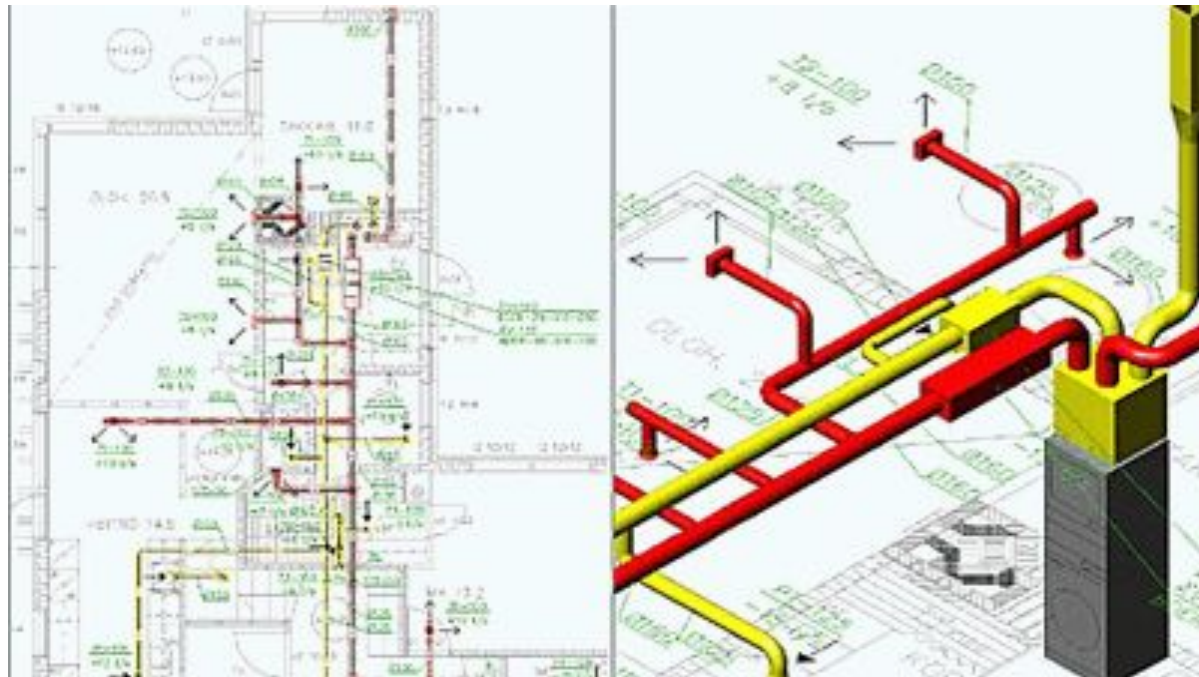


# НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ



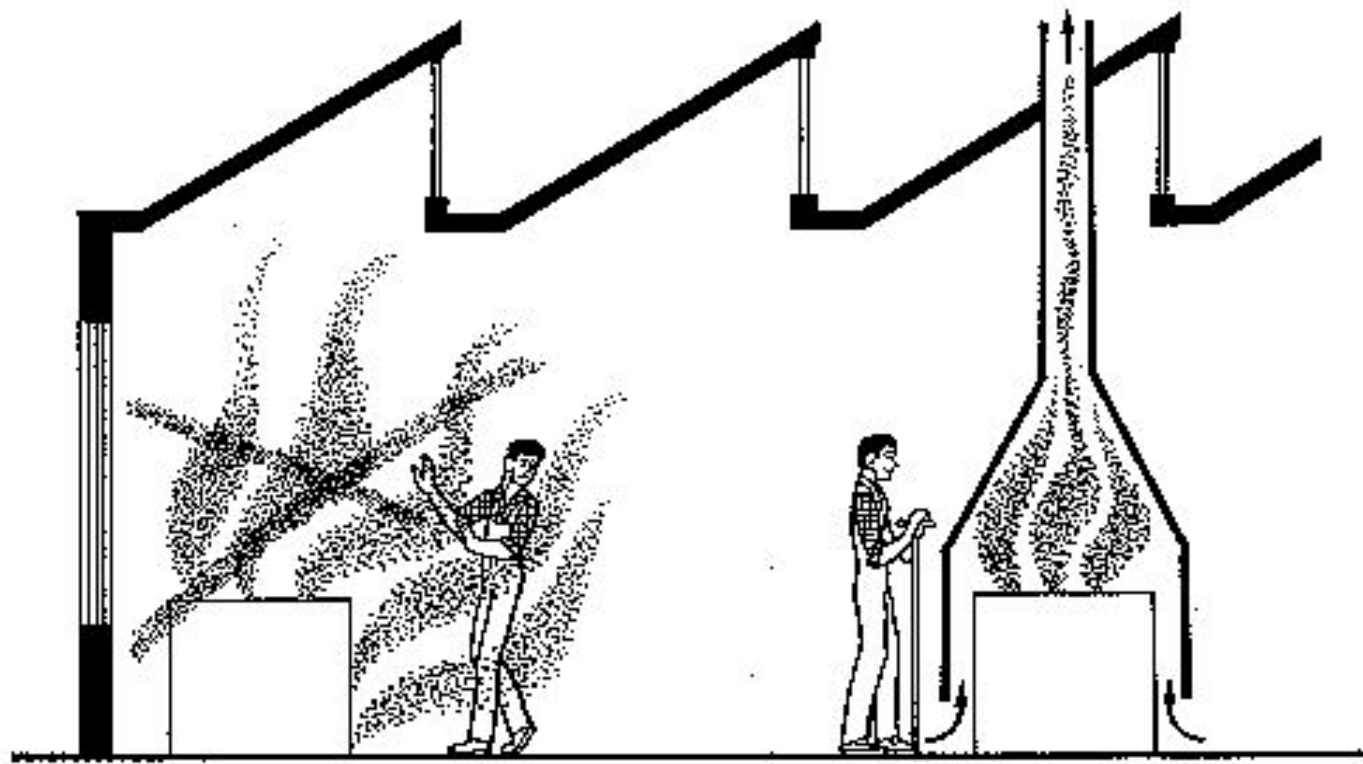


Нельзя думать о смысле жизни  
Параллельно убивая её...

# Зачем нужен свежий воздух?



Мы ежедневно вдыхаем 20000 литров воздуха. И нам нужен природный чистый воздух, насыщенный озоном, ионами и фитонцидами, для нашей жизни.



# Историческая справка



При строительстве пирамиды Хеопса (Хуфу) древние строители уже 4,5 века назад предусмотрели специальные вентиляционные каналы размером 20x20 см и длиной 60 м каждый.

# Историческая справка



1735 год.

В здании английского парламента установлен первый в истории осевой **вентилятор**, который приводился в движение паровым двигателем.

# Историческая справка

1754 год.

Леонард Эйлер разработал теорию вентилятора, которая легла в основу расчета современных систем механической вентиляции.





# Историческая справка



1763 год.

М. Ломоносов опубликовал труд «О вольном движении воздуха в рудниках примеченном».

Идеи из данного труда легли в основу расчета естественной вентиляции.



# Историческая справка

1810 год. (праздник проектировщиков)

В больнице города Дерби (пригород Лондона) была установлена первая рассчитанная система **естественной вентиляции**.

# Историческая справка

- **1734 год.** В здании английского парламента установлен первый из известных истории осевых вентиляторов. Он приводился в действие при помощи парового двигателя и проработал без ремонта более 80 лет.
- **1754 год.** Леонард Эйлер разработал теорию вентилятора, которая легла в основу расчета современных систем механической вентиляции.
- **1763 год.** Михаил Ломоносов публикует свой труд «О вольном движении воздуха в рудниках примеченном». Идеи, изложенные в этой работе, легли в основу расчета систем естественной вентиляции.
- **1810 год.** В больнице пригорода Лондона — Дерби установлена первая рассчитанная система естественной вентиляции.
- **1815 год.** Француз Жан Шабаннес получил британский патент на «метод кондиционирования воздуха и регулирования температуры в жилищах и других зданиях...».
- **1852 год.** Лорд Кельвин разработал основы использования холодильной машины для обогрева помещений (тепловой насос). Спустя четыре года идея была практически реализована австрийцем Риттенгером.

# Историческая справка

**1902 год.** Американским инженером Уиллисом Каррьером разработана первая промышленная установка для кондиционирования воздуха.

**1929 год.** В США разработан первый комнатный кондиционер.

**1931 год.** Изобретение безопасного для здоровья человека хладагента — фреона. Это произвело настоящую революцию в развитии климатической техники.

**1958 год.** Выпуск первого кондиционера, способного работать не только на холод, но и на тепло.

**1961 год.** Начало промышленного выпуска кондиционеров разделенных на два блока — сплит-систем. Сегодня это наиболее популярный тип кондиционеров.

**1968 год.** Изобретение мульти-сплит-системы.

**1978 год.** Появление первого кондиционера с микропроцессорным управлением.

**1981 год.** Появление компрессоров с регулируемой частотой вращения. В том же году на рынке появились оснащенные ими кондиционеры, получившие название инверторных.

# Историческая справка

- **1982 год.** Появление нового класса оборудования — первых VRF систем.
- **1995 год.** Принято решение об отказе от использования хладагентов, представляющих опасность для озонового слоя. В Европе их производство должно быть полностью остановлено к 2014 году.
- **2001-2003 годы.** В большинстве европейских стран вступает в силу запрет на продажу кондиционеров работающих на озоноопасных фреонах

- **Вентиляция** (от лат. Ventilatio – проветривание, от ventilo–вею, махаю, дую) –регулируемый воздухообмен в помещениях для создания воздушной среды, благоприятной для здоровья человека, а также отвечающей требованиям технологического процесса, сохранности оборудования и строительных конструкций материалов, продуктов и т. д.

- **Кондиционирование воздуха (КВ)** – создание и автоматическое поддержание в закрытых помещениях, средствах транспорта и т. п. температуры, относительной влажности, чистоты, состава, скорости движения воздуха наиболее благоприятных для самочувствия людей (комфортное КВ) или ведения технологических процессов, работы оборудования и приборов (технологическое КВ).

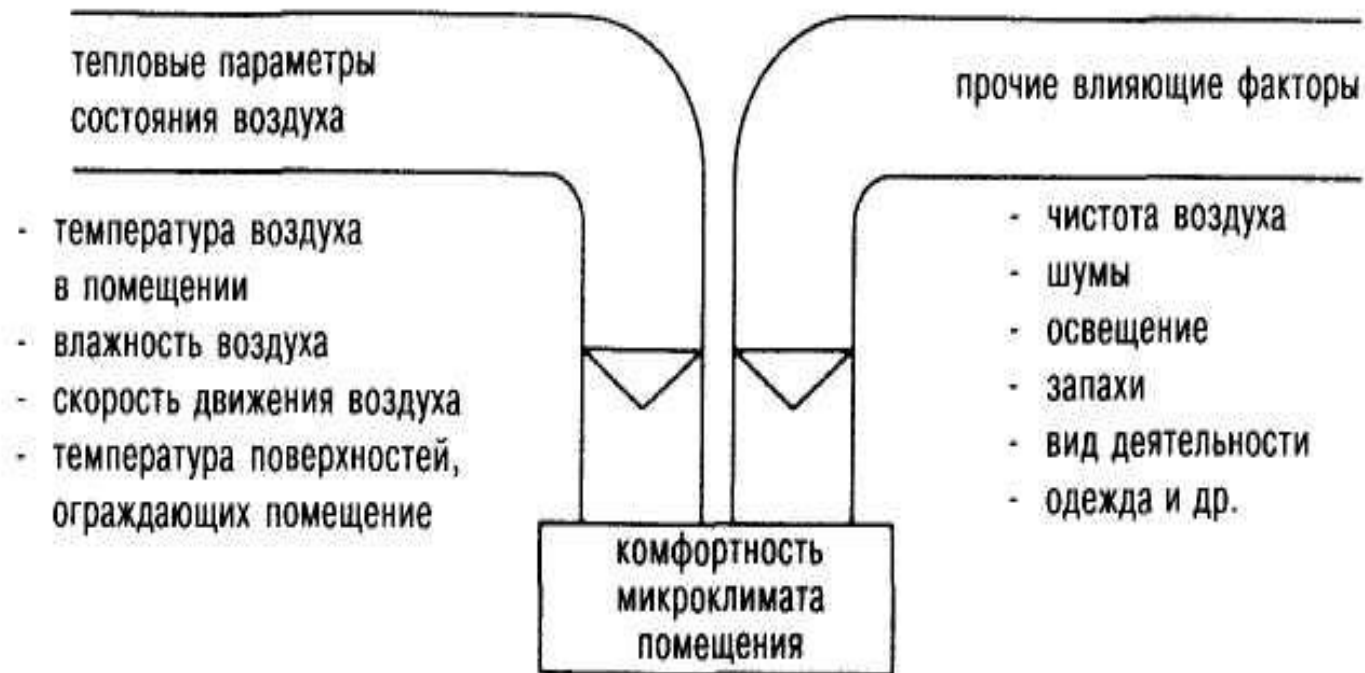
# Комфортность

## САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУХУ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

- Область внешних, поддающихся измерению параметров состояния воздуха, таких как его температура, влажность и скорость движения, при которых человек чувствует себя особенно хорошо, называют зоной комфортности.



# Комфортность



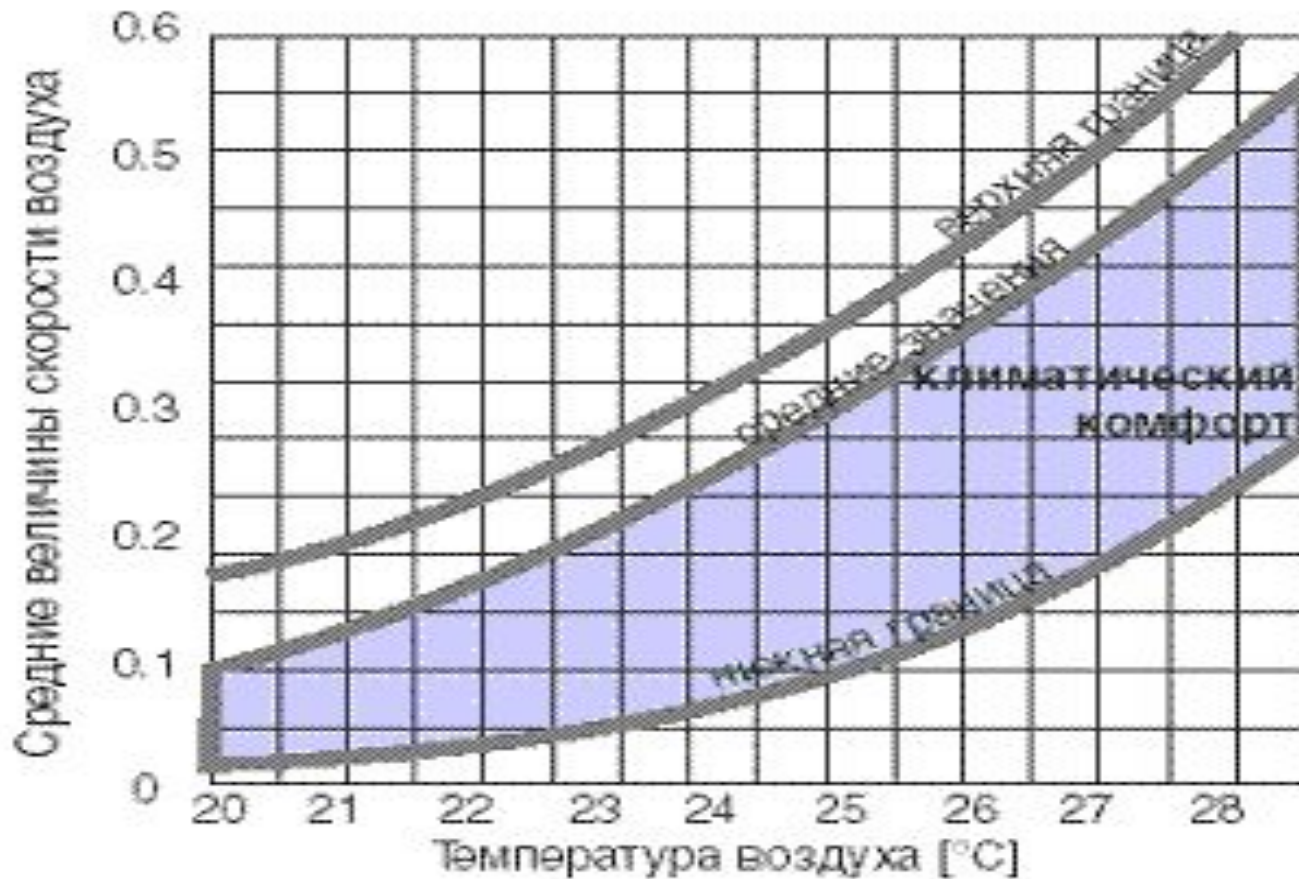
- В России для производственных помещений нормируются в зависимости от тяжести и продолжительности труда, времени года, климатической зоны, следующие показатели:
- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения;
- содержание вредных веществ в рабочей зоне;
- содержание пыли или аэрозоли в рабочей зоне;
- аэроионный состав воздуха;
- шум.

# Способы достижения теплового равновесия между человеком и окружающей средой

Явное тепло, $Q_{CB}$	Скрытое тепло (тепло водяного пара, $Q_{П}$ )
Конвекция путем отвода тепла с поверхности тела в окружающий воздух	Испарение воды с поверхности кожи
Теплопроводность через одежду	Выдох воздуха и водяного пара при дыхании
Тепловое излучение с поверхности тела на окружающие поверхности	

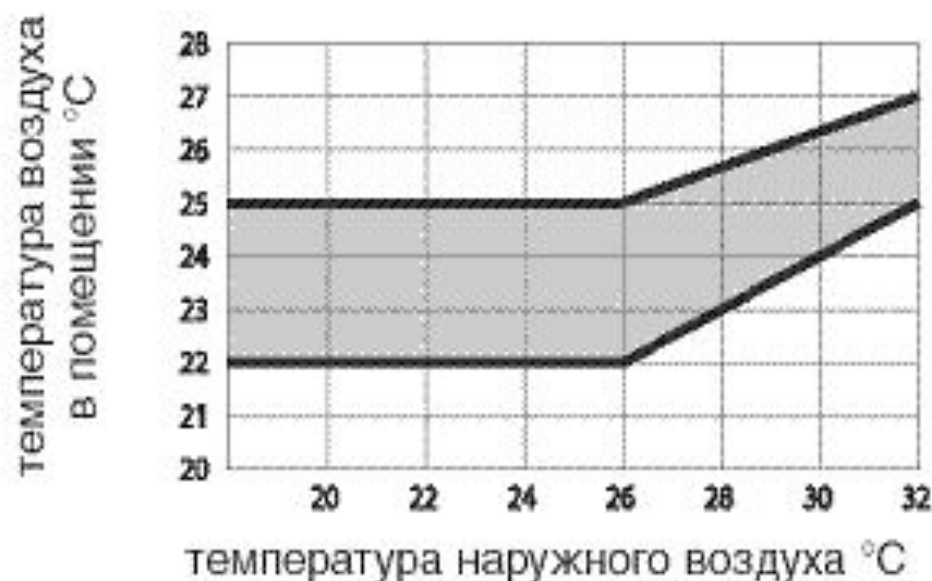
Общая теплоотдача  $Q_{обш} = Q_{CB} + Q_{П}$

# Международные европейские нормы и рекомендации ISO 7730 ASHRAE.



# Средняя температура воздуха

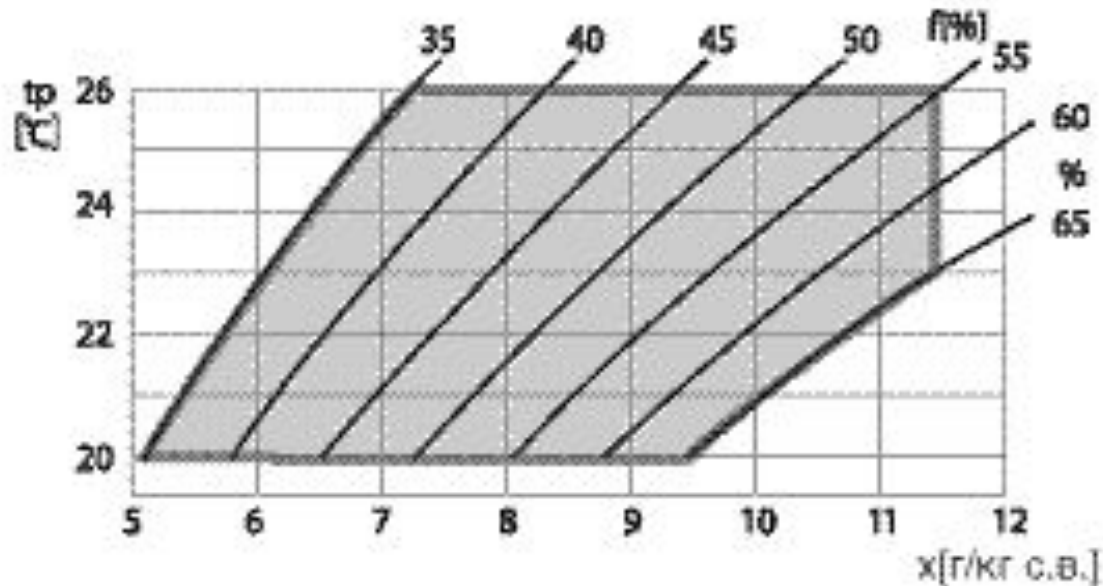
Допускаемая температура (лето)



Например, для офисных помещений можно рекомендовать летом до +22...24, зимой +20...22.

# Относительная влажность

## Относительная влажность в помещении



Влажность воздуха ниже 30% не рекомендуется в связи с пересыханием слизистых оболочек рта и гортани, мебели, тканей и образованием пыли.

Высокая влажность воздуха может вызвать конденсацию водяных паров в помещении, плесень и т. д.

