

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

- 1. Классификация систем вентиляции**
- 2. Системы естественной и механической вентиляции.**
- 3. Системы приточной и вытяжной вентиляции**
- 4. Местные и общеобменные системы вентиляции**
- 5. Местные и общеобменные системы вентиляции**
- 6. Местные и общеобменные системы вентиляции**

1. Классификация систем вентиляции

- Системы вентиляции могут быть классифицированы по следующим основным признакам:
- а) по способу побуждения движения воздуха – системы с естественным побуждением, или **системы естественной вентиляции**, и системы с искусственным побуждением (чаще всего механическим), или **системы механической вентиляции**;
- б) по способу снабжения помещений воздухом – системы, через которые в помещения подается воздух, или **системы приточной вентиляции (приточные системы)**, и системы, с помощью которых воздух удаляется из помещений, или **системы вытяжной вентиляции (вытяжные системы)**;
- в) по методу организации вентиляции помещения – системы, действие которых распространяется на часть объема помещения, или **местные системы**, и системы, действие которых распространяется на весь объем помещения, или **общеобменные системы**.
- В свою очередь каждая из этих систем может иметь разновидности

Системы естественной и механической вентиляции.

Рассмотрим основные особенности систем вентиляции, отнесенных к различным группам в соответствии с приведенными принципами классификации.

- В системах естественной вентиляции вентиляция помещений производится под действием естественных сил. К числу их относятся
 1. тепловой (или гравитационный) и
 2. ветровой напоры.
- Под тепловым напором понимается то давление, которое возникает вследствие разности плотностей (или объемных весов) воздуха, имеющего разную температуру.

- Величина гравитационного напора систем вентиляции находится по разности весов столбов воздуха наружного (температура t_1 и объемный вес γ_n) и удаляемого из помещения (температура t_2 и объемный вес γ_v).
- Величина гравитационного напора H_i различна для помещений, расположенных на разных этажах:
 - $H_i = h_i (\gamma_n - \gamma_v)$,
- где h_i - расстояние от центра вентиляционного отверстия в помещении до центра воздуховыпускного отверстия, м.

- Ветровым напором называется давление, оказываемое ветром на поверхности различных предметов (в том числе и строительных конструкций).
- Величина ветрового напора H_v отсчитывается от барометрического давления и находится из выражения

$$H_v = k_v (\gamma w^2 / 2g)$$

- где k_v – коэффициент, показывающий, какая часть кинетической энергии ветра переходит в потенциальную; k_v может быть больше нуля (+), и тогда возникает давление больше атмосферного, и меньше нуля (-), тогда наблюдается разрежение; γ – объемный вес движущегося воздуха, кг/м³; w – скорость ветра, м/сек; g – ускорение свободного падения, м/сек²

- Воздух, поступающий в помещения или удаляемый из них, в системах естественной вентиляции может передвигаться по специальным каналам-воздуховодам (в этом случае системы называются канальными).
- В системе естественной вентиляции производственного здания (рис. 1) используется ветровой напор. Ветер обдувает специальное устройство – дефлектор, позволяющее создавать разрежение при любых направлениях ветра. К отверстию дефлектора присоединена сеть воздуховодов, через которую из различных точек производственного помещения удаляется воздух, содержащий те или иные вредности.

