёплый, холодный*) и от категории работы по степени тяжести (*лёгкая, средней тяжести и тяжёлая*).



Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

- **Оптимальными** являются такие параметры микроклимата, которые **не вызывают напряжения реакций терморегуляции** и обеспечивают высокую работоспособность человека.

- **Допустимыми** считаются такие параметры микроклимата, которые при **длительном воздействии** могут вызвать напряжение реакции терморегуляции человека, но к нарушению состояния здоровья не приводят.

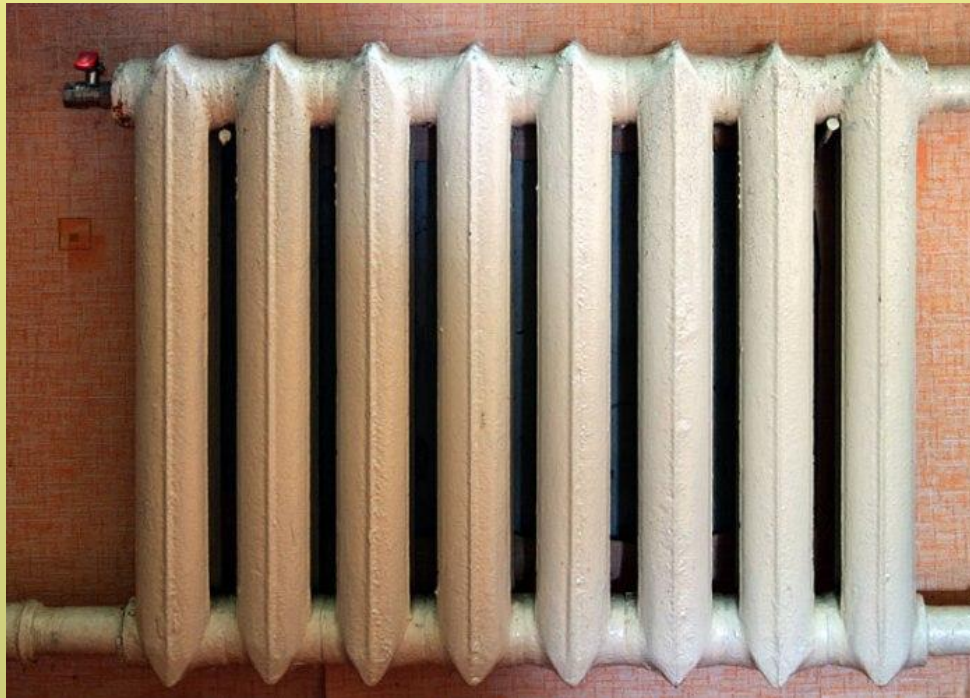
Гигиеническое нормирование параметров микроклимата

- Гигиеническое нормирование параметров производственного микроклимата установлено системой стандартов безопасности труда (**ГОСТ 12.1.005-88**, а также **СанПиН 2.2.4.584-96**).
- Значения параметров микроклимата устанавливаются в зависимости от способности организма к акклиматизации в разное время года и категории работ по **уровню энергозатрат**.



Категории работ по времени года.

- **Теплый период года** характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха выше **+10 °С**,
- **Холодный** период года – температурой, ниже **+10 °С**



Категории работ по времени года.

При нормировании параметров микроклимата по тяжести труда различают следующие категории работ:

• **легкий физический труд** (категории Ia и Ib) с расходом энергии не более 174 Вт. К **категории Ia** (до 139 Вт) относятся работы, производимые **сидя** и сопровождающиеся **незначительным** физическим напряжением (на часовом, швейном производстве, в сфере управления)

Категории работ по тяжести

- К **категории Iб** (140...174 Вт) относятся работы, производимые **сидя, стоя или связанные с ходьбой** и сопровождающиеся **некоторым** физическим напряжением.
- Работы **средней тяжести** (категории IIа, IIб) – виды деятельности с расходом энергии 175...290 Вт.
- К **категории IIа** (175...232 Вт) относятся работы, связанные с постоянной **ходьбой** и **перемещением мелких (до 1 кг) изделий**

Категории работ по тяжести

- К **категории IIб (233...290 Вт)** относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением тяжестей **до 10 кг**.
- К **тяжелому физическому труду (категория III)** – виды деятельности с расходом энергии **более 290 Вт** – работы, связанные с **систематическим физическим напряжением**, с постоянным **передвижением и переноской (свыше 10 кг)** тяжестей