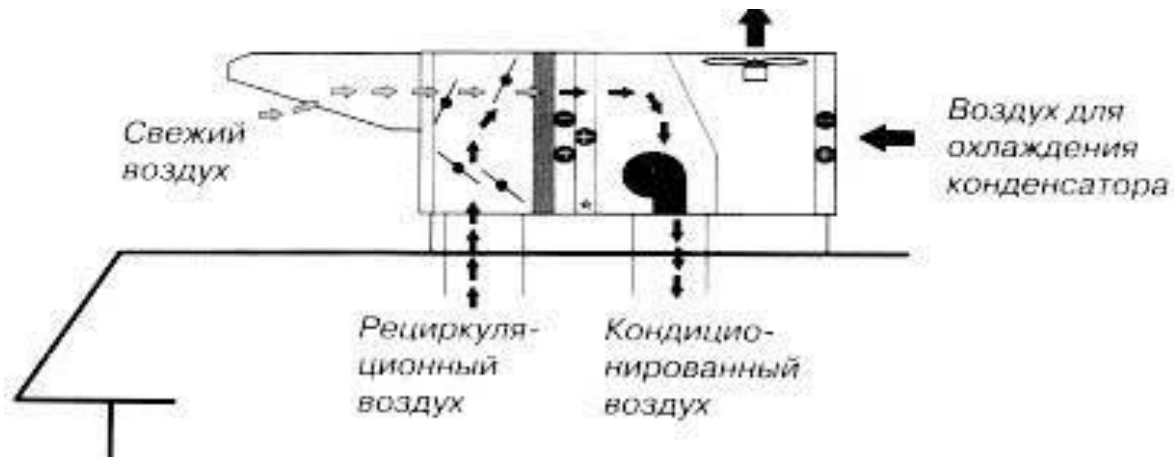
- Существенное отличие вентиляции от кондиционирования–кондиционирование увеличивает качество воздуха за счет обработки воздуха, а **вентиляция**–за счет его смены в помещении.
- Таким образом **вентиляция**–это регулируемый воздухообмен в зданиях и помещениях.



# КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ



# Крышные кондиционеры (руфтопы)



это моноблоки для открытой установки на плоских кровлях зданий, которые позволяют осуществлять вентиляцию с притоком свежего воздуха и кондиционирование помещений.

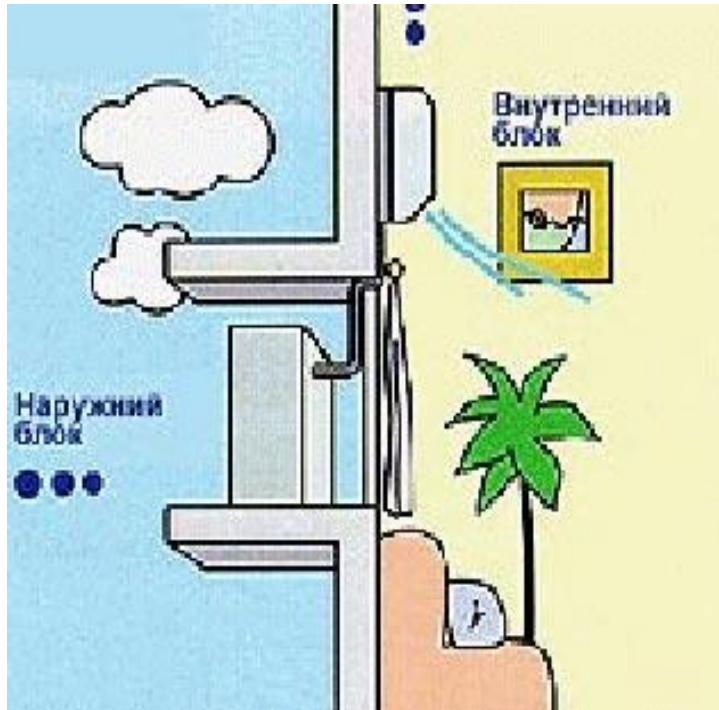
# Крышные кондиционеры



**Чиллеры** предназначены для создания комфортных условий в большом количестве помещений (например, в гостиницах) или в целых зданиях (крупные государственные и правительственные учреждения, музеи, аэропорты).

Они выполняют роль "внешних" блоков для больших систем кондиционирования, к которым может быть подключено большое число "внутренних блоков"—**фанкойлов**.

# Сплит-системы – самый популярный тип кондиционеров.

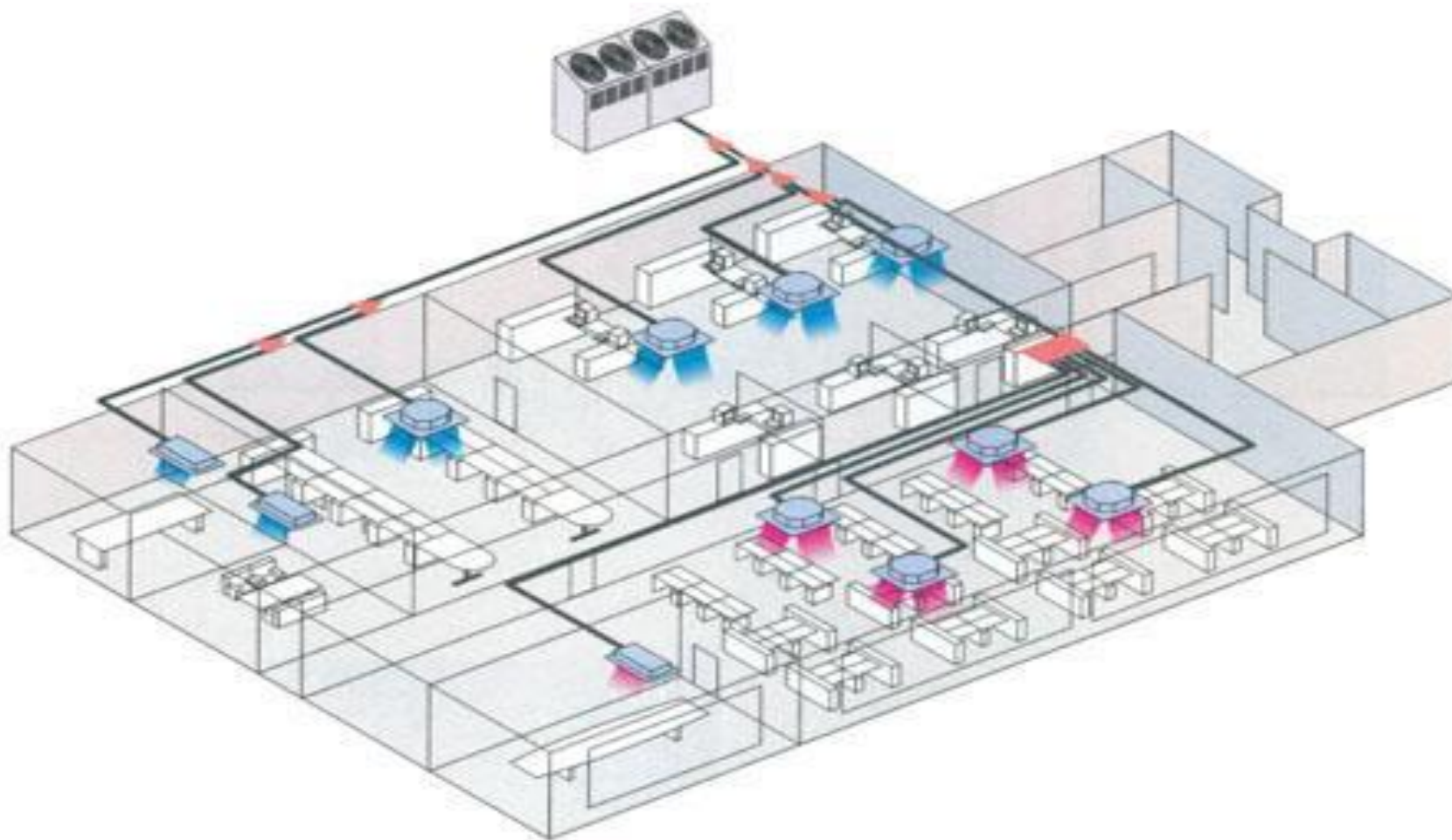


**Сплит-системы** – самый популярный тип кондиционеров. Они состоят из двух блоков, что позволяет значительно снизить уровень шума в помещении. Блок, содержащий испарители и нагнетатели воздуха, устанавливается в помещении, а блок, содержащий компрессоры и вентиляторы, устанавливается снаружи.

# Внутренние блоки могут быть следующих типов:

- настенные,
- напольные,
- кассетные,
- припотолочные,
- консольные
- универсальные.

# Многозональная система с утилизацией тепла КХР



# КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ.

Их можно классифицировать по следующим характерным признакам:

- По характеру выпуска загрязняющих веществ в атмосферу: сосредоточенная и рассредоточенная;
- По способу перемещения воздуха: естественная (гравитационная) или механическая (искусственная, принудительная) система вентиляции;
- По назначению: приточная, вытяжная, аварийная, противодымная, аспирационная системы вентиляции и пневмотранспорт;
- По зоне обслуживания: местная или общеобменная система вентиляции;
- По конструкции: наборная или моноблочная система вентиляции;
- По устройству: канальная или бесканальная;
- По степени свободы: стационарная и переносная;
- По типу зданий и объектов: промышленная вентиляция, вентиляция жилых, общественных, офисных, сельскохозяйственных и др. зданий, рудничная, карьерная и т.д.;
- По механизму воздухообмена: вентиляция смешением, вытеснением или локальная подача (отсос) воздуха.



Выбросы в атмосферу воздуха, удаляемого общеобменной вентиляцией осуществляются через:

- **сосредоточенные устройства** (трубы, шахты, дефлекторы);
- **рассредоточенные устройства** (открывающиеся проемы фонарей, фрамуги окон и другие)

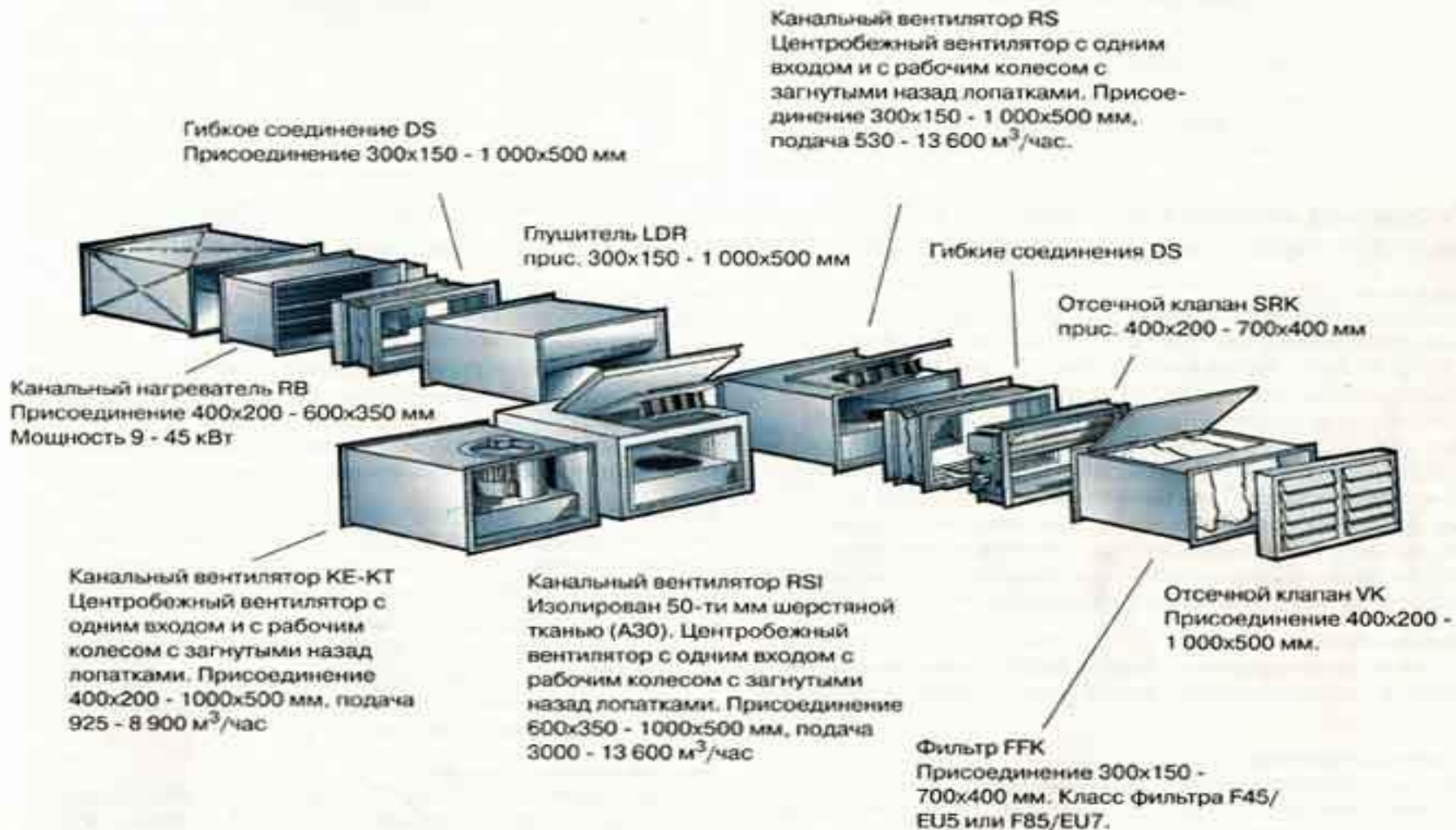


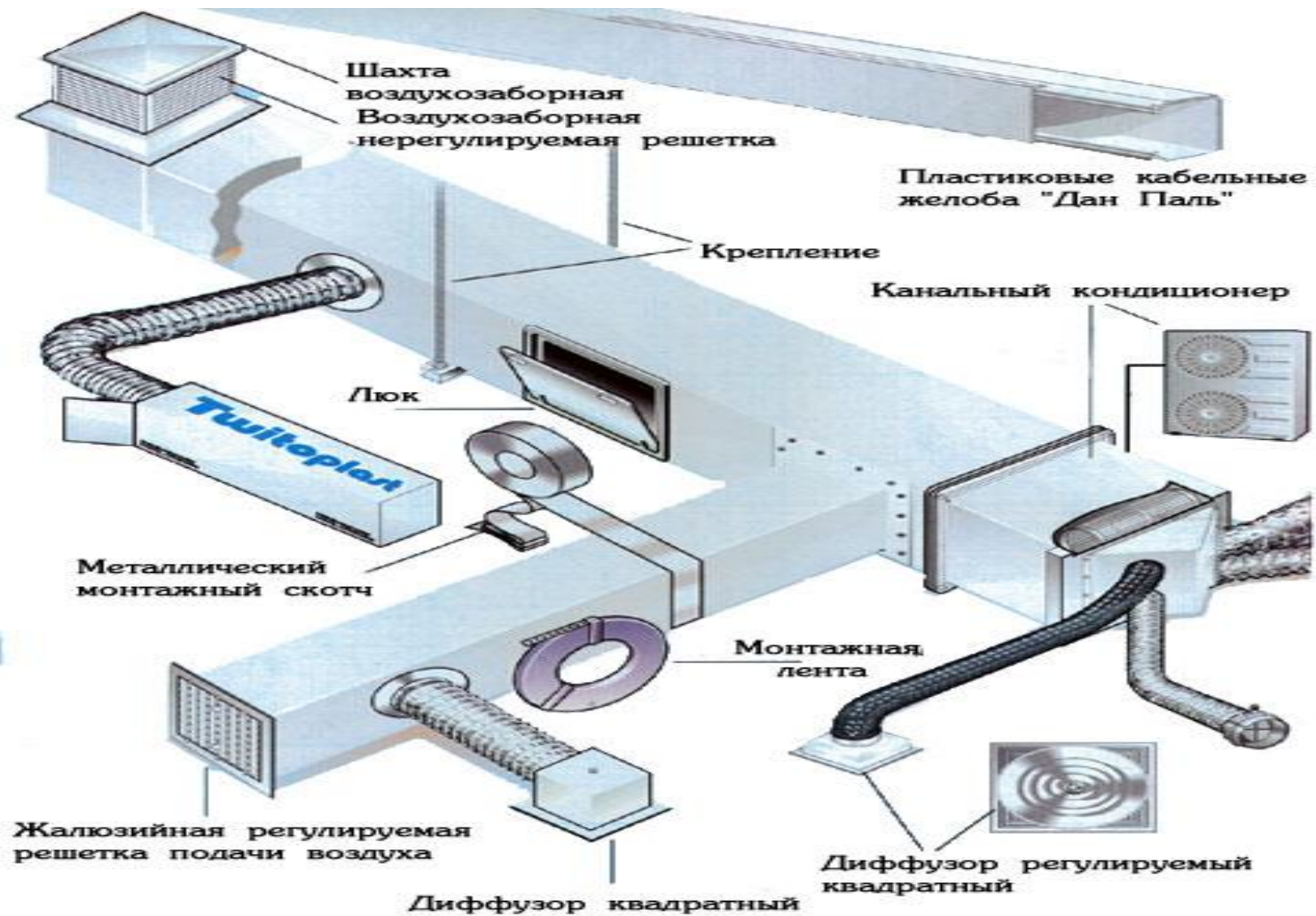
# По степени свободы вентустановки подразделяются на:

- стационарные
- переносные.



# Наборная система







# Моноблочные системы

Все компоненты системы размещаются в едином шумоизолированном корпусе.



# Моноблочные системы



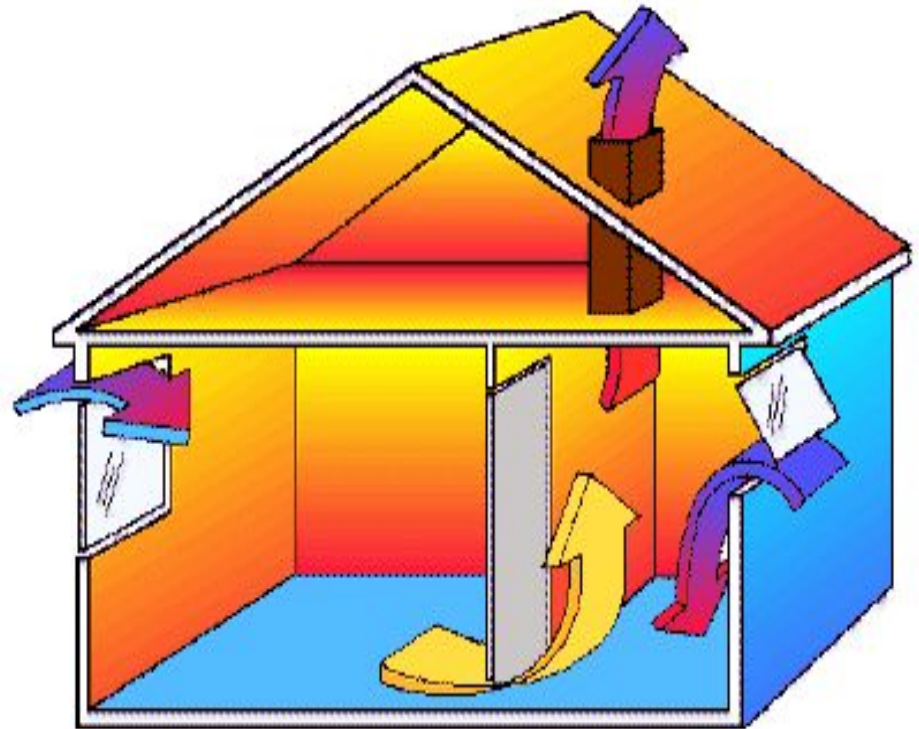
# Моноблочные системы

Имеют ряд преимуществ перед наборными системами:

- Поскольку все компоненты расположены в шумоизолированном корпусе, уровень шума моноблочных приточных установок заметно ниже, чем в наборных системах. Благодаря этому, некоторые моноблочные системы можно размещать в жилых помещениях, в то время, как наборные системы, как правило, требуется устанавливать в подсобных помещениях или в специально обустроенных вентиляционных камерах;
- Функциональная законченность и сбалансированность. Все элементы приточной установки подбираются, тестируются и отлаживаются для совместной работы на этапе производства, поэтому моноблочные системы обладают максимально возможной эффективностью;
- Небольшие габариты. Например, моноблочная приточная вентиляционная система производительностью до 500 куб. м в час выполняется в прямоугольном корпусе высотой всего 22 см;
- Простой и недорогой монтаж. Установка моноблочной приточной установки занимает несколько часов и требует минимального количества расходных материалов;
- Являются законченными изделиями, и на них обычно устанавливается более длительный срок гарантии.

# **Инfiltrация и экcфилтpация**

Пpоникновение наружного воздуха внутрь помещений называется **инфилтpацией**, а выход воздуха из помещения наружу **экcфилтpацией**



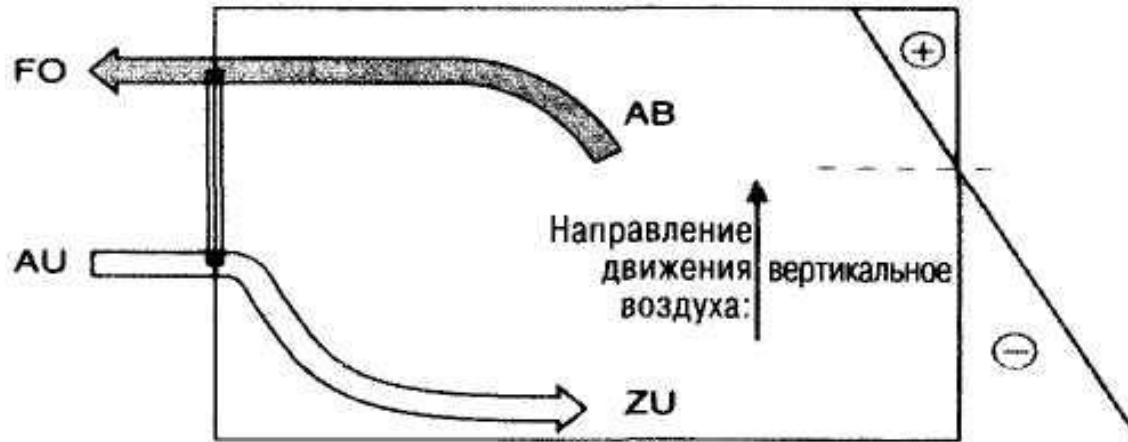


# Естественная вентиляция

создается без применения вентиляторов и происходит вследствие естественных факторов:

- вследствие разности температур уличного воздуха и в помещении;
- от разности давлений «воздушного столба» между нижним уровнем (помещением) и верхним уровнем (вытяжным устройством, установленным на кровле здания);
- в результате воздействия ветрового давления.