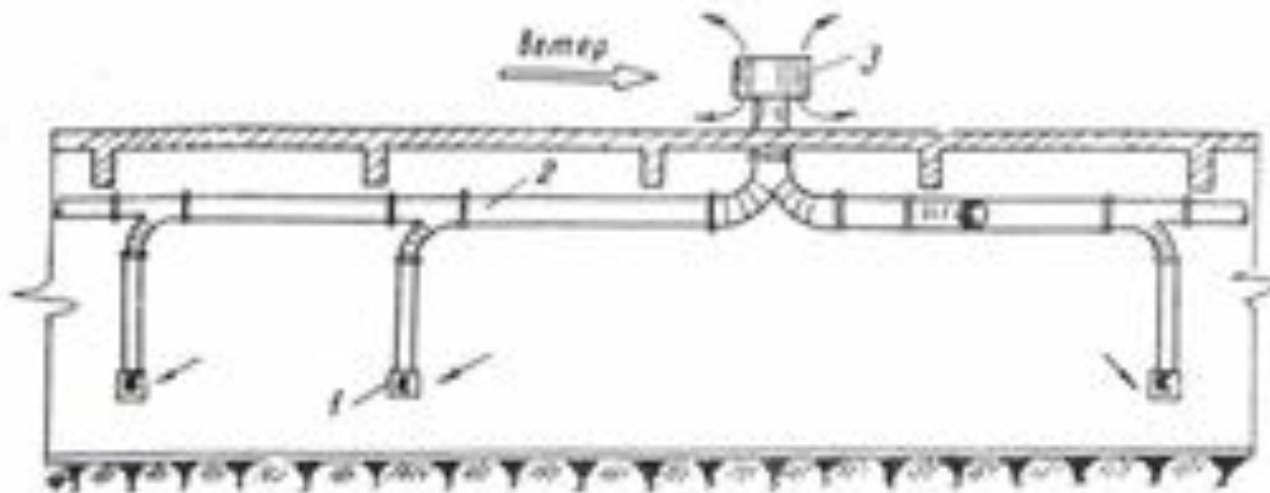


Рис. 1. Схема естественной вентиляции производственного здания под действием ветрового напора: 1 – вытяжное отверстие; 2 – воздуховод; 3 – дефлектор

- Радиус действия (по горизонтали) канальных систем ограничен из-за небольших величин действующих напоров и обычно не превышает 20...25 м.
- В бесканальных системах воздуховоды отсутствуют, и воздух входит в помещения или уходит из них через специальные отверстия в строительных ограждениях. Такую систему естественной вентиляции называют аэрацией. Аэрация широко применяется для вентиляции производственных зданий с большими избыточными тепловыделениями
- Как было указано, тепловой напор различен для отверстий, расположенных на разных отметках. Поэтому в верхних отверстиях создается давление ниже атмосферного, а в нижних – выше атмосферного. В результате чего, может осуществляться схема движения воздуха, изображенная на рисунке. С помощью аэрации при использовании ветрового напора может быть решена и более сложная задача, например вентиляция многопролетного производственного здания.

- Естественно, что в каждом конкретном случае могут быть найдены и другие способы, облегчающие выполнение задач системами вентиляции и кондиционирования воздуха или способствующие сокращению объемов этих систем.
- Наиболее целесообразное решение, как правило, может быть найдено только в результате совместной работы инженеров ряда специальностей. Кроме участия специалистов по вентиляции и кондиционированию воздуха, обычно необходимо участие технологов и строителей. От первых зависит выбор оборудования, его рациональная компоновка и размещение, от вторых - целесообразные конструктивно-строительные и архитектурно-планировочные решения объекта.

- В отличие от систем естественной вентиляции, в системах механической вентиляции для передвижения воздуха используются вентиляторы.
- Системы механической вентиляции также могут быть канальными и бесканальными. Чаще всего применяются канальные системы. Радиус действия систем механической вентиляции может быть весьма большим. Он зависит от величины давления, создаваемого вентилятором.
- Известны системы, в которых расстояния от вентилятора (обычно центробежного) до наиболее удаленных точек сети воздуховодов составляют сотни метров.
- Однако применяются и бесканальные системы, использующие, как правило, для передвижения воздуха осевые вентиляторы.

Системы приточной и вытяжной вентиляции.

- Помещения могут быть оборудованы только системами приточной вентиляции (рис. 2).