Семинар

Методы обеспечения параметров микроклимата

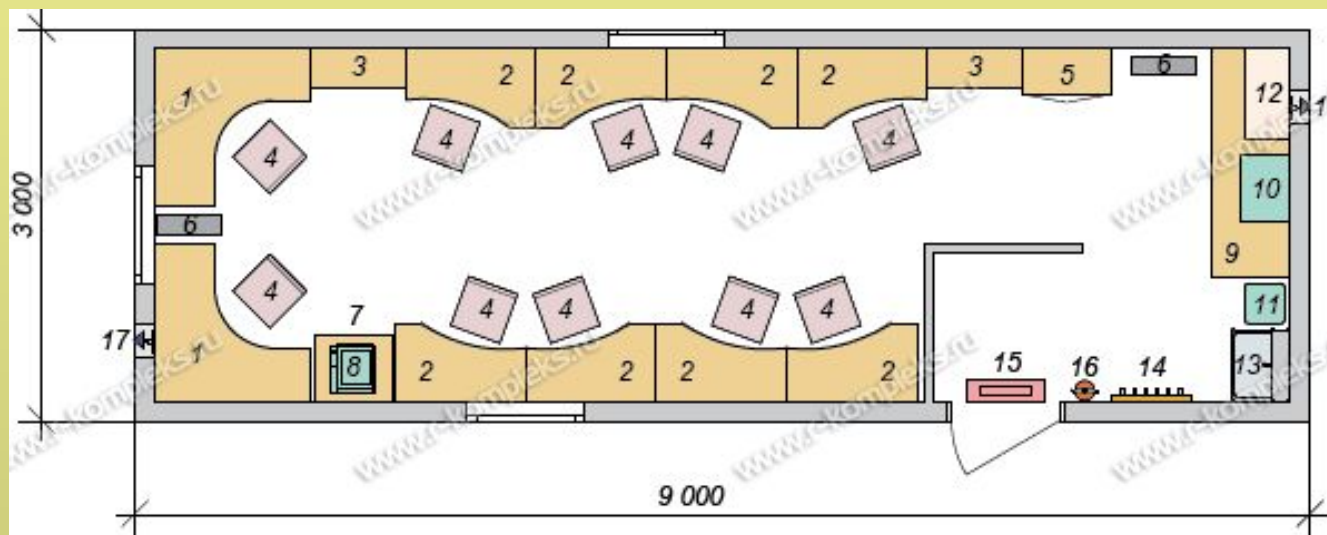
- В результате *жизнедеятельности* людей, *работы оборудования, приготовления* пищи, *сгорания* природного газа выделяются ВВ, влага, теплота.
- В результате **ухудшаются климатические условия**, **изменяется состав воздушной среды**.
- Основным **методом обеспечения** требуемых параметров микроклимата и состава воздушной среды является применение **систем вентиляции, отопления** и **кондиционирования воздуха**