# Естественная вентиляция



- Движение воздуха в помещениях и зданиях при плотности отходящего воздуха больше плотности наружного воздуха  $\rho_{AB} > \rho_{AU}$ : AU — наружный воздух, AB — вытяжной (уходящий) воздух, ZU — приточный воздух, FO — удаляемый (сбросной) воздух.

# Направление потоков в квартире

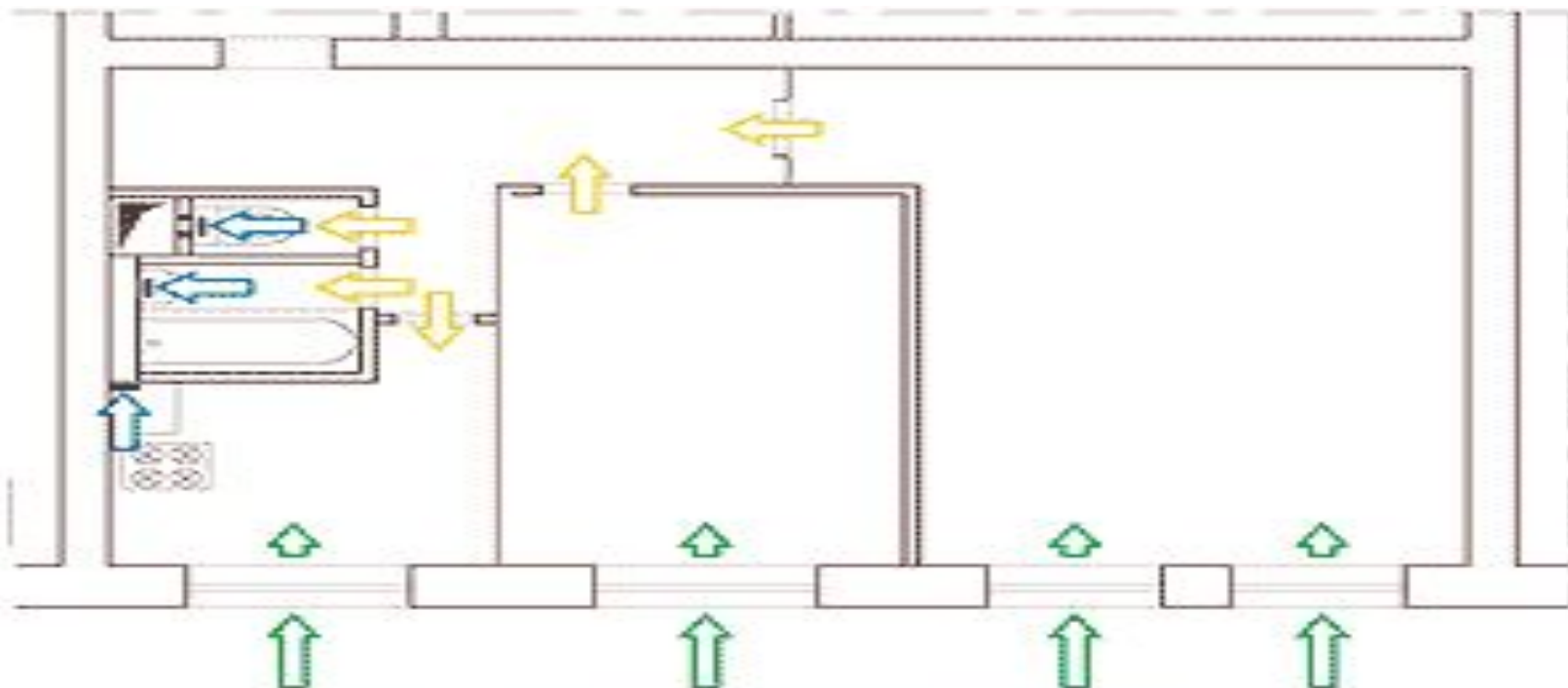



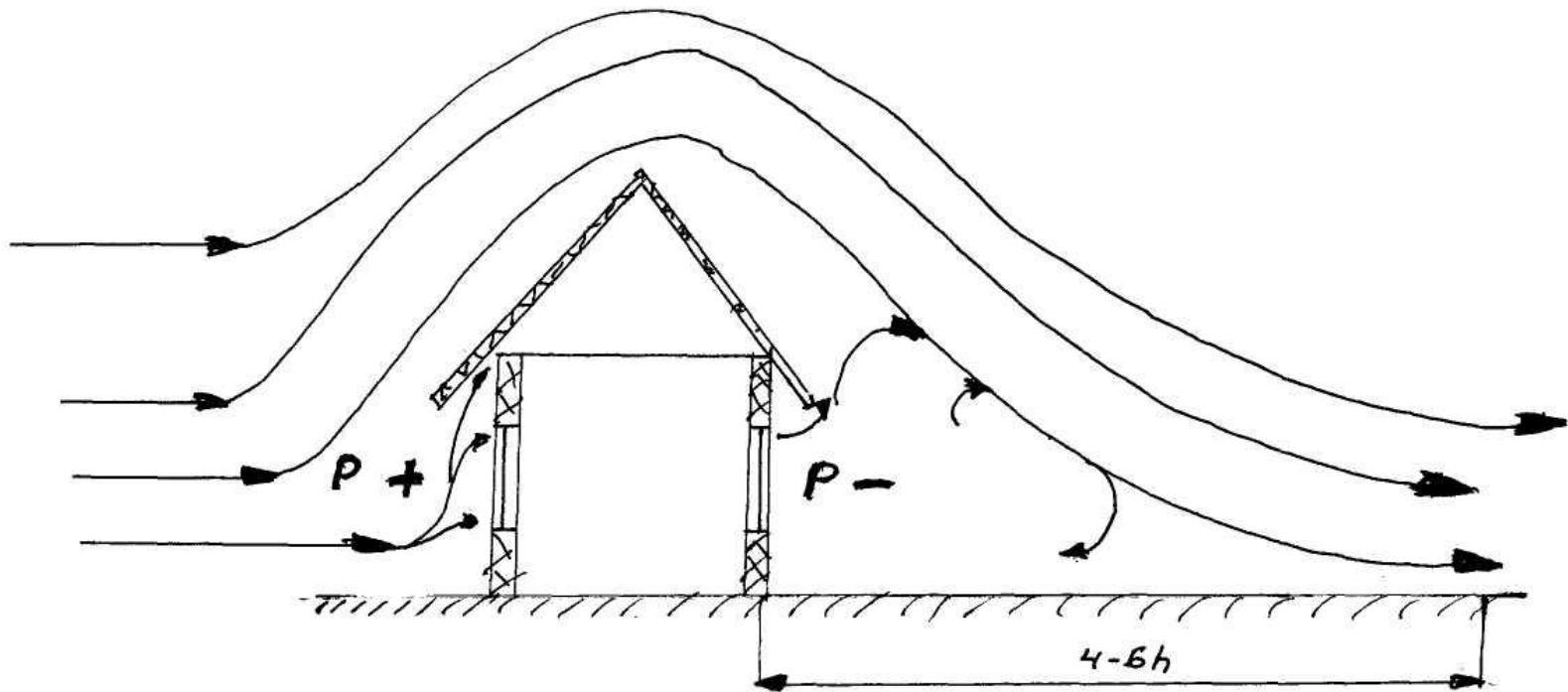


Рис. 1. Схема вентиляционных потоков в квартире

-  наружный воздух
-  воздух перетекания из жилых комнат во вспомогательные помещения
-  вытяжной воздух

# Обтекание здания ветром

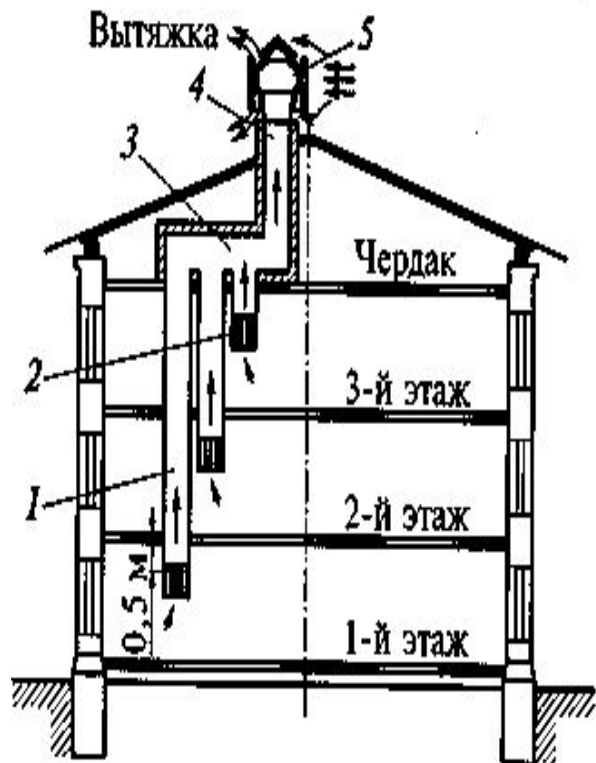


# Естественная вентиляция



- Соотношения давлений с учетом плана расположения здания и проходящего внутри него воздушного потока
- ⊕ сторона избыточного давления: жилые комнаты;
- ⊖-сторона разрежения: санузлы, кухни

# Естественная вентиляция



# Достоинства естественной вентиляции:

- дешевизна;
- простота монтажа;
- долговечность;
- надежность.

# Аэрация

Один из видов организованного естественного воздухообмена помещений

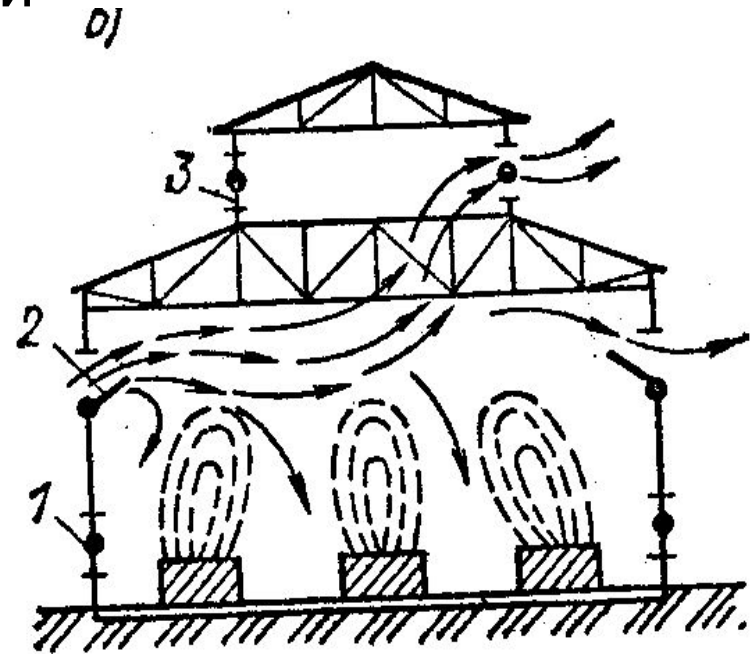
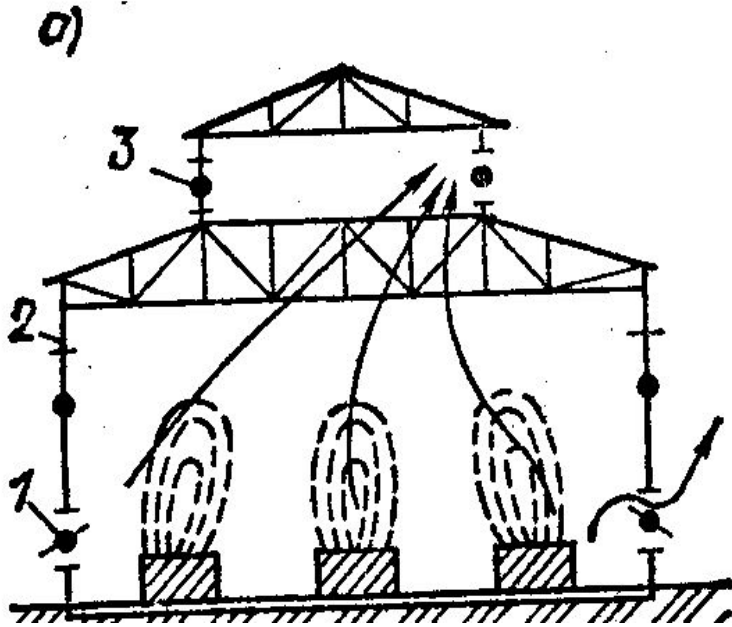


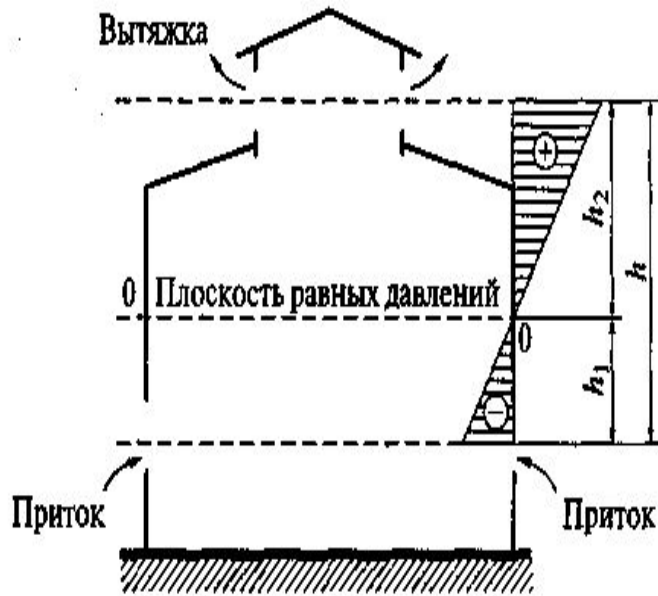
Схема аэрации цеха 1— проем первого яруса; 2— проем второго яруса; 3— вытяжной проем

Аэрация применяется для вентиляции помещений с большим выделением теплоты.

Аэрация осуществляется через специально предусмотренные проектом регулируемые отверстия в наружных ограждениях с использованием гравитационных сил и ветра.



# Аэрация

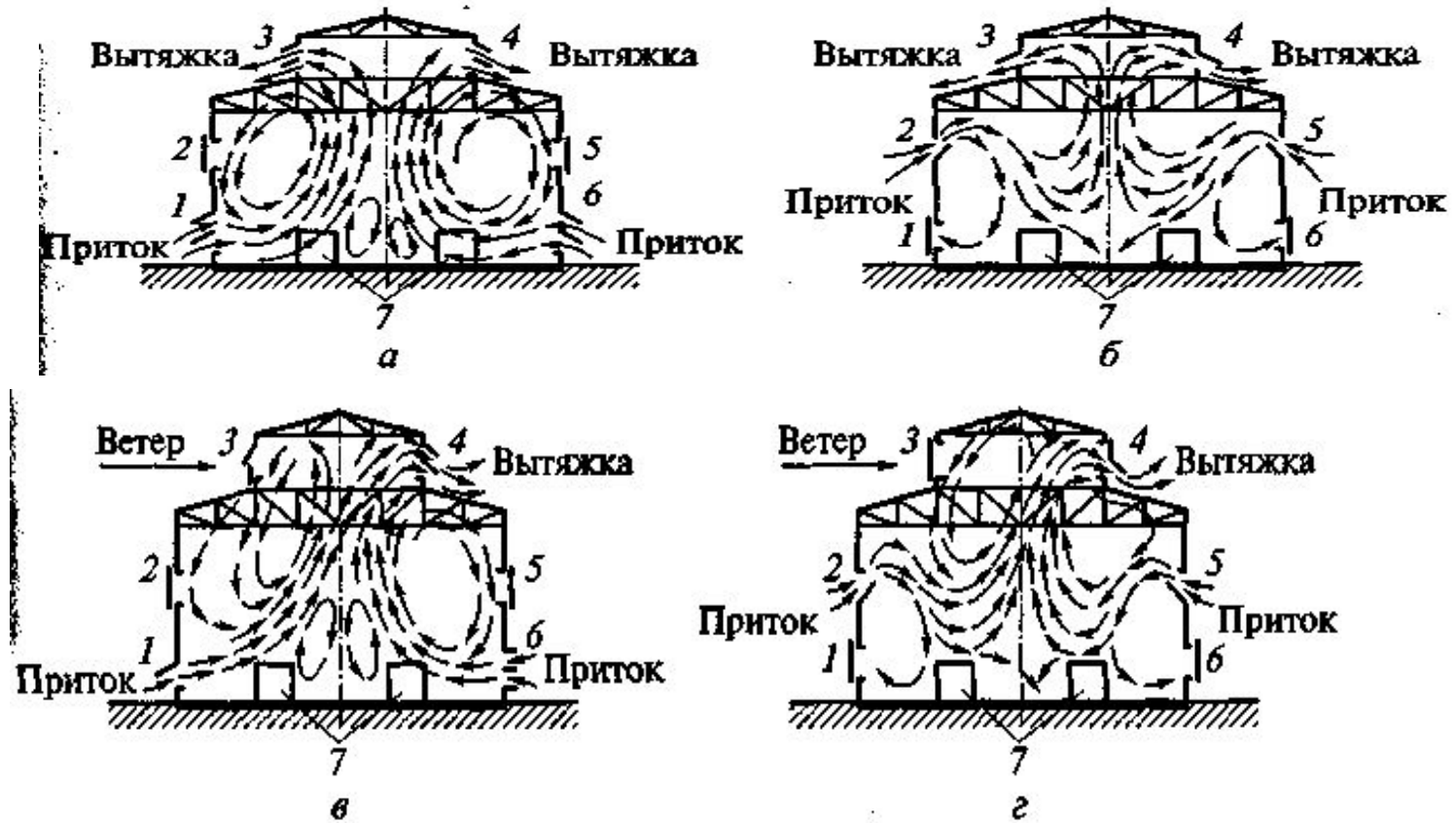


$$P_e = (\rho_n - \rho_{вн}) / h g$$

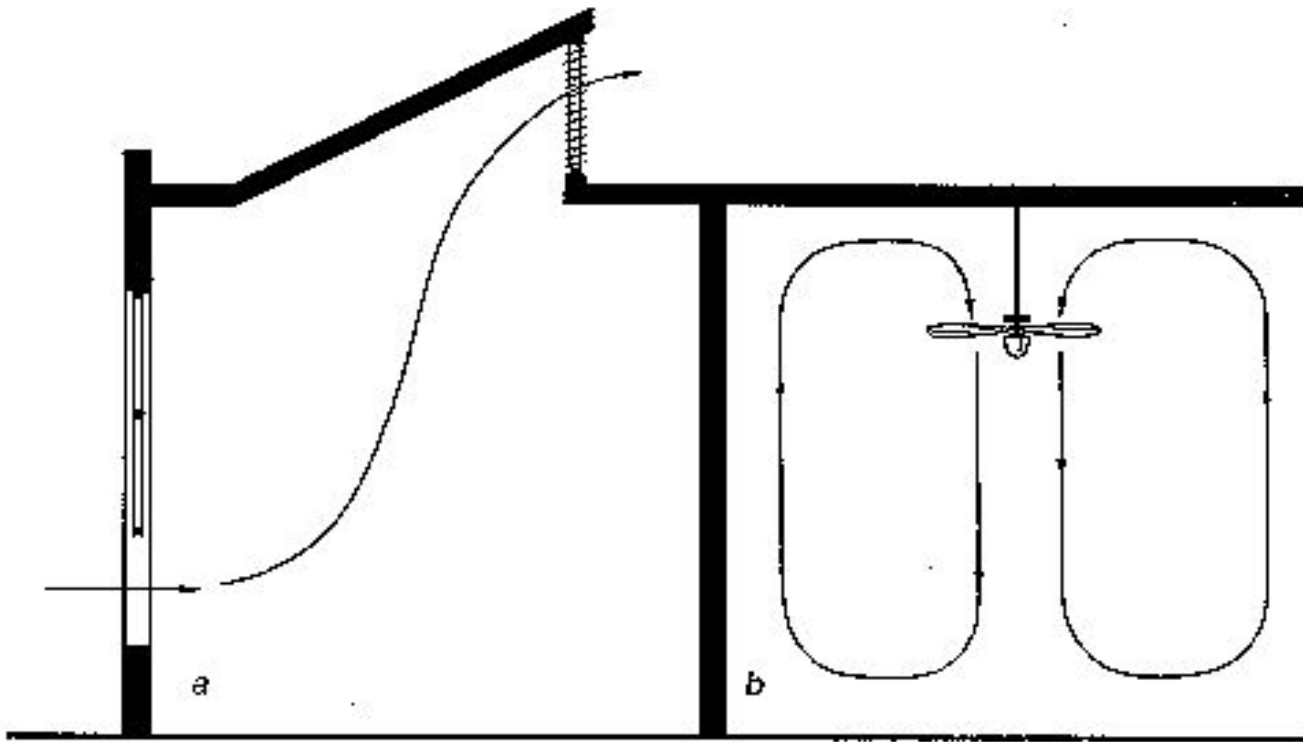
где  $\rho_n$  — плотность наружного воздуха,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho_{вн}$  — плотность воздуха помещения,  $\text{кг/м}^3$ ;  $h$  — расстояние по вертикали от центра приточного проема до центра вытяжного, м;  $g$  — ускорение свободного падения, равное  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

- Ниже плоскости равных давлений существует разрежение, что обуславливает приток наружного воздуха, а выше — некоторое избыточное давление, за счет которого нагретый воздух удаляется наружу.