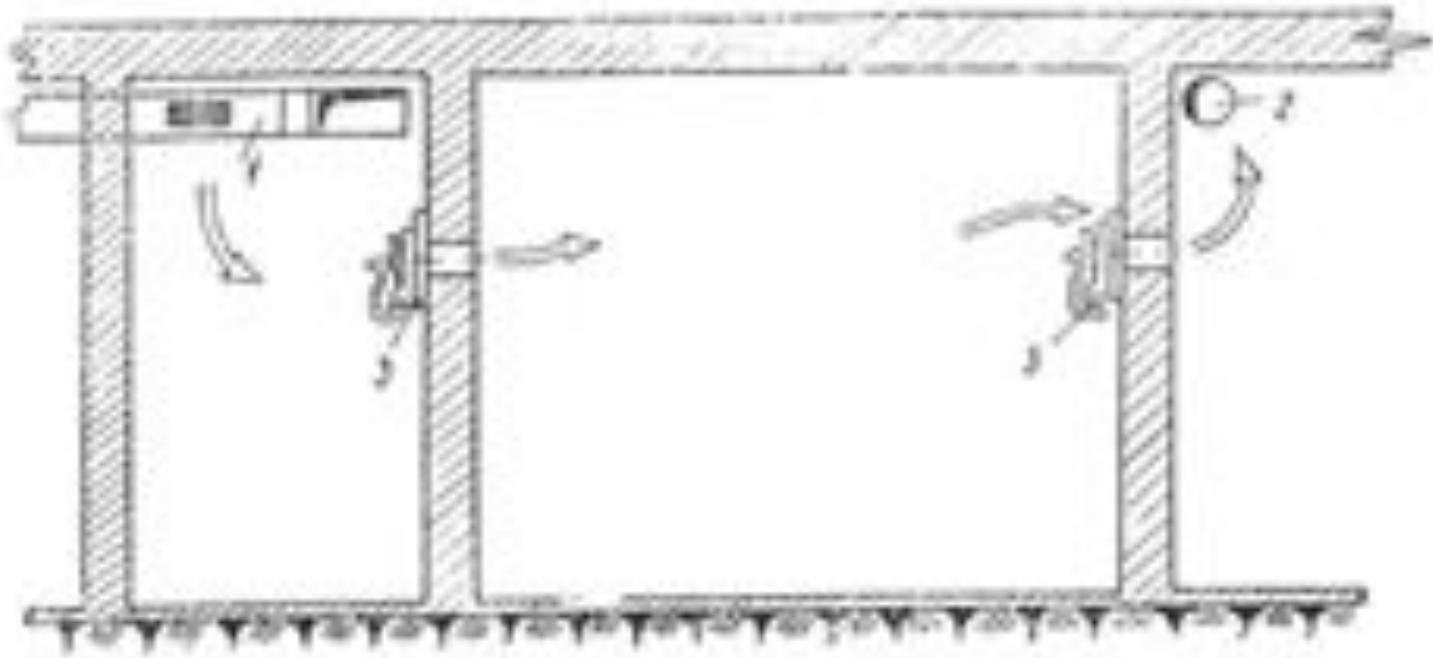


Рис. 2. Схема приточной вентиляции помещений с применением клапанов избыточного давления: 1 – приточный воздуховод; 2 – вытяжной воздуховод; 3 – клапан избыточного давления

- В этих случаях в помещения организованным путем подается определенное расчетом количество воздуха.
- Удаление воздуха может происходить неорганизованно через неплотности в строительных ограждениях или через специально устраиваемые для этой цели отверстия.
- Естественно, что в установившемся состоянии количество приточного воздуха всегда равно количеству удаляемого воздуха независимо от суммарной площади неплотностей или отверстий в строительных ограждениях.