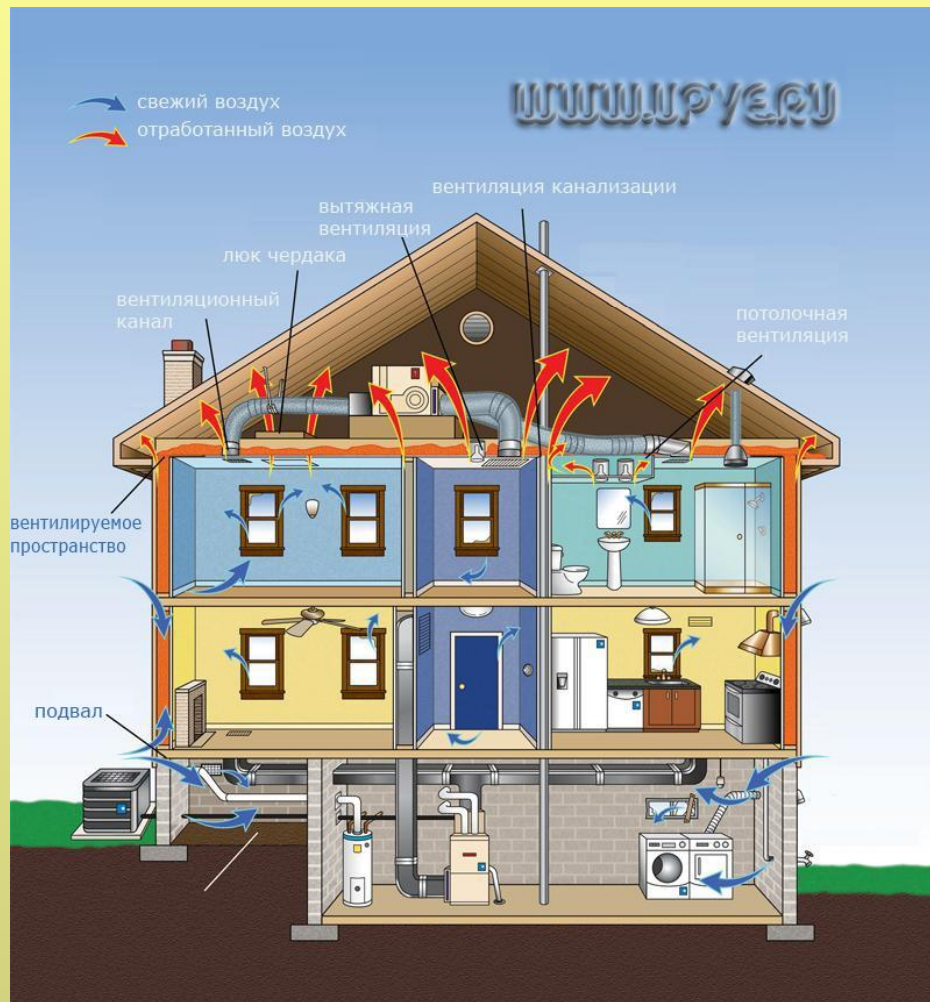
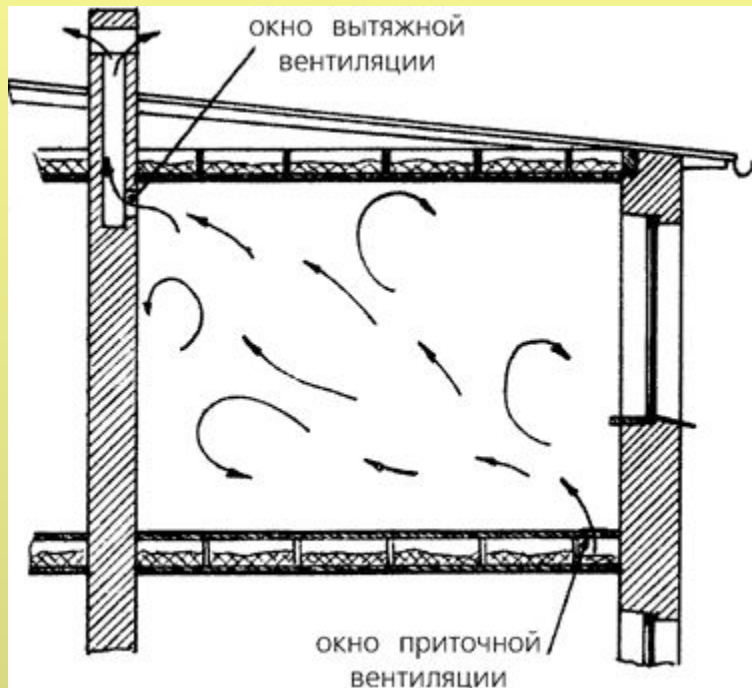
Вентиляция

- Для обеспечения оптимальных параметров микроклимата необходима **общеобменная приточно-вытяжная вентиляция**. Применяется как *механическая*, так и *естественная* вентиляция.
- Если в помещении ***естественное проветривание***, а объем помещения, приходящегося на одного человека, не менее **20 м³**, производительность вентиляции должна быть не менее **20 м³/ч на одного**.
- Если же объем помещения, приходящегося на одного человека **менее 20 м³**, производительность вентиляции должна быть **не менее 30 м³/ч**

Рассчитайте минимальный допустимый объем допустимой вентиляции для данного офиса. Высота помещения 3 м. Планируется размещение 10 рабочих мест.