# Аэрация



# Аэрация



а–вентиляция

б– циркуляция воздуха

# Аэрация

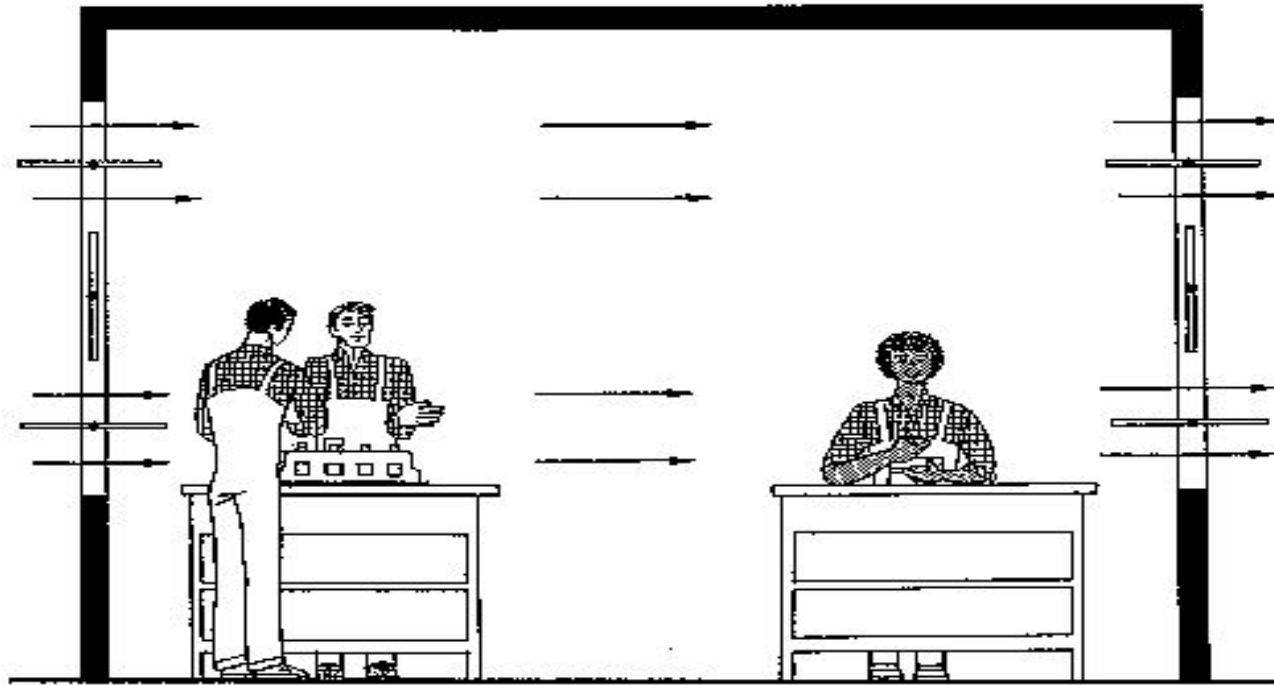


Рис. 1.1.1

Естественная вентиляция с помощью регулируемых отверстий (проемов) в противоположных сторонах помещения.

# По назначению вентиляционные системы

- подразделяются:
- приточные;
  - вытяжные;
  - приточно-вытяжные;
  - аварийные;
  - местные (приточные и вытяжные);
  - противодымные;
  - аспирационные;
  - пневмотранспорт.

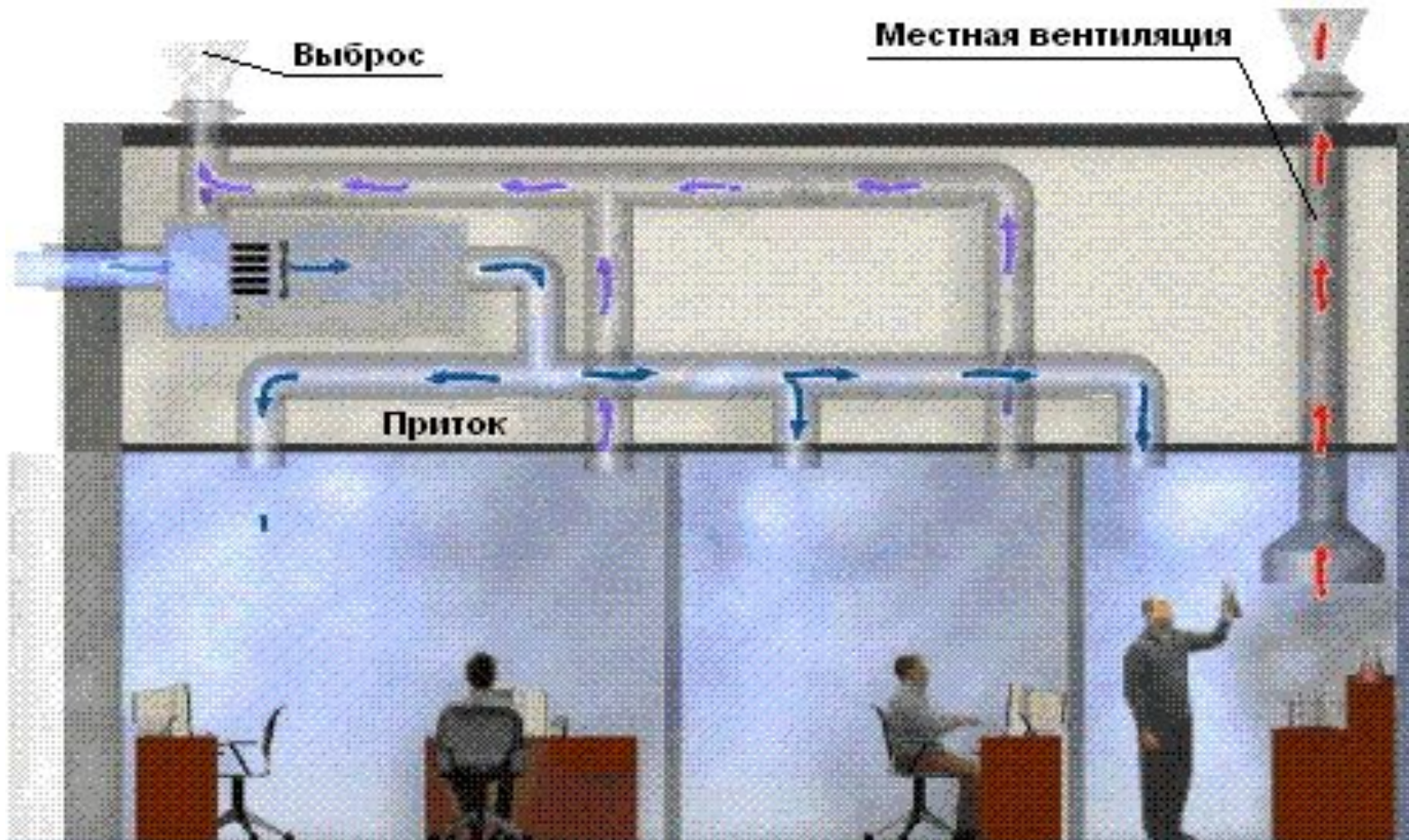
# Виды вентиляции

Общеобменная вентиляция

Выброс

Местная вентиляция

Приток



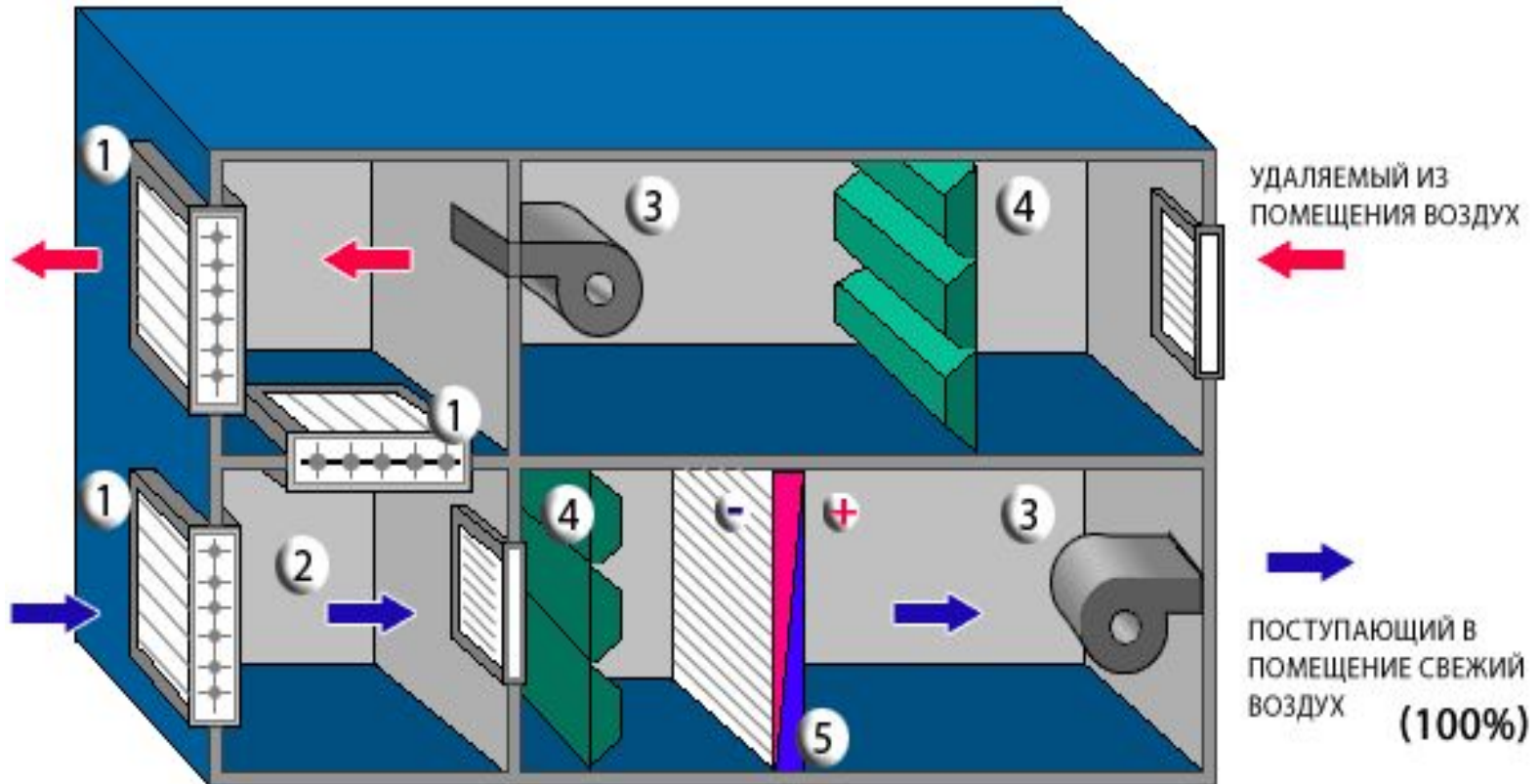
# Местная вытяжная





# Приточно-вытяжная

ВЕНТИЛЯЦИЯ



Вентиляция с притоком и вытяжкой одинакового количества воздуха

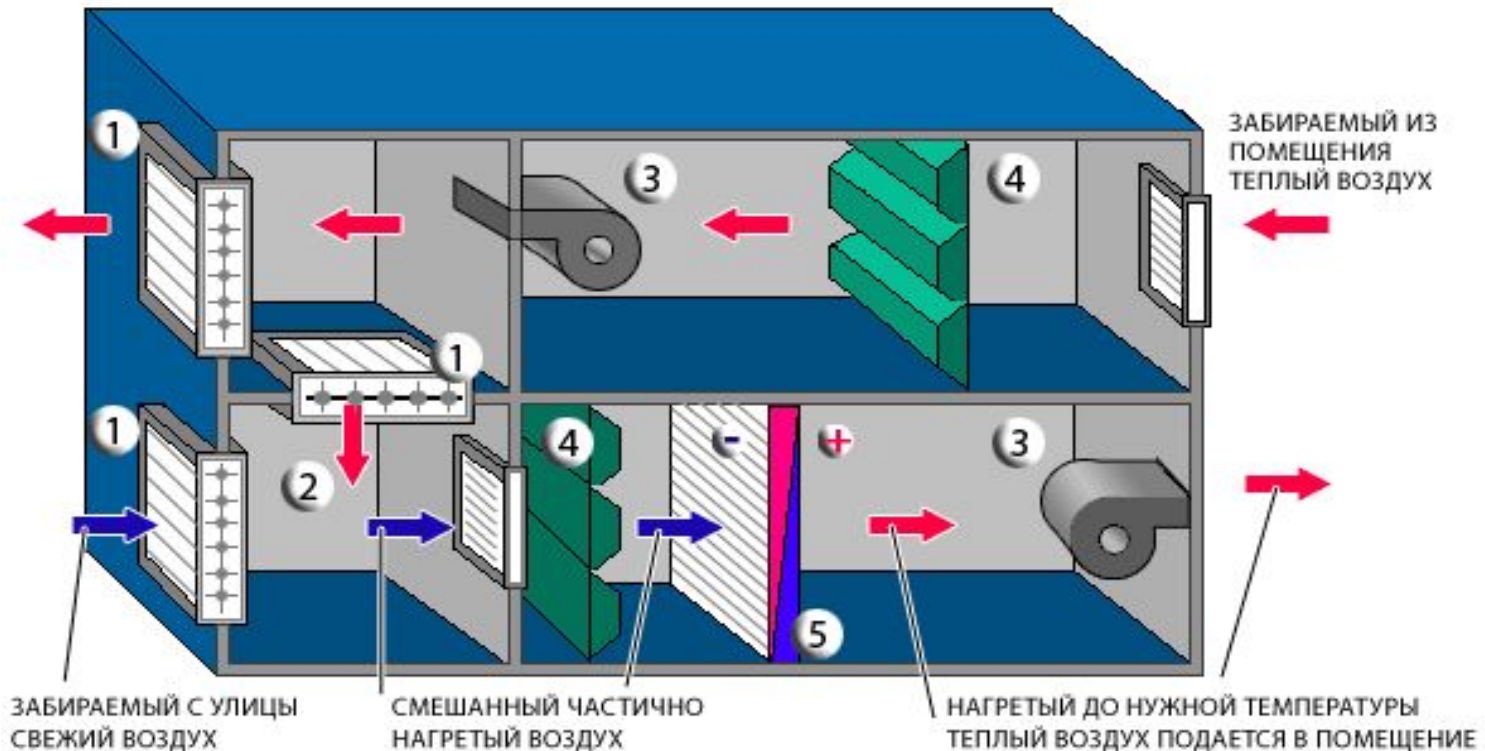


# *Приточно-вытяжная* **ВЕНТИЛЯЦИЯ**



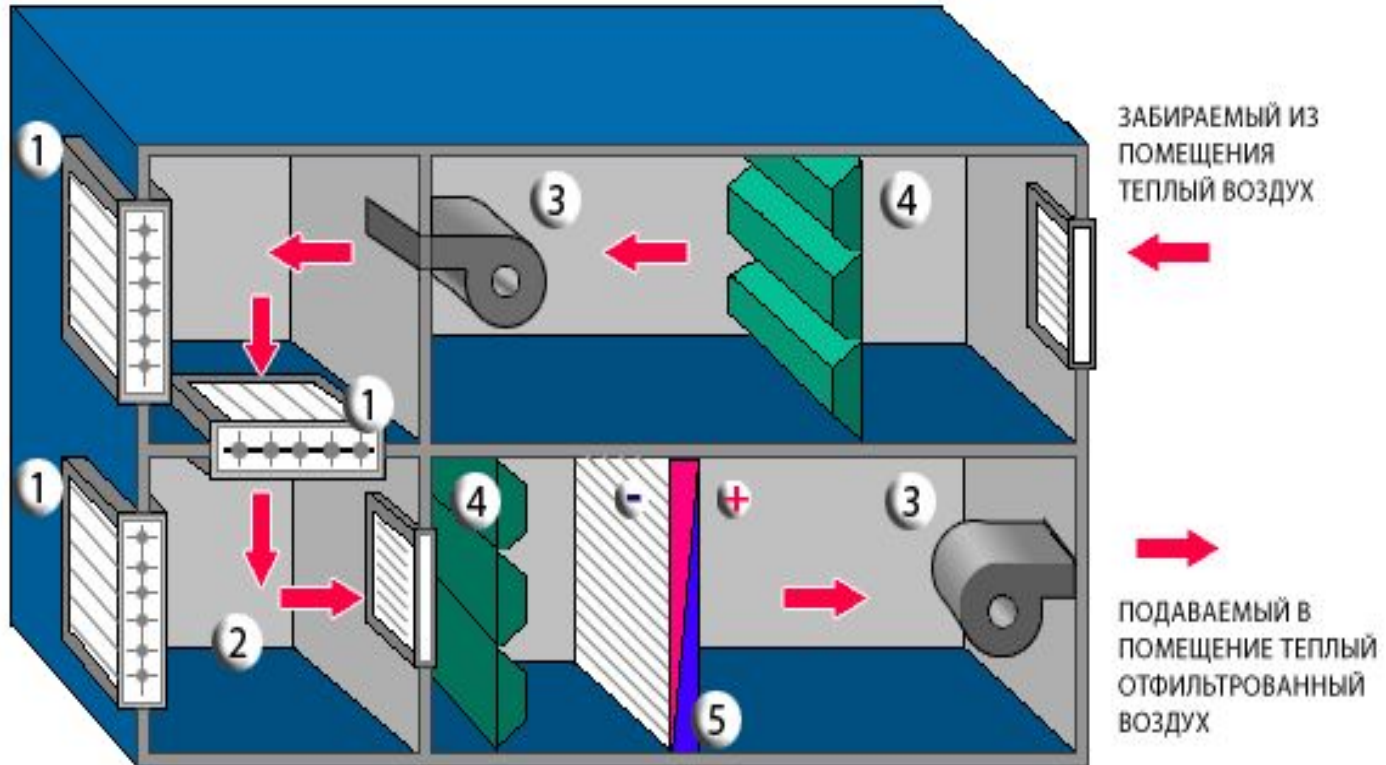
При необходимости организации вентиляции всего помещения или рабочей зоны, когда неэкономично улавливать вредные вещества, распространяющиеся по всему помещению (литейные цехи, сварочные с непостоянными местами сварки), устраивают **общеобменную вентиляцию**.

# Приточно-рециркуляционная вентиляция



Воздух подается с частичным забором наружного воздуха и частичным подмешиванием воздуха из помещения

# Вентиляция с полной рециркуляцией

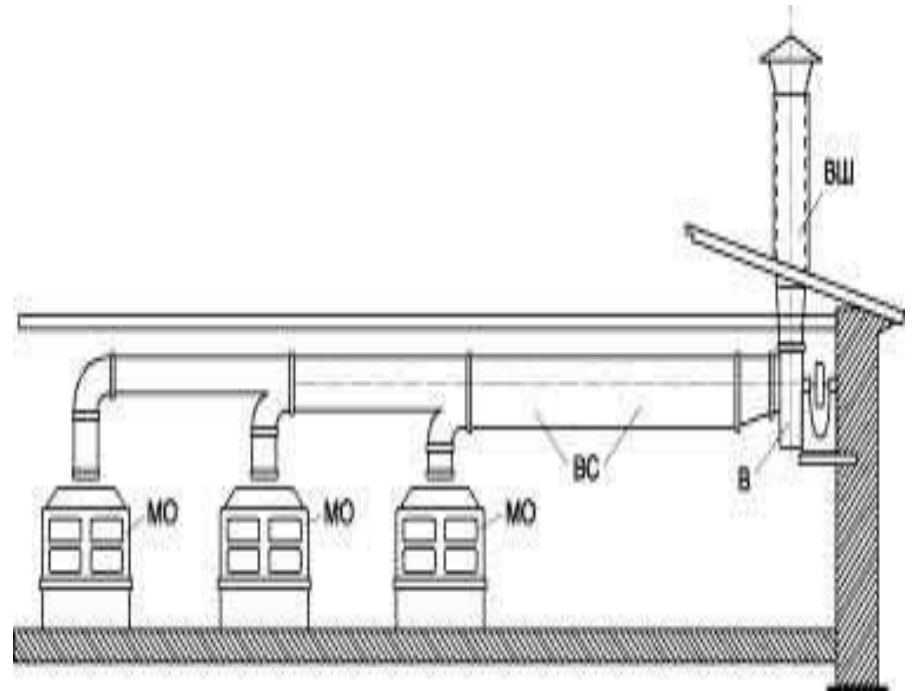


Весь забираемый из помещений воздух фильтруется и подается обратно в помещения

# Приточные установки можно разделить:

1. До 200-3000 м<sup>3</sup>/ч - миниприточные установки;  
более 3000 м<sup>3</sup>/ч - центральные приточные установки;
2. По типу нагревателя:
  - с электрическим калорифером;
  - с водяным калорифером;
  - по расходу воздуха:
3. По конструктивному исполнению:
  - для вертикального монтажа;
  - для горизонтального монтажа;
  - универсальные.

# Местная вентиляция



Удаление загрязненного воздуха непосредственно от источников вредных выделений или подачи воздуха в определенную часть помещения или к рабочим местам называется **местной вентиляцией**.