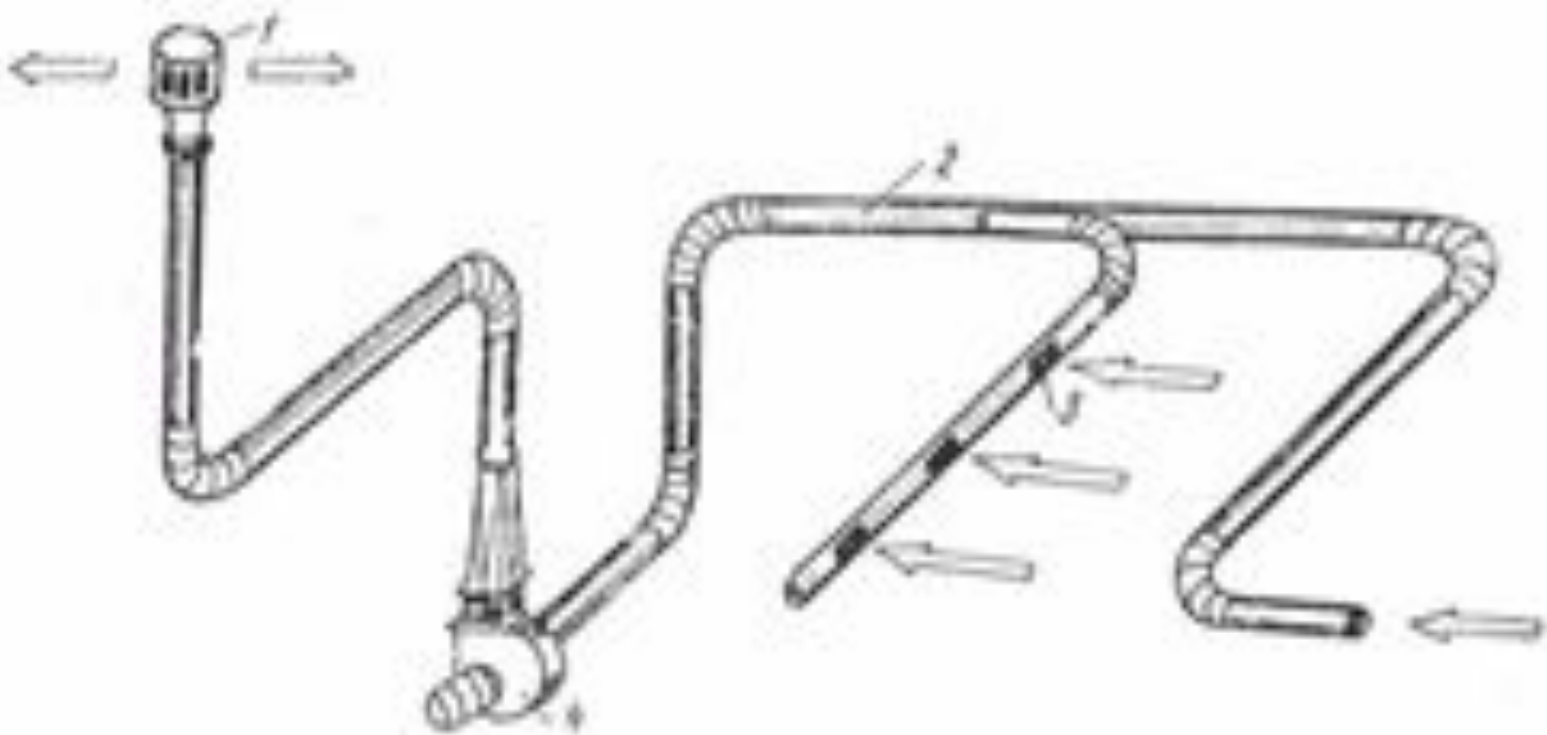
- Суммарная площадь неплотностей ограждений влияет на величину давления воздуха в помещении.
- При этом существует зависимость, получаемая по известной из гидроаэромеханики формуле истечения жидкости через отверстие. На основании этой зависимости давление воздуха (Δp , кг/м²) в помещении и часовое количество подаваемого воздуха связаны следующим образом:

$$\Delta p = (G / 3600 \mu \sum F_i) (1 / 2g\gamma)$$

- где G – количество подаваемого воздуха, кг/ч; F_i – площадь той или иной неплотности, м²; μ – коэффициент расхода при прохождении воздуха через неплотность; γ – объемный вес воздуха, кг/м³.
- Для обычного в строительных ограждениях типа неплотностей (щели, зазоры и т. д.) может быть принята средняя величина коэффициента расхода, равная $\mu_{ср} = 0,7$.
- Если количество воздуха L выражено в м³/ч, то данная зависимость приобретает вид