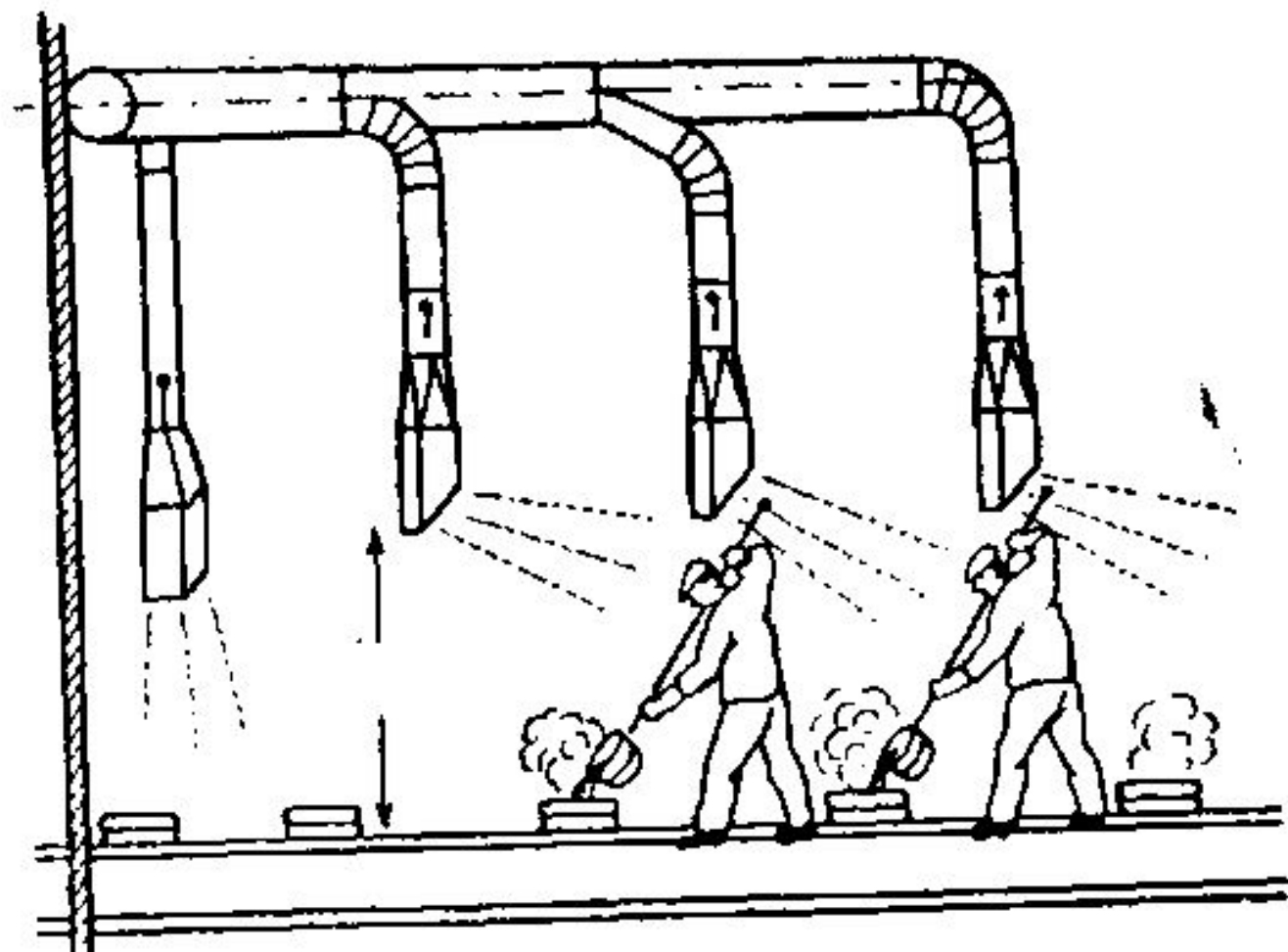
Сколько человек может работать в данном помещении при условии только естественного проветривания?





Воздушное душирование

- При выделении в помещении от оборудования и технологических процессов влаги и теплоты производительность вентиляции должна быть увеличена
- В **жаркое время** года и в **горячих цехах**, с интенсивным воздействием тепловых потоков от печей, раскаленных отливок и других источников тепла, дополнительно применяют **воздушное душирование**, заключающееся в **обдуве работающего потоком воздуха** с целью увеличения конвективного теплообмена и отвода теплоты за счет испарения



Кондиционирование

- **Автоматическая обработка** воздуха с целью поддержания гигиенических параметров независимо от изменения наружных и внутренних условий. Автоматически регулируется t^0 , относительная влажность и скорость подачи воздуха.
- **Установки полного кондиционирования** обеспечивают оптимальные параметры микроклимата, осуществляют озонирование, дезодорацию и ионизацию.



Системы очистки воздуха

- В системе приточной вентиляции обеспечивает защиту работающих и создание условий для эксплуатации, а в системе вытяжной вентиляции устройство обеспечивает защиту воздуха населенных мест от вредных воздействий.

В зависимости от использования средств, очистку подразделяют на:

- **грубую** (концентрация $> 100 \text{ мг/м}^3$ вредных в-в);
- **среднюю** (концентрация $100 - 1 \text{ мг/м}^3$ вредных в-в);
- **тонкую** (концентрация $< 1 \text{ мг/м}^3$ вредных в-в).

Очистка воздуха, удаляемого из помещения, осуществляется с помощью **2-х типов устройств:**

1) пылеуловители; 2) фильтры