# Местная вентиляция



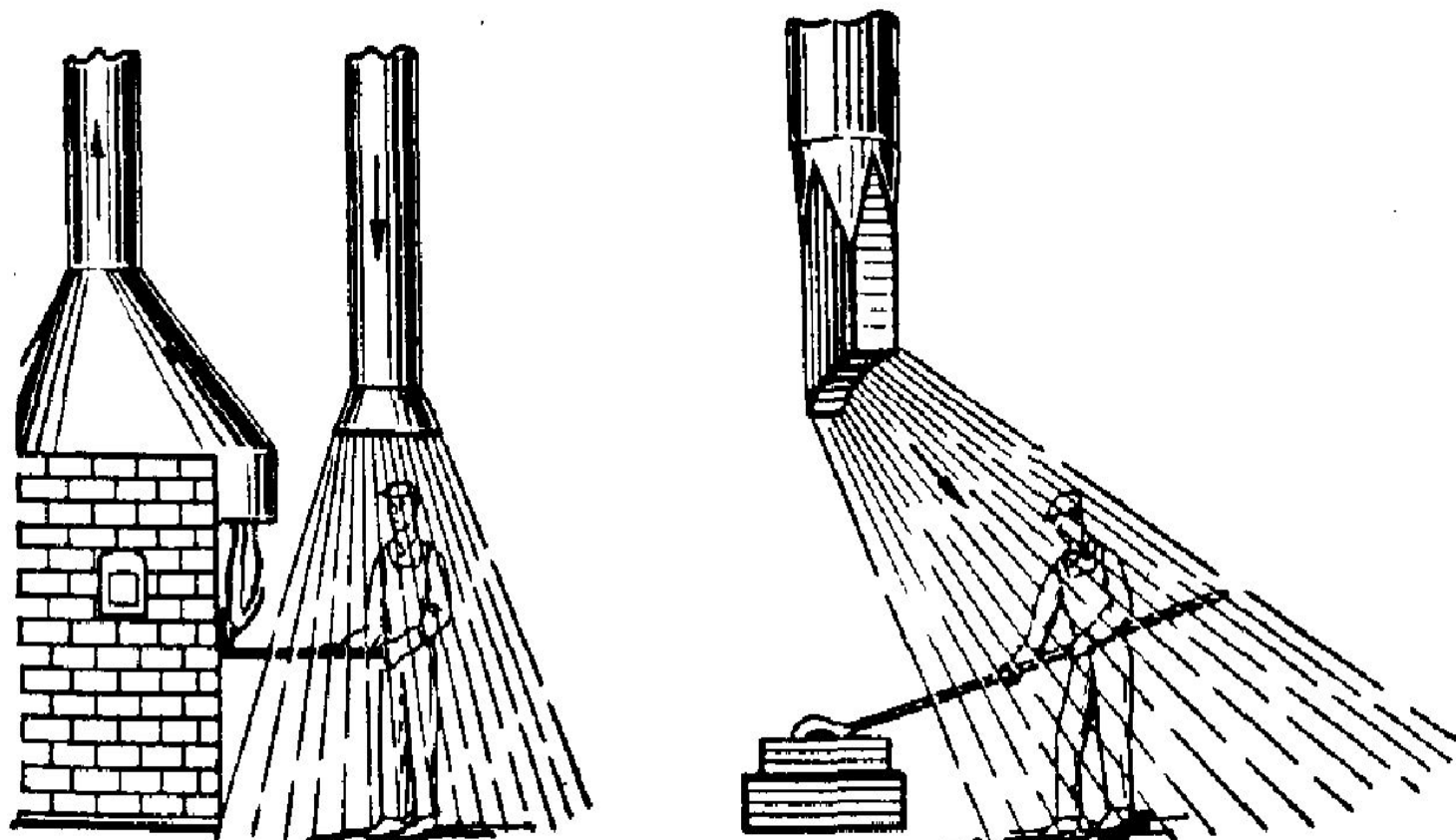


# Местная вентиляция





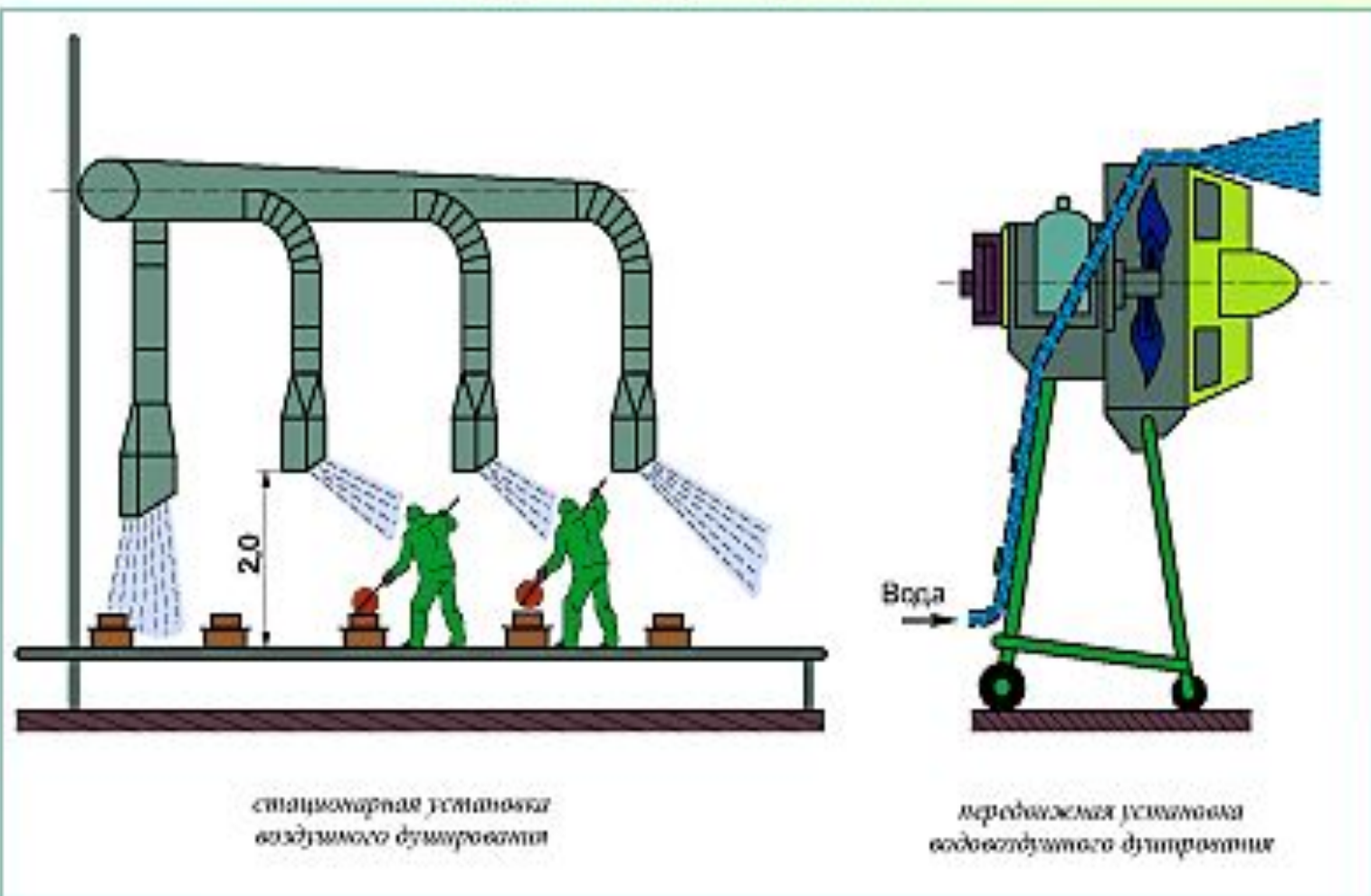
# ВОЗДУШНЫЙ ДУШ



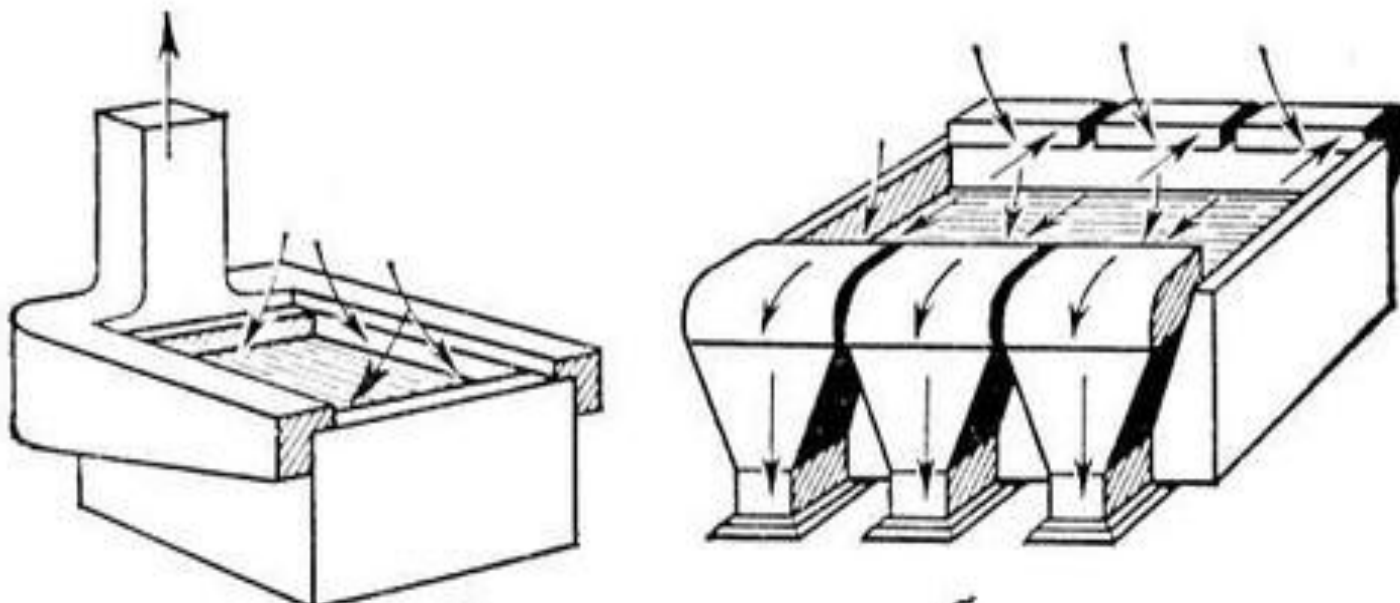
## III. Воздух рабочей зоны

✓ Средства защиты

## Воздушное душирование

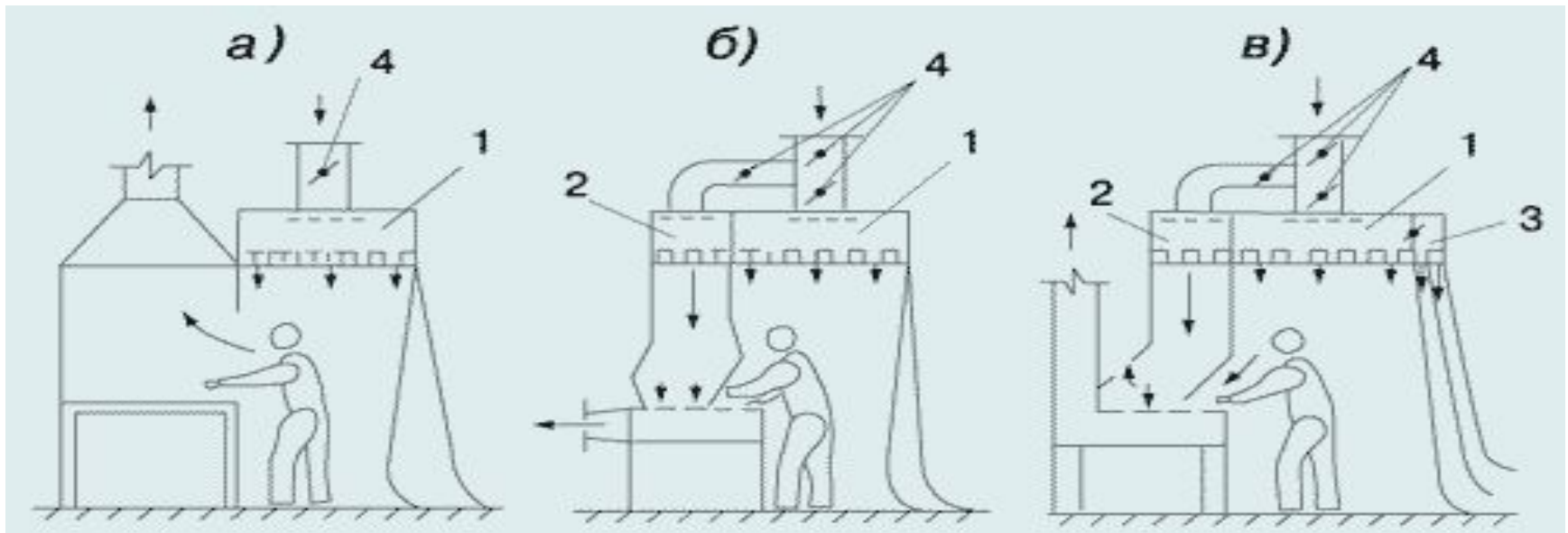


# Бортовые отсосы



Варианты устройства бортовых отсосов

# Местная приточно-вытяжная вентиляция



а - БВВ без завес с вытяжным шкафом;

б - БВВ с фронтальной завесой и отсосом через перфориро-ванную столешницу стола;

в - БВВ с фронтальной и боковыми завесами, боковым отсосом и отсосом через перфорированную столешницу стола.

# Аварийная вентиляция

Служит для быстрого удаления из помещения при аварии токсичных веществ или взрывоопасной смеси газов и воздуха

# ПРОТИВОДЫМНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

Задача противодымной вентиляции состоит в том, чтобы удалить из здания продукты сгорания для безопасной эвакуации персонала.

Европейские нормы и правила организации вентиляции дымоудаления

Возникновение пожара и его распространение возможно при наличии:

- Горючего материала;
- Источника воспламенения достаточной мощности
- Окислителя.

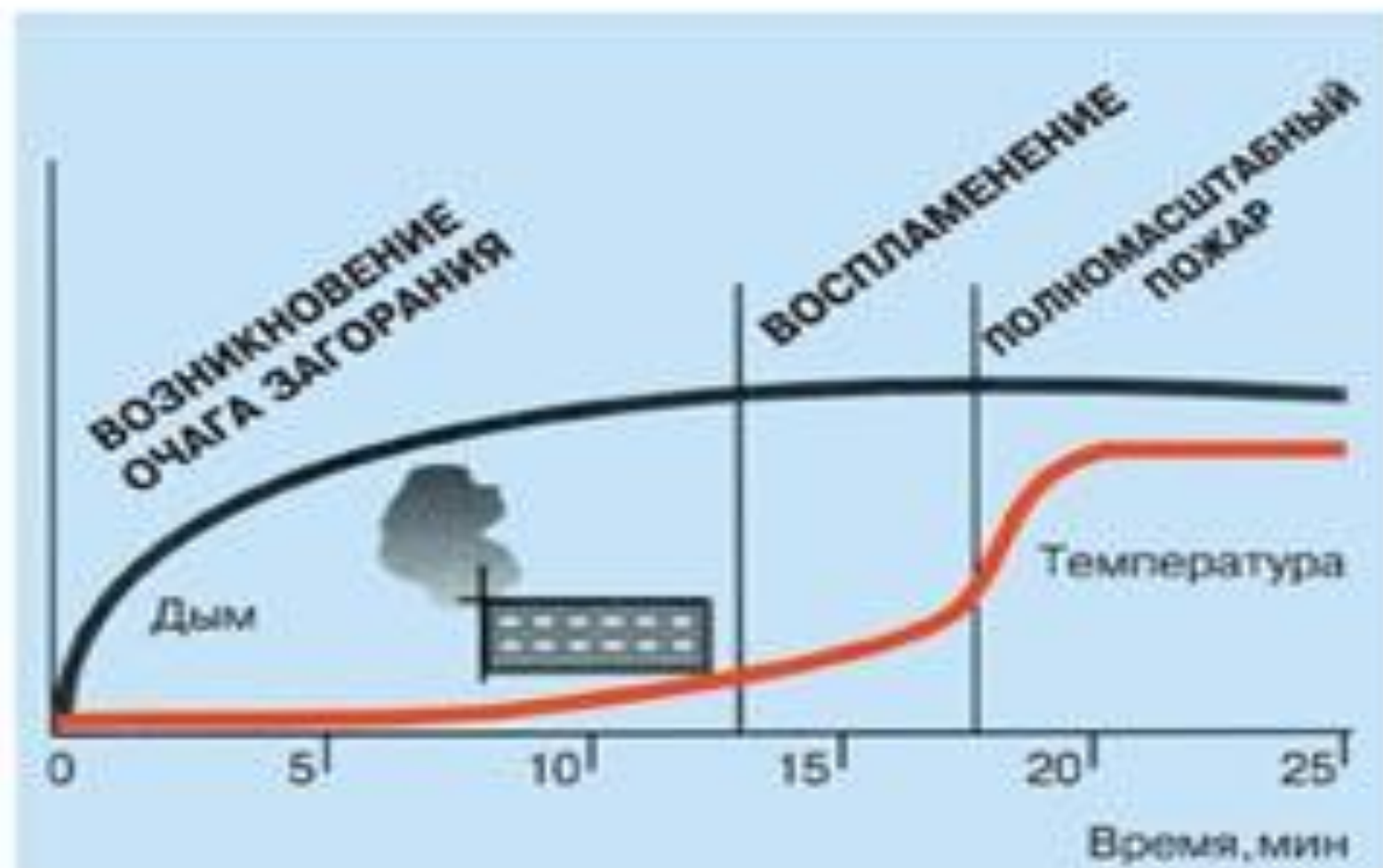


Развитие пожара можно разделить на следующие фазы:

- Фаза возгорания;
- Последующая фаза тления;
- Воспламенение (резкий переход от тления к активному горению в зоне возгорания);
- Фаза перехода к полномасштабному пожару;
- Завершающая фаза остывания



# ДЫМООБРАЗОВАНИЕ И РОСТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ОТСУТСТВИИ ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ



# Пожар

При горении образуются значительные количества продуктов сгорания (окислов), дыма и тепловой энергии, которые скапливаются под крышей здания и распространяются как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

# Динамика скопления дыма





# Цели противопожарной защиты



# Этапы расчета:

- **Определение тепловой нагрузки** при пожаре в рассматриваемом помещении и расчетной тепловой нагрузки;
- **Определение требуемой кратности воздухообмена;**
- **Определение температуры газообразных продуктов сгорания.** Если полученная температура более чем на 5 % превышает максимально допустимую для вентилятора, можно увеличить кратность теплообмена или обеспечить подмешивание холодного воздуха через обводную линию;
- **Определение подсоса воздуха через неплотности и требуемого общего расхода.**
- **Определение суммарных потерь давления в системе;**
- **Выбор вентилятора.**

# Меры повышения надежности

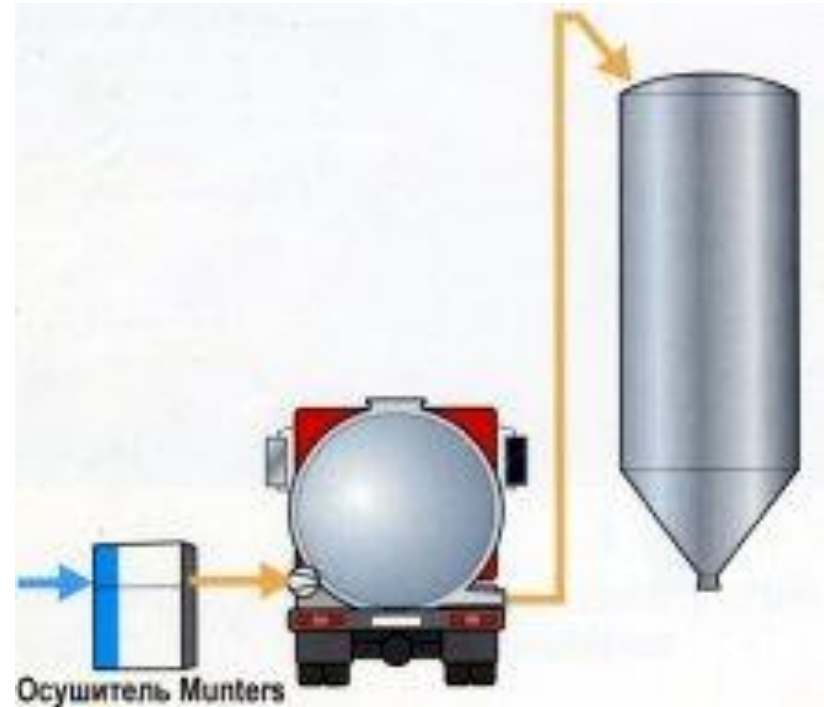
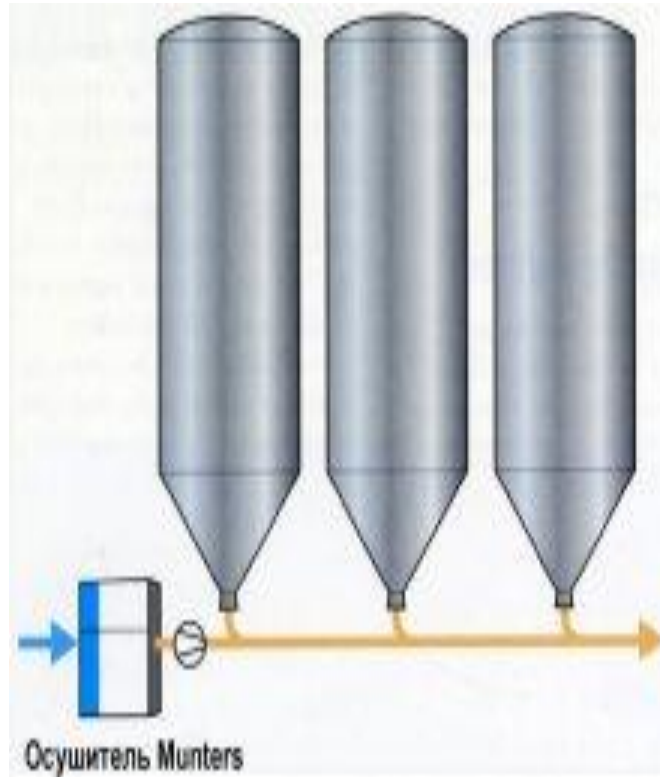
- 1. Поглощение или отвод теплоты (при высокой температуре) на месте установки вентилятора;
- 2) Подбор параметров передаточных элементов привода в соответствии с ожидаемой высокой температурой в помещении, где установлен вентилятор;
- 3) Обеспечение подвода электроэнергии от источника питания до вентилятора, т.е. защита электропроводки путем прокладки ее вне помещения, при возможности — в защитной трубке на кронштейнах.
- 4) Установка распределительного шкафа для дымового вентилятора вне пожароопасных или нетермостойких помещений. Распределительные шкафы не должны монтироваться на стенах пожароопасных помещений ни внутри, ни снаружи.
- 5) Кроме того, не следует устанавливать выключатели дымовых вентиляторов, чтобы предотвратить их несанкционированное выключение;

# Трубопроводный транспорт

Трубопроводный транспорт широко используется для транспортирования сыпучих или пылевидных грузов в смеси с жидкостью (***пульпопроводы***) или газом (***пневмотранспорт***).