- $\Delta p = (L / 3600 \mu_i F_i) (\gamma / 2g)$

- Если воздух из помещения удаляется через специально устраиваемые отверстия, то характер зависимостей не меняется. Нередко эти отверстия оборудуются особыми клапанами, носящими название клапанов избыточного давления (КИДы).
- Системами приточной вентиляции оборудуются наиболее «чистые» помещения, так как воздух движется из этих помещений, а не наоборот.
- В случае оборудования помещений только системами вытяжной вентиляции (рис. 3) организовано производится удаление воздуха из помещений. Приток осуществляется неорганизованно либо через неплотности в строительных ограждениях, либо через специально устраиваемые для этой цели отверстия.
- В отличие от рассмотренных выше систем приточной вентиляции, в помещениях, имеющих лишь систему вытяжной вентиляции, давление устанавливается ниже атмосферного (или ниже, чем в соседних помещениях). Величина разрежения (по отношению к атмосферному давлению) может быть определена по тем же формулам.



- Рис. 3. Схема системы вытяжной механической вентиляции с разветвленной сетью воздуховодов: 1 – воздуховыбросное устройство; 2 - воздуховоды; 3 – вытяжное отверстие; 4 – вентилятор

- При оборудовании помещений только системой вытяжной вентиляции может быть, так же как и в случае приточной вентиляции, использовано перетекание воздуха. И тогда в помещение, присоединенное к системе вытяжной вентиляции, будет поступать воздух из соседнего помещения. Этим исключается или затрудняется движение воздуха в обратном направлении.
- Поэтому системами вытяжной вентиляции оборудуются наиболее «грязные» помещения, когда надо предотвратить распространение из них воздуха в соседние помещения.
- Помещения могут быть оборудованы системами приточной и вытяжной вентиляции. В этих случаях в помещениях также может устанавливаться повышенное или пониженное давление воздуха согласно выше приведенным зависимостям. Естественно, что в эти формулы вместо G и L надо поставить разность количеств подаваемого и удаляемого воздуха (разность между притоком и вытяжкой). Если наблюдается превышение притока над вытяжкой, указанная разность имеет знак плюс, и наоборот. Знаку плюс соответствует превышение давления ($\Delta p > 0$), а знаку минус - понижение давления ($\Delta p < 0$) по сравнению с атмосферным или с давлением в соседних помещениях.

Местные и общеобменные системы вентиляции

- Местные системы вентиляции могут быть приточными и вытяжными. Последние получили весьма широкое распространение в производственных помещениях, так как позволяют решать задачи создания заданных условий воздушной среды наиболее экономичным путем.
- Местные вытяжные системы вентиляции, или местные отсосы, предназначены для улавливания выделяющихся вредностей в месте их образования. Этим предотвращается распространение вредностей во всем объеме помещения.
- Местные приточные системы вентиляции осуществляют подачу воздуха в определенную зону помещения (чаще всего на рабочее место, а иногда в место, отведенное для отдыха). В зоне действия подаваемого воздуха создаются условия, отличающиеся от условий во всем объеме помещения и удовлетворяющие поставленным требованиям.