Достаточно широко известно использование трубопроводного транспорта для перемещения различных грузов в специальных капсулах (пневмопочта).

# Пневмотранспорт с осушкой воздуха



Гигроскопичные материалы и порошки, поглощая влагу, начинают слипаться и налипать на внутренние поверхности пневмопроводов.

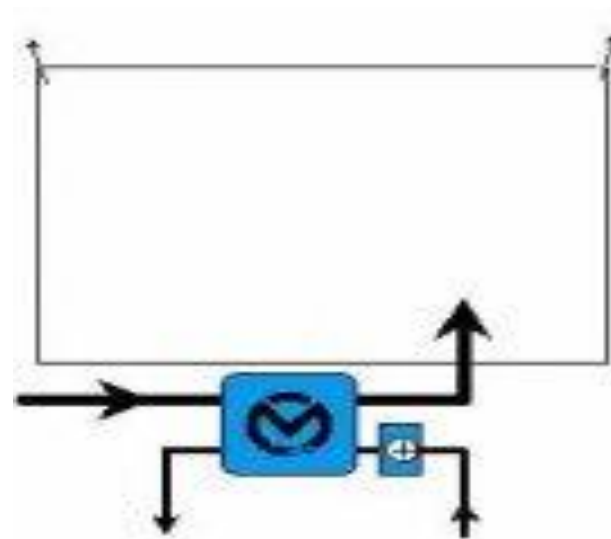


# Схемы решений



## 1. Закрытая система

(рециркуляция воздуха) является оптимальным решением для большинства задач, связанных с осушкой воздуха.



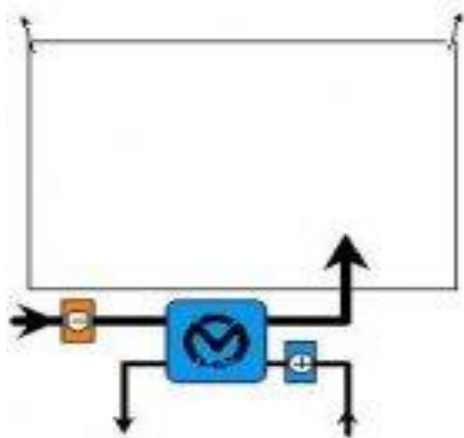
## 2. Открытая система

(осушение наружного воздуха и подача его в помещение) используется тогда, когда невозможно применение закрытой системы.

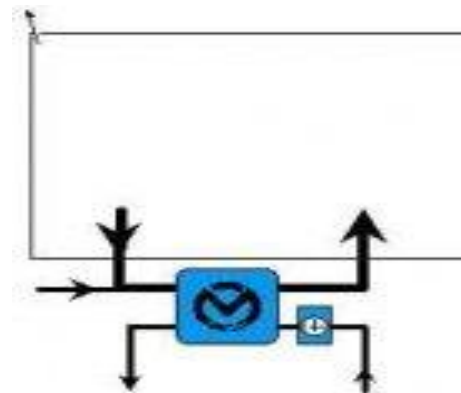
Необходимость в открытой системе может быть продиктована следующими обстоятельствами:

1. Повышенной запыленностью помещения
2. Наличием вредных газов/паров в помещении
3. Необходимостью обеспечения подпора воздуха в помещении
4. Трудностями с обеспечением рециркуляции воздуха
5. Запретом на смешивание воздуха рециркуляции

# Схемы решений



**3. Открытая система с предварительным охлаждением воздуха.** Часто оптимальное решение заключается в комбинировании двух методов осушки воздуха - конденсационного и адсорбционного.



**4. Закрытая система с подмешиванием наружного воздуха** применяется при необходимости вентиляции помещения и/или для создания избыточного давления (подпора).

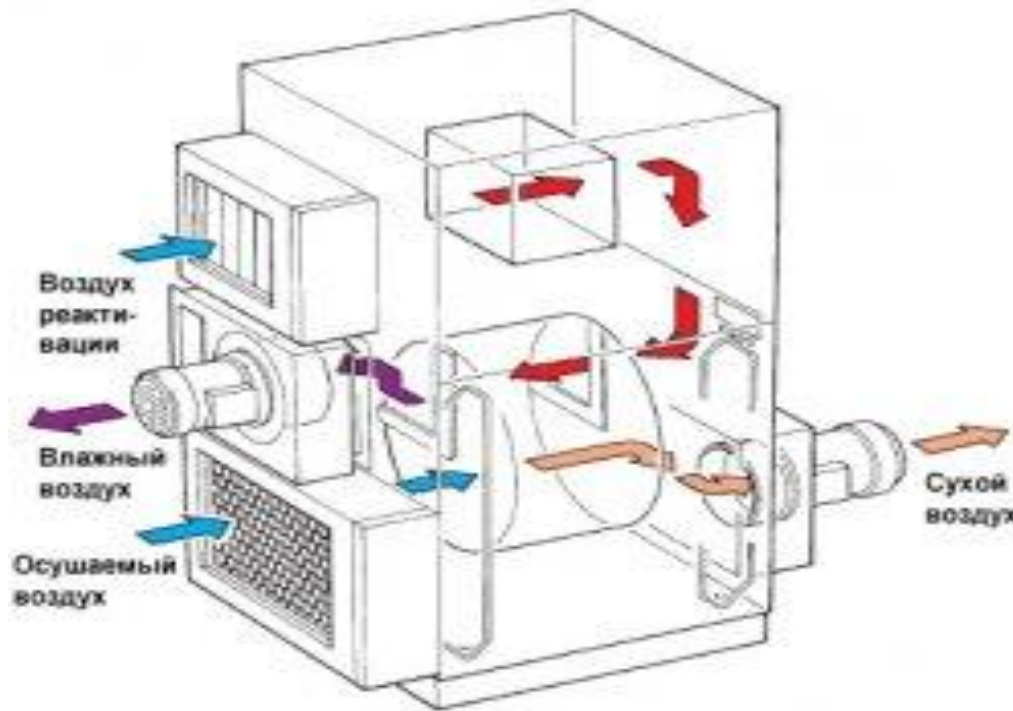
# Принцип работы осушителей Munters



Главным элементом осушителей Munters является ротор, имеющий сотовую структуру, благодаря чему достигается большая площадь контакта поверхности с воздухом. Материал ротора обработан особым составом, например, на основе силикагеля. Ожидаемый срок эксплуатации ротора составляет 15 лет.

В отличие от осушителей конденсационного (рефрижераторного) типа, адсорбционные осушители работают при любых температурах и уровнях влажности воздуха. Такие осушители, при необходимости, могут обеспечивать воздух с точкой росы  $-50^{\circ}\text{C}$  и ниже.

# Схема осушителя Мунтера



# Системы *пневмотранспорта*

Системы пневмотранспорта, предназначенные для транспортирования сыпучих материалов, бывают:

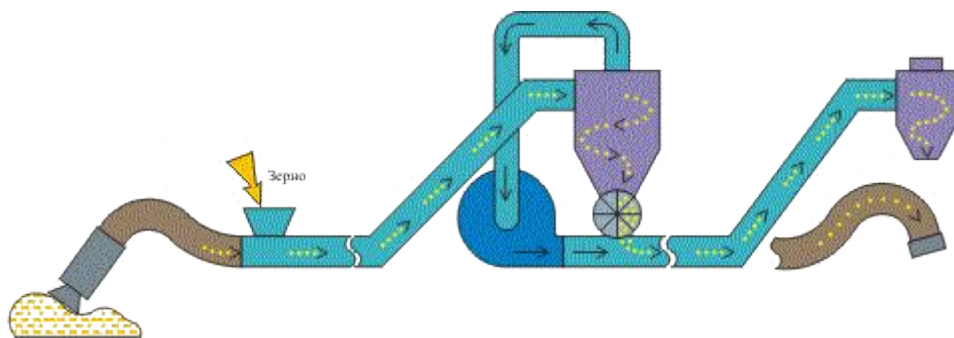
- нагнетательными,
- всасывающими
- нагнетательно-всасывающими.

# Напорные установки ТПН



Из бункера материал через шлюзовой затвор поступает в материалопровод где подхватывается потоком воздуха, нагнетаемого вентилятором, и транспортируется к месту выгрузки.

# Всасывающе-напорные установки ТПВН



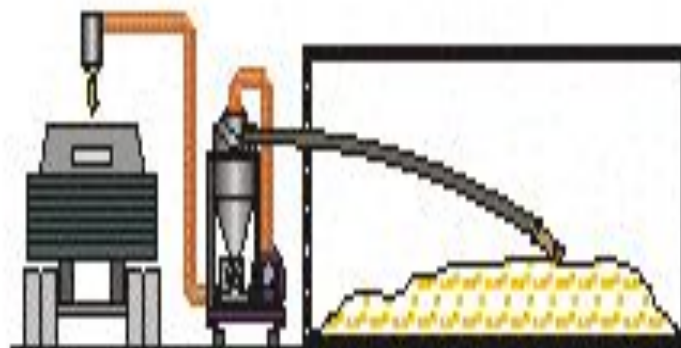
С всасывающей стороны смесь воздуха с материалом подается в циклон. В циклоне сыпучий материал отделяется и через шлюзовой затвор поступает в эжектор, где подхватывается воздухом нагнетающей части системы и по зернопроводу, состоящему из гибких и жестких участков, поступает к месту выгрузки.



# Примеры использования



Транспортировка  
зерна  
из вагонов на суда.



Транспортировка зерна из  
зернохранилища в машину.

# ***Аспирация***

Для удаления и отсоса пыли, образующейся в производственных процессах, устраивают систему вентиляции, называемую ***аспирацией***.

Аспирация подразделяется на индивидуальную, когда каждый станок или рабочее место имеет отдельную аспирационную установку, и центральную, когда установка обслуживает группу станков или рабочих мест.

# Аспирация



# Аспирация





# *Аспирация*



# Аспирация



ПЫЛЕОТСОС ОДНОМЕСТНЫЙ РО – 1

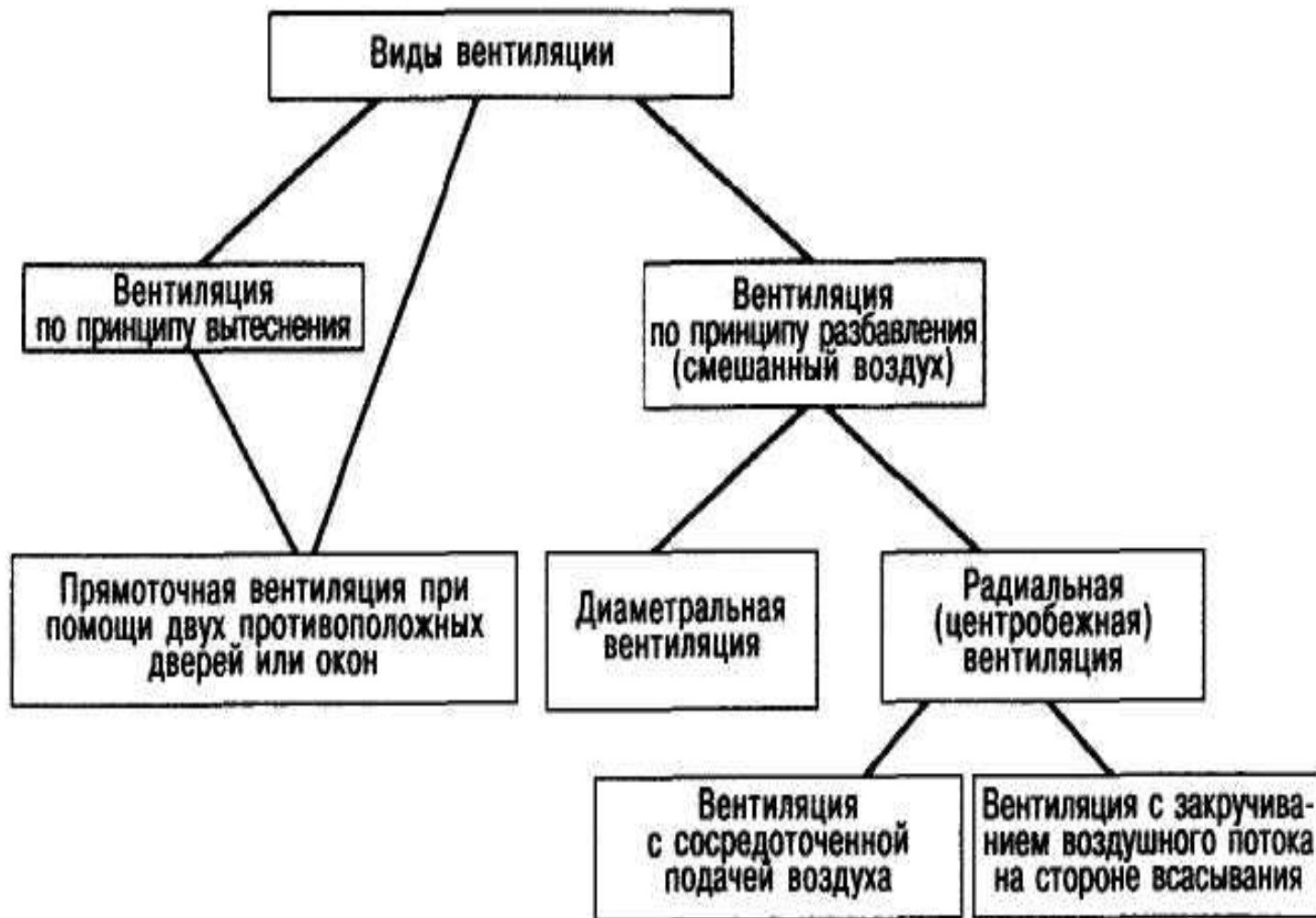


ПЫЛЕОТСОС ШЕСТИМЕСТНЫЙ РО - 6

# Аспирация

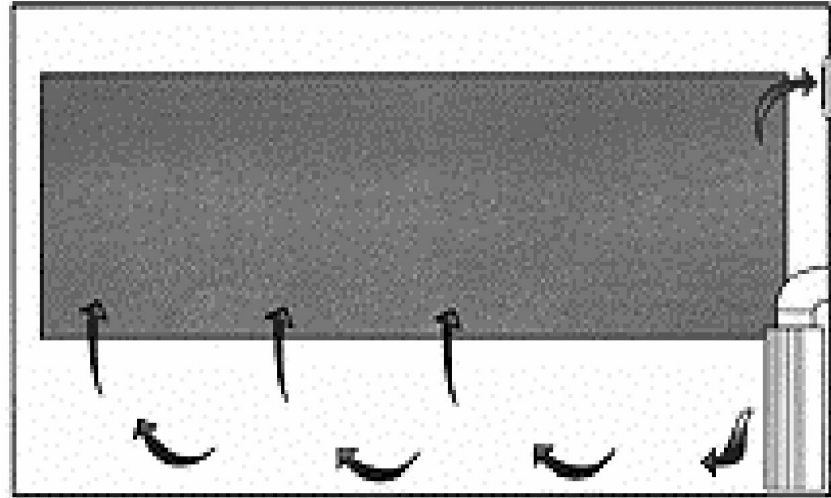


# Виды вентиляции



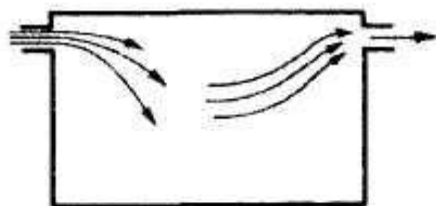


# Вентиляция вытеснением

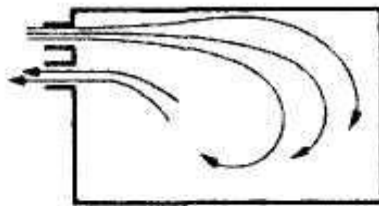


Заключается в использовании естественных конвективных потоков, восходящих от тепловых источников в помещении. Чистый, слегка прохладный воздух подается в нижнюю зону помещения с малой скоростью и затопливает рабочую зону, вытесняя нагретый загрязненный воздух в верхнюю зону, в результате чего взвешенные в воздухе вредности благополучно покидают вентилируемые помещения через вытяжные устройства

# Возможные способы подачи воздуха в помещения



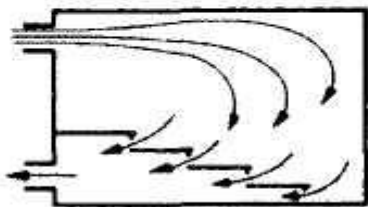
Прямоточная вентиляция с противоположных сторон



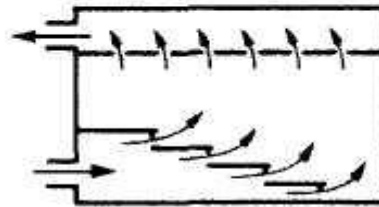
Вентиляция с сосредоточенной подачей воздуха



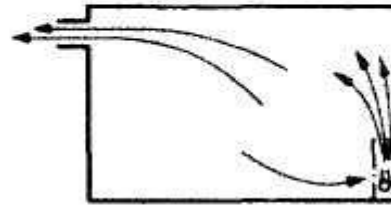
Подача свежего воздуха через перфорированный потолок



Ступенчатый отвод отработавшего воздуха, например в лекционном зале



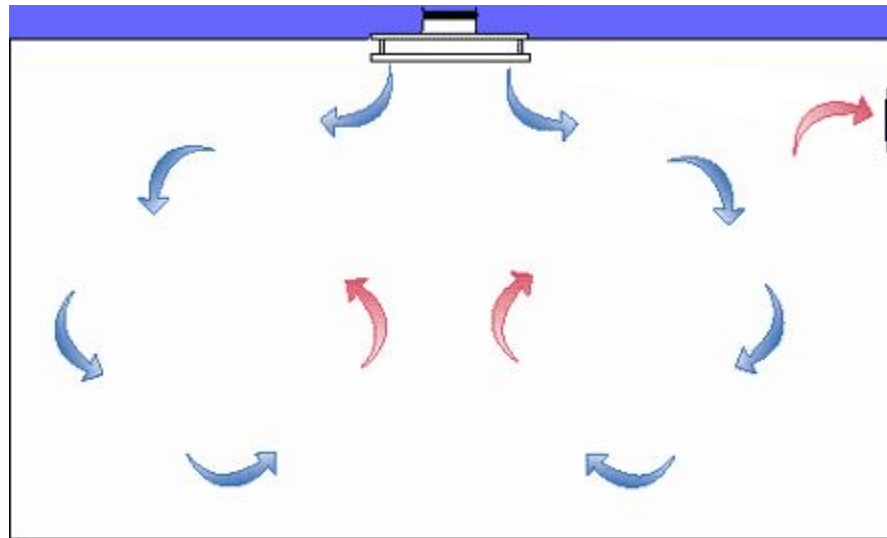
Подача воздуха через ступени, отвод - через перфорированный потолок



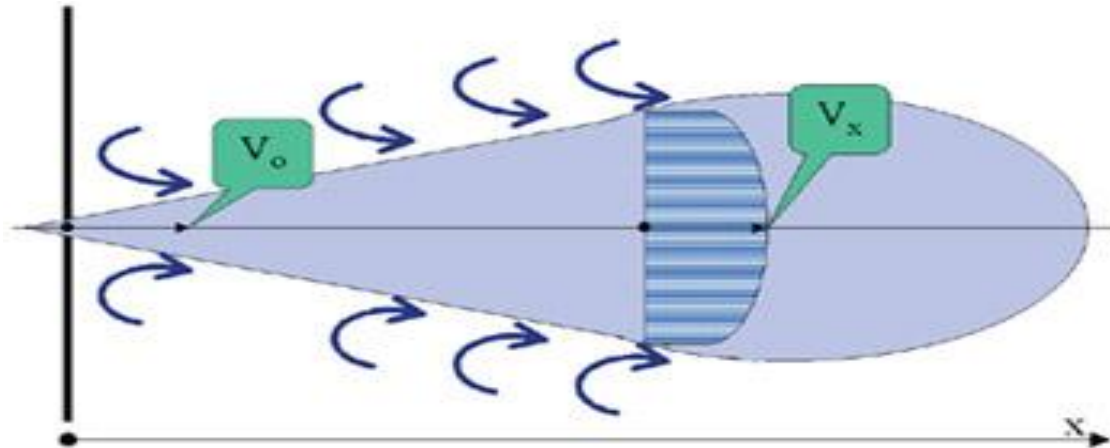
Подача свежего воздуха через окно посредством эжекционного доводчика

# Вентиляция методом разбавления

Вентиляция методом разбавления (или общеобменная приточная вентиляция или вентиляция сосредоточенной подачей струй) предполагает подачу в помещение одной или нескольких воздушных струй вне рабочей зоны.



# Вентиляция методом разбавления



Движение воздуха, созданное струей, приводит к быстрому распространению приточного воздуха по всему помещению, что обеспечивает:

- происходит разбавление вредных выделений приточным воздухом;
- вредные выделения равномерно распределяются по всему помещению;
- распределение температуры оказывается сравнительно равномерным по всему помещению.

# Вентиляция методом разбавления

С позиции аэродинамики этот вид вентиляции делится на варианты:

1. Изотермические свободные струи воздуха.
2. Неизотермическая струя воздуха.

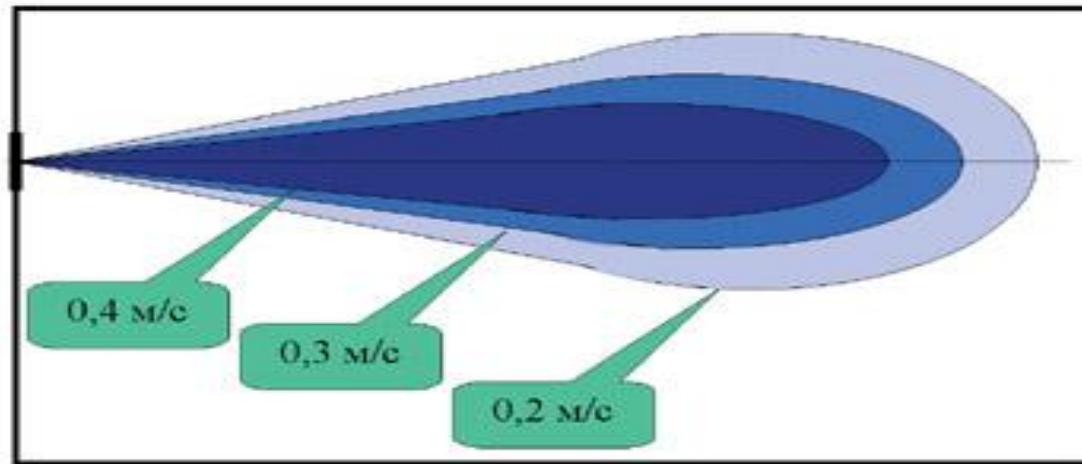
# Изотермические свободные струи воздуха

Рассматриваются и рассчитываются следующие показатели:

- 1.1 Угол расширения струи
- 1.2 Эффект Коанды.
- 1.3 Дальнобойность воздушной струи.
- 1.4 Максимальная длина струи

# 1.1 Угол расширения струи

Воздушная струя, образованная воздухом с комнатной температурой, поступающим в помещение через отверстие, называется свободной изотермической струей.



Воздушная струя фактически состоит из пяти зон, каждая из которых имеет свои характеристики потока.

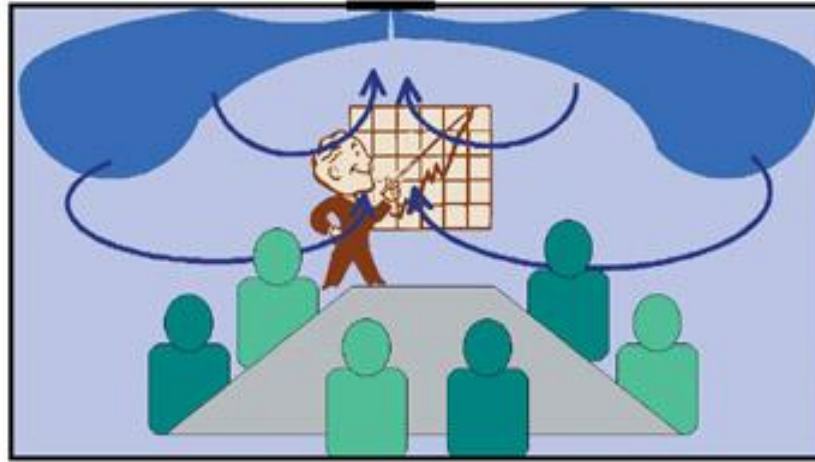
# 1.1 Угол расширения струи



На угол расширения струи влияет форма и количество отверстий, а также геометрия помещения. Угол расширения можно искусственно увеличить с помощью насадки с лопатками или другого воздухораспределителя, однако на сравнительно коротком расстоянии от отверстия воздушный поток все равно превращается в струи указанного выше типа с углом расширения  $20^{\circ}$ – $24^{\circ}$ .



# Эффект Коанды



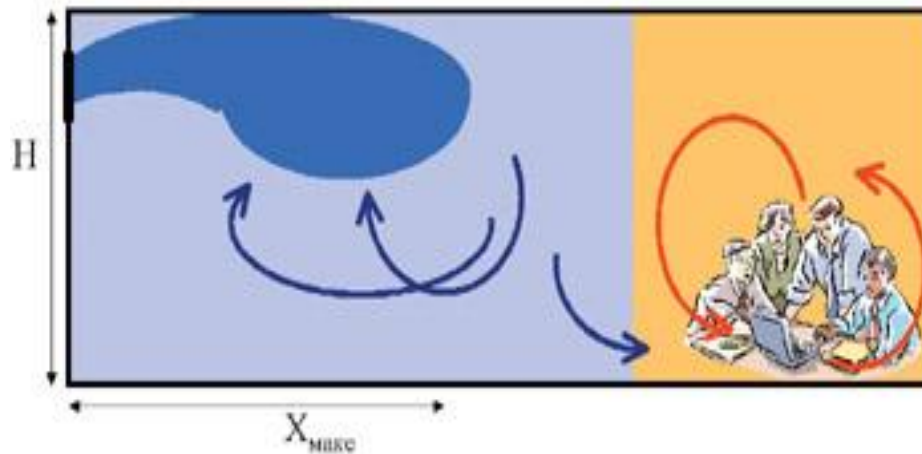
Если приточное отверстие расположено рядом с поверхностью ограждения, струя настиляется на эту поверхность.

Такие струи называются настиляющимися или полуограниченными. Эффект Коанды можно использовать для подачи холодного воздуха в помещение вдоль потолка, откуда приточный воздух затем опускается в рабочую зону.

# Дальнобойность воздушной струи

В каталогах на воздухораспределители часто указывается длина приточной струи. Это расстояние до той точки воздушного потока, где осевая скорость струи уменьшается до оговоренного значения. Как правило, в качестве такой характеристики используется величина  $X_{0,2}$ , т.е. расстояние до точки, где осевая скорость струи падает до значения 0,2 м/с.

# Максимальная длина струи

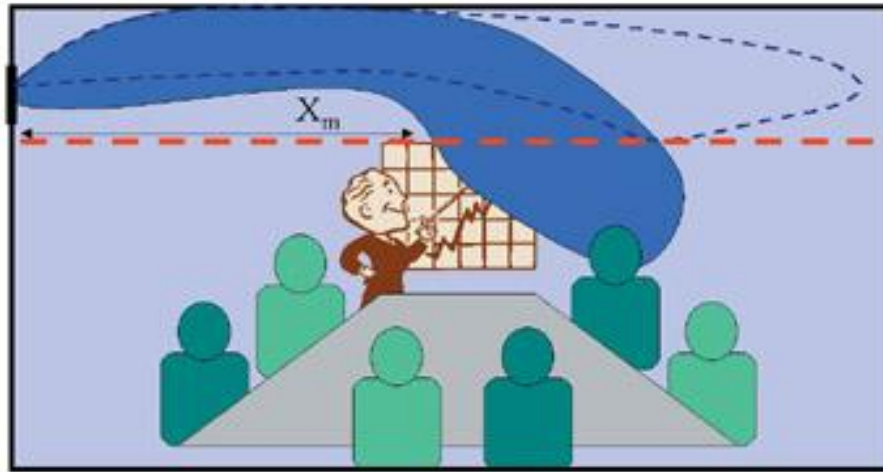


Важную роль играет форма помещения. Если поперечное сечение струи достигает 40% от поперечного сечения помещения, эжекция внутреннего воздуха прекращается. Это означает, что поток не проникает на всю глубину помещения. Он разворачивается, и в виде обратного потока уходит туда, где воздух подсасывается приточной струей. При этом увеличение начальной скорости струи не помогает увеличить ее длину (и глубину проникновения потока), а приводит только к возрастанию скорости движения воздуха в приточной струе и в помещении.

# Неизотермическая струя

## воздуха

Точка отрыва



При неизотермических условиях характер процесса усложняется, так как температурные воздействия на струю отклоняют ее вниз

# Неизотермическая струя воздуха

При подаче в помещение холодного воздуха очень выгодно использовать эффект Коанды:

- Она лучше смешивается с внутренним воздухом;
- Подъем температуры происходит раньше, чем поток достигает рабочей зоны.
- Настилающаяся струя не так быстро тонет в окружающем теплом воздухе и глубже проникает в помещение;



При подаче холодного воздуха вдоль потолка очень важно обеспечить достаточно высокую начальную скорость, иначе струя не будет настилаться. В любом случае, на определенном расстоянии от приточного отверстия поток отрывается от потолка и опускается вниз.

# Неизотермическая струя воздуха

Очевидно, что если отрыв произойдет слишком быстро, струя может попасть в рабочую зону. Если отрыв произойдет раньше, то высокая скорость струи и разность температур приведут к возникновению сквозняков.

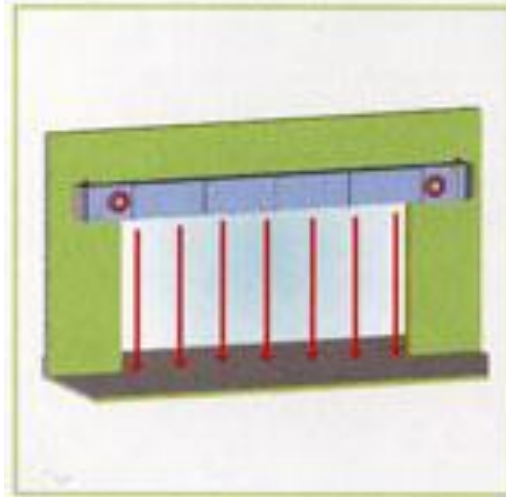
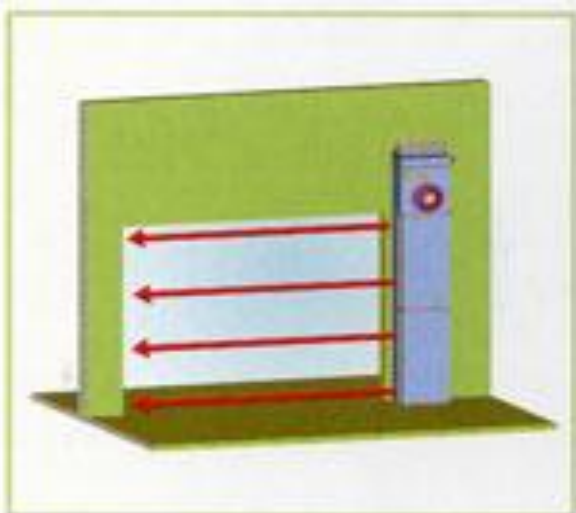


# Воздушные и воздушно-тепловые завесы

Во избежание попадания в холодное время года; наружного воздуха внутрь помещения через ворота или дверные проемы в промышленных и гражданских зданиях устраивают **воздушные и воздушно-тепловые завесы**, в которых наружный воздух, прежде чем попасть в помещение, подогревается.

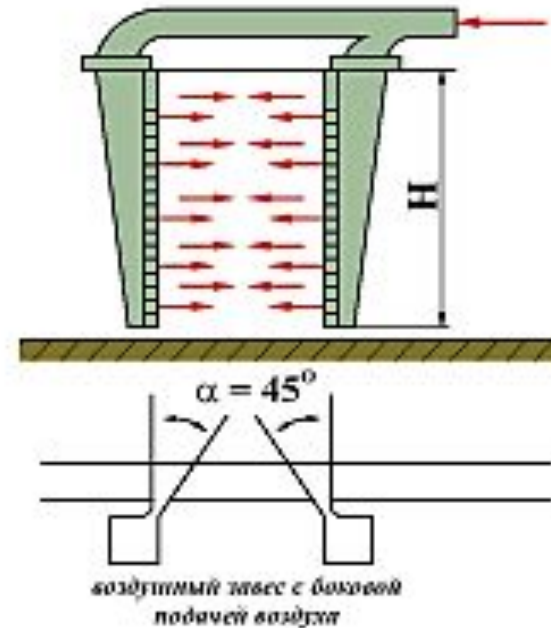
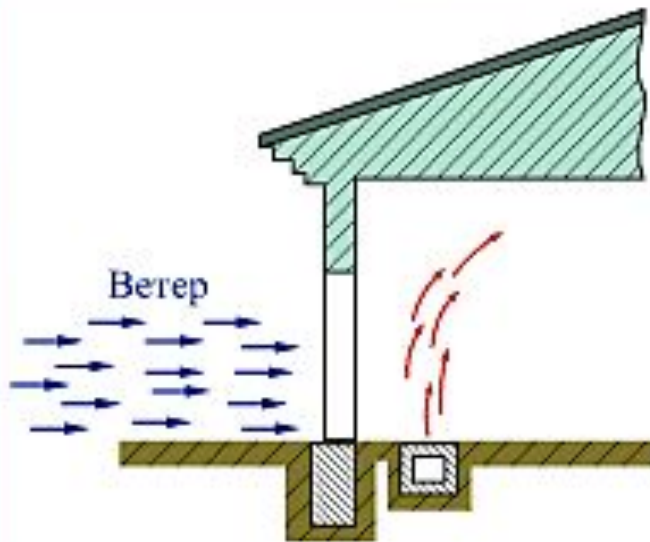


# Воздушные и воздушно-тепловые завесы за





# Воздушные и воздушно-тепловые завесы



# Воздушные и воздушно-тепловые завесы



# Системы утилизации тепла (Рекуператоры)

Зимой, приходится подогреть поступающий в помещения свежий воздух от отрицательных температур (например  $-50^{\circ}\text{C}$ ) до требуемой (например  $+20^{\circ}\text{C}$ ).

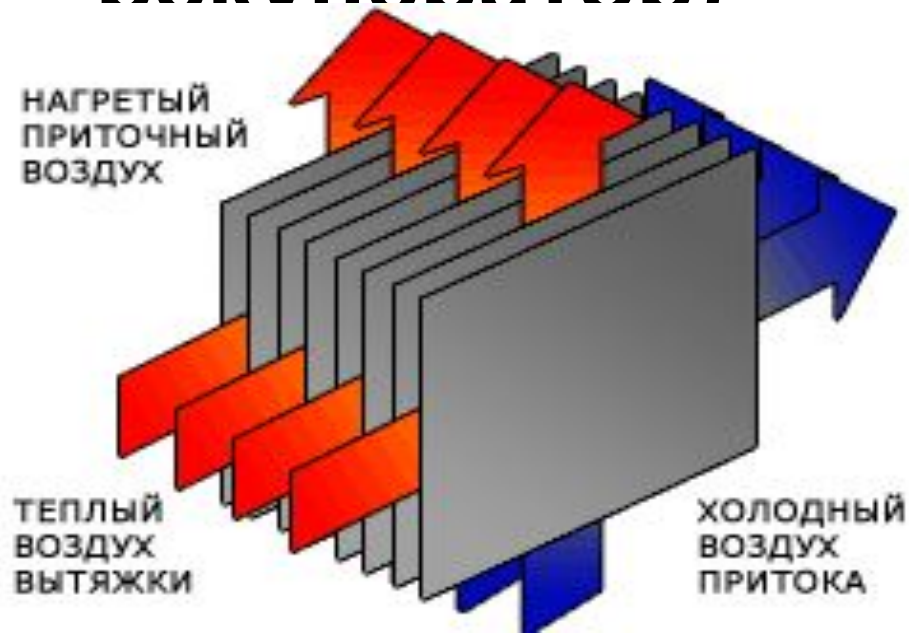
В результате расход энергии на нагрев воздуха будет очень большим, что значительно отражается на стоимости эксплуатации системы вентиляции.

Системы рекуперации позволяют снизить эксплуатационные расходы на нагрев воздуха за счет теплоутилизации на 30-80%.

# Системы вентиляции с рекуперацией тепла (утилизацией тепла) делят на системы, использующие:

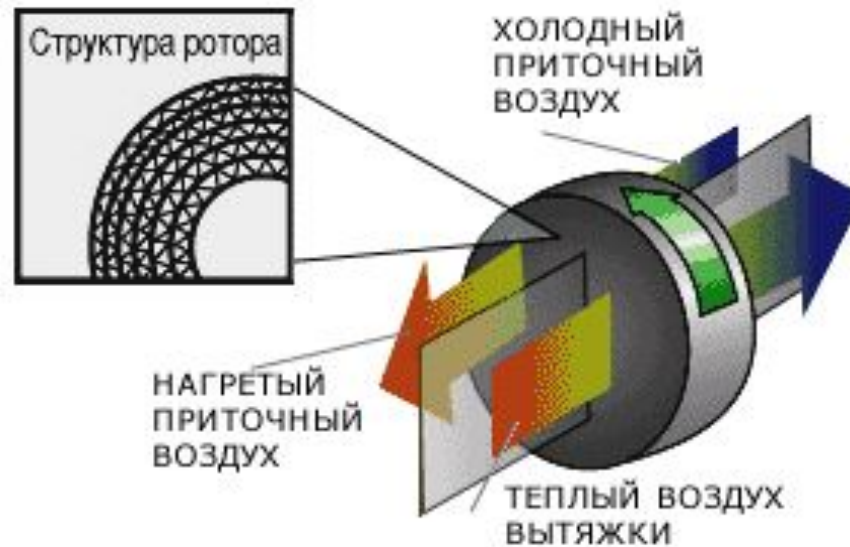
- **перекрестноточные (рекуперативные) теплообменники;**
- **вращающиеся (регенеративные) теплообменники;**
- **система с промежуточным теплоносителем, состоящая из двух теплообменников;**
- **вентиляторы- рекуператоры**

# Перекрестноточный теплообменник (пластинчатый рекуператор)



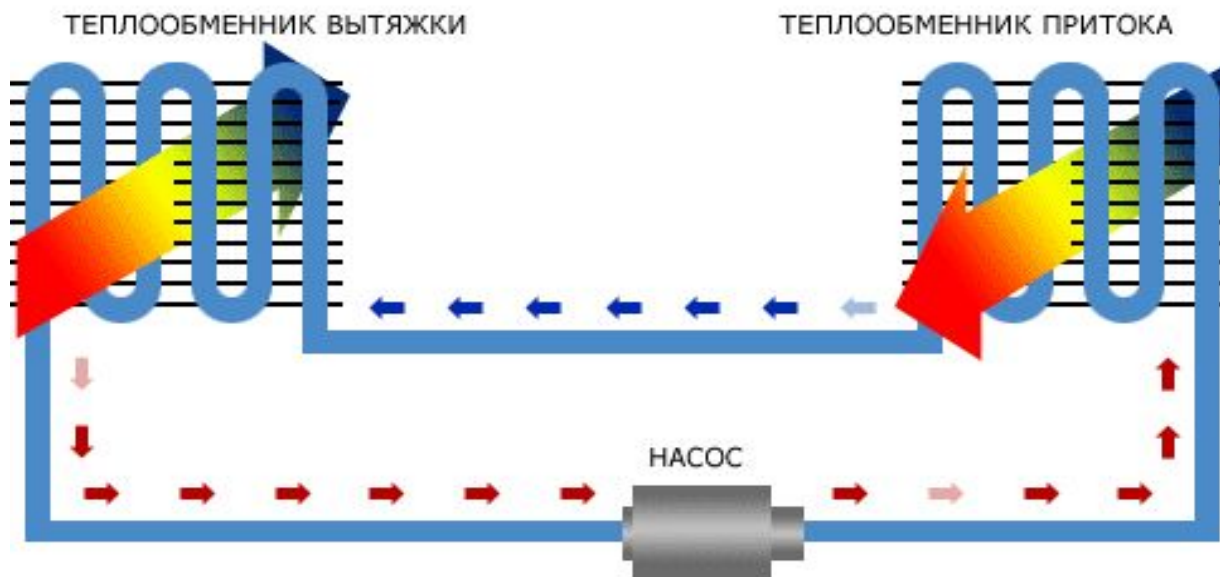
В связи с возможностью конденсации влаги из удаляемого воздуха, за теплообменником установлен сепаратор со сливным поддоном и отводом конденсата через сифон.

# Вращающийся теплообменник (барабанный рекуператор)



Вращающиеся теплообменники имеют самую высокую эффективность утилизации тепла - до 80%!

# Система с промежуточным теплоносителем (рекуператор с «ступенчатой системой»)

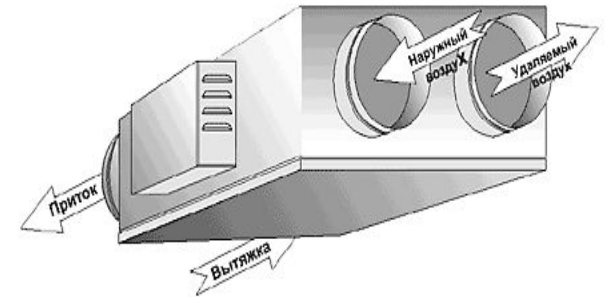
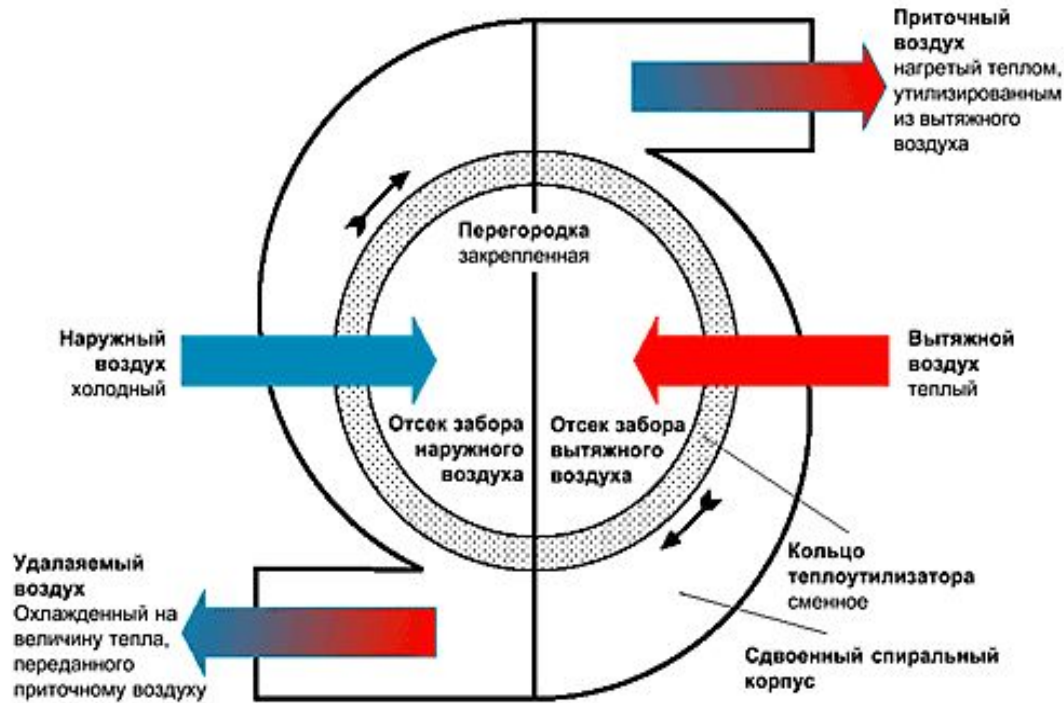


Эффективность рекуперации тепла достигает до 60%.

Такую схему целесообразно применять в условиях, где конструктивное исполнение приточно-вытяжной вентиляционной установки в виде одного блока невозможно.

Например, в случаях когда не хватает места в вентиляционной камере, либо в производственных помещениях где приток и вытяжка должны располагаться в разных местах.

# Вентиляторы - теплоутилизаторы

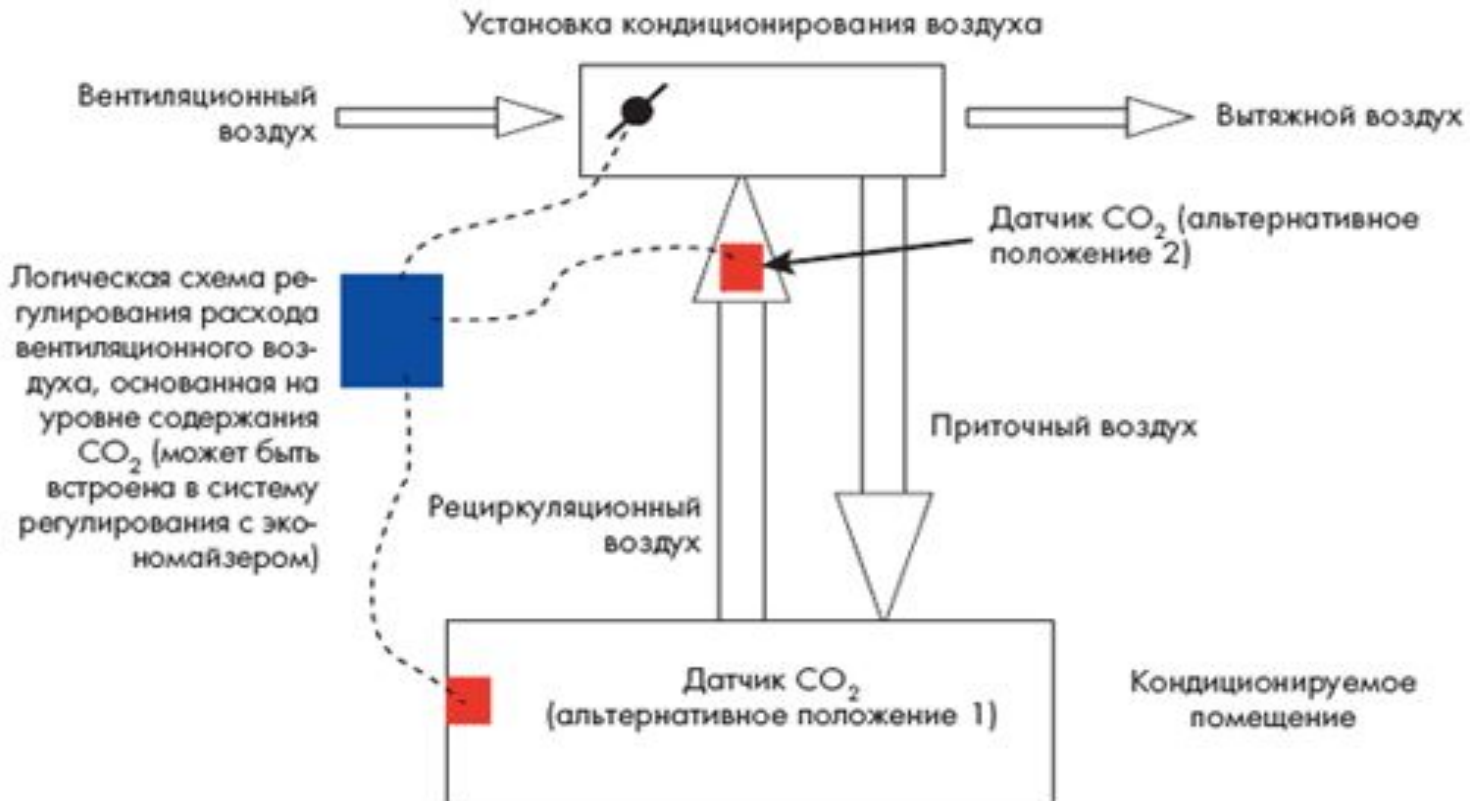


**В спиральном корпусе с двумя всасывающими и двумя выпускными отверстиями и рабочим колесом из пористого материала одновременно производится перемещение наружного вытяжного воздуха и обмен тепла. Рабочее колесо вентилятора служит при этом для передачи тепла. КПД теплообмена не зависит от разницы температур.**



# Методы энергосбережения в вентиляции и отоплении

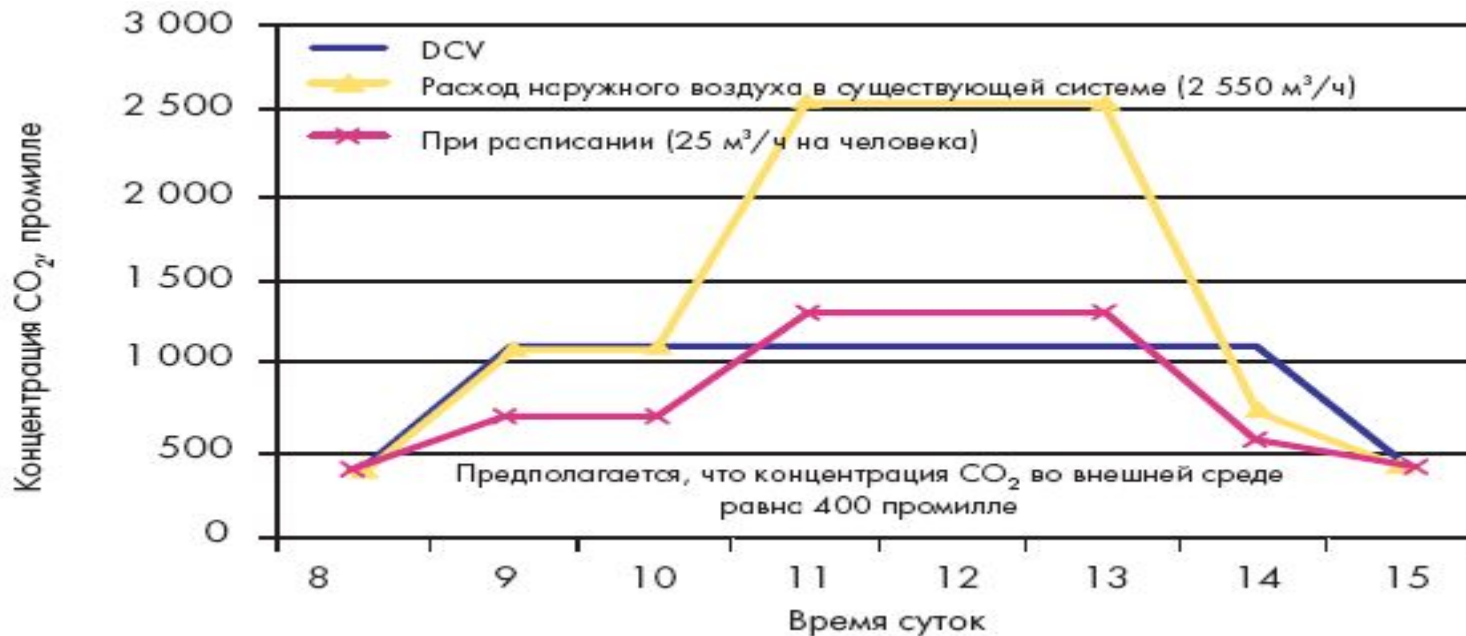
Наибольшее энергосбережение при помощи вентиляции, регулируемой по уровню потребности, обеспечивается в зонах, в которых постоянно изменяется количество людей.



# Методы энергосбережения

Основными примерами таких зон в здании могут служить лекционные аудитории, конференц-залы, рестораны и предприятия розничной торговли.

Для сравнения потребления энергии системой ОВК, использующей вентиляцию, регулируемую по уровню потребности, и обычной системой существует множество сценариев.



# Системы воздушного

## ОТОПЛЕНИЯ

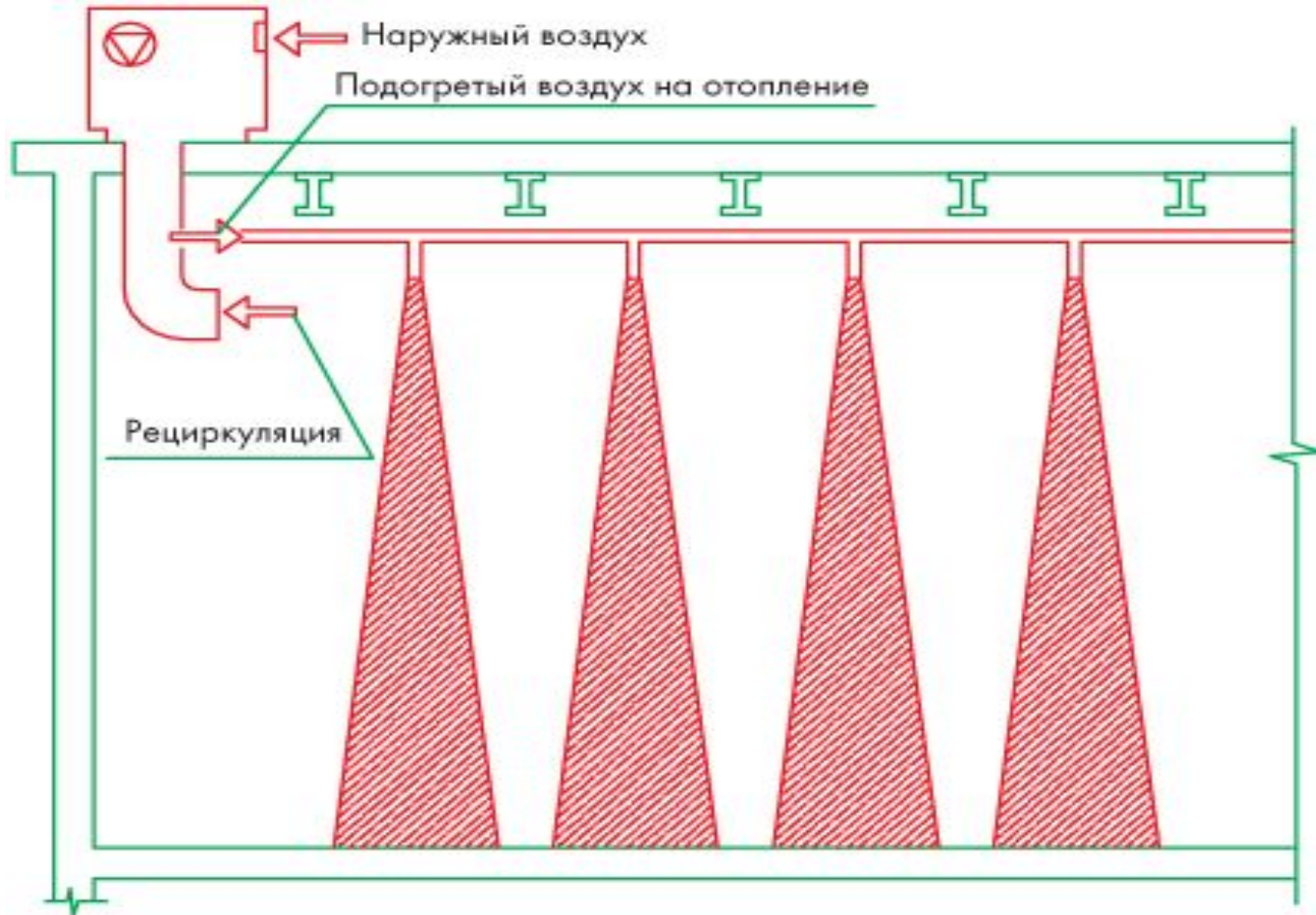
Во многих случаях системы вентиляции используют для отопления помещений.

Такие системы вентиляции называют **воздушным отоплением**.

Система воздушного отопления с направляющими соплами предназначена для помещений с крупногабаритным оборудованием, в которых она обеспечивает практически безградиентное распределение температуры воздуха по высоте.

# Системы воздушного

## отопления



При таком подходе исчезает промежуточный теплоноситель-вода, и появляется ряд преимуществ:

- отсутствует сама возможность "разморозки" системы;
- повышается эффективность и, естественно, снижаются эксплуатационные расходы на теплоноситель;
- исчезают необходимые опрессовки трубопроводов и радиаторов, балансировка гидравлической системы, водоподготовка и прочее;
- система отопления становится совсем неинерционной -есть возможность изменения температуры воздуха в помещении в течение получаса.

# Расчет рабочего времени

Это дает возможность реальной экономии: в дневное время можно поддерживать в офисных помещениях 20-22°C, а в ночное время и воскресные дни—10-16°C.

Давайте прикинем.

В году 365 дней или 8760 часов.

Из них около 110 дней (2640 часов) – праздники или выходные, а в оставшихся 255 днях около 2550 часов (по 10 в день) – это ночное время.

Таким образом, из 8760 часов в год около 5200 часов—время, когда в офисах практически никого нет, а это больше 50 % всего времени. Вот Вам огромный потенциал экономии.

# Показатели эффективности вентиляции

Федерацией европейских ассоциаций в области отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (REHVA) рекомендуются ряд показателей:

**А.** Показатели, определяющие способность системы вентиляции заменять воздух в помещении.

**А.1.** Показатель эффективности воздухообмена  $\varepsilon^a$ .

**А.2.** Показатель локального воздухообмена  $\varepsilon_p^a$ .

**Б.** Показатели, определяющие способность системы вентиляции удалять присутствующие в воздухе загрязняющие вещества.

**Б.1.** Показатель эффективности удаления загрязняющих веществ (CRE)  $\varepsilon^c$ .

**Б.2.** Показатель локального качества воздуха  $\varepsilon_p^c$ .

# Показатели эффективности воздухообмена

Структура потока воздуха	Эффективность воздухообмена, $\varepsilon$
Идеальный поршневой режим потока воздуха	100%
Вытесняющая вентиляция	$50\% \leq \varepsilon^a < 100\%$
Полное перемешивание	50%
Короткое замыкание	$\leq 50\%$



# ВРЕДНЫЕ ВЫДЕЛЕНИЯ И ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИХ В ПОМЕЩЕНИЯХ

В жилых и общественных зданиях основными вредными выделениями являются :

- углекислота,
- теплоизбытки,
- влагоизбытки.

В промышленных помещениях:

- различные газы и пары;
- теплоизбытки;
- Влагоизбытки;
- пыль.

# Газовыделения.

Содержание газов, паров и пыли не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Источниками газовыделения в производственных помещениях могут быть:

- Технологические процессы;
- Емкости;
- Ванны;
- Дыхательные клапана;
- Утечки во фланцевых соединениях и сальниковых уплотнениях.

Предельно допустимые концентрации  $\text{CO}_2$ , л/м<sup>3</sup>, в воздухе помещений составляют:

**При постоянном пребывании людей (жилые комнаты)-**

**1**

При периодическом пребывании людей (учреждения)- .

1,25

При кратковременном пребывании людей (например, кинотеатры) -2

Детские учреждения и больницы -.. 0,7

Предельно допустимые концентрации других газов и пыли следует принимать по СН 245-71.

Для помещений, в которых не имеется производственных выделений газов (жилые, общественные), нормирование производится по двуокиси углерода.

# Количество углекислоты, выделяемой одним человеком

Содержание  $\text{CO}_2$  в наружном воздухе больших городов можно принимать равным  $0,5 \text{ л/м}^3$ ,  
небольших городов —  $0,4 \text{ л/м}^3$ .

Возраст людей и характер выполняемой работы	Расход $\text{CO}_2$ ;	
	объемный л/ч	массовый г/ч
Взрослые люди при выполнении работы:		
• умственной (или в состоянии покоя)	23	45
• Физической:		
• легкой	30	60
• тяжелой	45	90
• Дети до 12 лет.	12	24

# Тепловыделения

Источниками тепловыделения в производственных помещениях могут быть:

- Котлы, аппараты и реактора;
- Трубопроводы и газопроводы;
- Процессы, сопровождающиеся выделением тепла;
- Электродвигатели;
- Солнечная радиация;
- Люди.

# Количество тепла и влаги, выделяемых одним человеком

Характер выполняемой работы	Тепло полное, Вт		Влага, г/ч	
	при 10° С	при 35° С	при 10°С	при 35° С
Состояние покоя	160	93	30	115
Физическая:				
легкая	180	145	40	200
средней тяжести	215	195	70	280
тяжелая	290	290	135	415

# Влаговыведения

Большое количество влаги может выделиться в отдельных производственных помещениях от оборудования (кожевенная и пищевая промышленности, бани, прачечные).

Источниками влаговыведения в производственных помещениях могут быть:

- Технологические процессы;
- Емкости;
- Ванны;
- Аппараты;
- Утечки во фланцевых соединениях и сальниковых уплотнениях;

.

# Определение необходимого воздухообмена при борьбе с вредными газами и парами.

Воздухообмен  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, рассчитывают по формуле

$$L = U / (K_2 - K_1)$$

где  $U$  — количество вредных газов и паров, выделяющихся в помещении в течение 1 ч, мг/ч;

$K_2$  — предельно допустимая концентрация вредных выделений в воздухе помещения, мг/м<sup>3</sup>;

$K_1$  — концентрация вредных выделений в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.



# Пример

Определить необходимый воздухообмен по  $\text{CO}_2$  в зрительном зале кинотеатра объемом  $2000 \text{ м}^3$  и вместимостью 500 человек.

- Предельно допустимая концентрация  $\text{CO}_2$  в воздухе помещения при кратковременном пребывании людей  $K_2 = 2 \text{ л/м}^3$ .

# Решение

Количество  $\text{CO}_2$ , выделяемого зрителями,

$$U = 23 \times 500 = 11500 \text{ л/ч.}$$

Примем содержание  $\text{CO}_2$  в наружном воздухе  $0,5 \text{ л/м}^3$ . Тогда необходимый воздухообмен по составу составит:

$$L = 11500 / (2 - 0,5) = 7670 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Отношение количества удаляемого или вводимого воздуха в помещении в течение 1 ч к внутреннему объему помещения называется кратностью обмена  $n$ .

В данном примере  $n = 7670/2000 \approx 3,9$ .

# Определение необходимого воздухообмена для удаления избыточного тепла.

В летнее время все тепло, которое поступает в помещение  $Q_{\text{изб.}}$  является суммой тепловыделений в помещении

В зимнее время часть тепловыделений в помещении расходуется на компенсацию теплопотерь.

Теплоизбытки  $Q_{\text{изб.}}$ , кДж/ч, в зимнее время равны:

$$Q_{\text{изб.}} = \sum Q_{\text{T}} - Q_{\text{ПОТ}}$$

где  $\sum Q_{\text{T}}$  – тепловыделения в помещении;  $Q_{\text{ПОТ}}$  – потери тепла через наружные ограждения при расчетной температуре наружного воздуха, принимаемой в холодный период года по СНиП 11-33-75.

# Определение необходимого воздухообмена для удаления избыточного тепла.

Необходимый воздухообмен  $L$ , м<sup>3</sup>ч, для борьбы с явными теплоизбытками определяют по формуле

$$L = Q_{\text{ИЗБ}} / c \times \rho \times (t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})$$

где  $Q_{\text{ИЗБ}}$  – теплоизбытки в помещении, кДж/ч;  $c$  – массовая удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг \*°C);  $\rho$  – плотность воздуха, поступающего в помещение, кг/м<sup>3</sup>;  $t_{\text{ух}}$  и  $t_{\text{пр}}$  – температура удаляемого и приточного воздуха, °C.

Температуру наружного воздуха в теплый период года принимают равной средней температуре самого жаркого месяца в 13 ч.

# Определение необходимого воздухообмена для удаления избыточной влаги.

Необходимый воздухообмен  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, при наличии только влагоизбытков определяется по формуле

- $$L = W / \rho \times (d_{yx} - d_{пр})$$
- где  $W$  – количество водяного пара, выделяющегося в помещении, г/ч;
- $d_{yx}$  – допустимое содержание водяного пара в воздухе помещения при установленной средней температуре и относительной влажности воздуха, г/кг;
- $d_{пр}$  – влагосодержание наружного воздуха г/кг;
- $\rho$  – плотность поступающего в помещение воздуха, кг/м<sup>3</sup>

**Определение необходимого воздухообмена при одновременном поступлении в помещение тепла и влаги.**

**В этом случае можно использовать графоаналитический метод с применением  
I — d-диаграммы.**

# Расчет вентиляционных систем

Может осуществлен следующими методами:

- Упрощенный по кратности воздухообмена;
- По результатам замеров ЗВ;
- Полный расчет.

# кратность воздухообмена



Помещение	Вентиляция	Частота воздухообмена/час
Ванная комната	потолочный / оконный вентилятор	6-8
	вентилятор регулятором времени и гигростатом	5-7
Кухня	настенный / потолочный вентилятор	6-10
	вытяжной зонт над кухонной плитой	5-8



# кратности воздухообмена



Туалет	настенный / потолочный вентилятор	8-10
Комната для стирки	настенный / потолочный / оконный вентилятор	10-15
Подвальное помещение	вентилятор в вентиляционном канале	4-6
Гараж	настенный / потолочный / оконный вентилятор	4-8
Банк		2-4
Бюро		5-7
Театр		7-9
Кухня ресторана		15-25
Кафе		9-11

<b>Прачечная самообслуживания</b>		15-25
<b>Общественный туалет</b>		10-12
<b>Бассейн</b>		15-30
<b>Поликлиника</b>		4-6
<b>Ресторан</b>		6-9
<b>Зал для конференций</b>		4-8
<b>Игровой салон</b>		8-10

# Пример

Прачечная самообслуживания имеет следующие габариты 24000х6000х4000 в осях.

Определить производительность общеобменной вентиляции.

# Расчет

## Определяем

1. Кубатуру помещения

$$V_{\text{п}} = A \times B \times h = 24 \times 6 \times 4 = 576 \text{ м}^3$$

2. Производительность общеобменной  
вентиляции

$$V = V_{\text{п}} \times K = 576 \times 20 = 11520 \text{ м}^3/\text{час}$$