- При конструктивном оформлении местных вытяжных и приточных систем вентиляции необходимо учитывать аэродинамические свойства той зоны движущегося воздуха, которая непосредственно примыкает к всасывающему и нагнетательному (приточному) отверстию. Эти зоны носят соответственно названия всасывающего и приточного факела.
- Местные вытяжные системы вентиляции или местные отсосы подразделяются в зависимости от конструктивного оформления воздухоприемного устройства на следующие основные разновидности: вытяжные зонты; вытяжные шкафы и кожухи; бортовые отсосы

- *Вытяжным зонтом* называется такая разновидность местного отсоса, когда воздухоприемное устройство (приемник) находится на некотором расстоянии от источника выделения вредности и окружающий воздух может свободно поступать в зону действия отсоса.
- Зонты не являются совершенными местными отсосами, так как требуют удаления вместе с выделяющейся вредностью больших количеств воздуха и могут использоваться для удаления не слишком токсичных вредностей при обязательном наличии соответствующего конвективного потока, т. е. при попутных тепловыделениях.
- Возможно применение зонтов с естественной вытяжкой, если у выделяющейся вредности имеется достаточная подъемная сила и помещение обеспечено организованным притоком (во избежание опрокидывания тяги).

- Высота расположения зонта над уровнем пола должна быть 1,8 - 2,0 м, чтобы обслуживающий персонал не задевал его головой. Для обеспечения равномерности всасывания угол при вершине зонта не должен превышать 60°.
- В последнее время кроме зонтов нашли довольно широкое применение так называемые *кольцевые отсосы*.
- *Вытяжными шкафами и кожухами* называются такие местные отсосы, в которых источник выделения вредности находится внутри воздухоприемного устройства (приемника). Окружающий воздух из помещения может поступать к источнику выделения вредности лишь через специальные, сравнительно небольшие отверстия, предназначенные для работы или контроля.

- Разница между вытяжными шкафами и кожухами заключается в том, что последние имеют обычно фигурную форму и применяются главным образом для отсоса вредностей, выделяющихся от различных станков (деревообрабатывающих, шлифовальных, заточных и т. д.).
- Вытяжные шкафы и кожухи являются более совершенным, чем зонты, видом местных отсосов. Размещение источника выделения вредности внутри шкафа или кожуха способствует лучшему удалению вредности и препятствует распространению ее в объеме помещения.
- Объем воздуха, отсасываемого через рабочие отверстия, меньше, чем объем воздуха, удаляемого через зонт, и зависит от конструктивного выполнения шкафа или кожуха, характера и особенностей выделяющихся вредностей, а также от степени их токсичности.

- Поступление вредностей из шкафа или кожуха в помещение в общем случае вызывается образованием повышенного давления внутри приемника (чаще всего из-за разности температуры по сравнению с температурой воздуха помещения), циркуляцией струй внутри шкафа или кожуха, движением воздуха в помещении и, наконец, диффузией вредности из шкафа или кожуха в помещении.
- *Фасонные приемники*, называемые кожухами, применяются главным образом для улавливания пыли, образующейся при обработке различных материалов при помощи быстро вращающихся режущих инструментов. При конструировании приемника следует учитывать характер пылевых потоков, возникающих при работе на том или ином станке.

- Приведенные воздухоприемные устройства предназначены и для приема твердых частиц (пыль, деревянная стружка, опилки и т. д.). Поэтому скорости воздуха в подводящих воздуховодах должны быть достаточны для транспортирования этих частиц. В этом случае установки называются системами пневматического транспорта. Величина скорости в воздуховодах пневматического транспорта изменяется в интервале 6...8 м/с для легкой пыли до 30 м/с и более для тяжелой пыли и крупных частиц.
- Иногда не представляется возможным поместить источники выделения вредностей в укрытие типа шкафа или кожуха и нельзя использовать менее совершенное устройство в виде зонта. В таких случаях прибегают к менее экономичным решениям и устраивают так называемые бортовые отсосы.

- Бортовые отсосы применяются в промышленных ваннах, которые должны быть открыты сверху для погружения в них деталей с помощью подъемно-транспортных средств. Промышленные ванны используются для защитного металлического покрытия различных деталей такими металлами, как цинк, кадмий, свинец, олово, никель, медь, алюминий и хром. Чаще всего покрытие производится гальваническим способом. При этом могут выделяться весьма токсичные вредности, ядовитое действие которых усиливается, если процесс ведется при повышенной температуре раствора.
- К местным приточным системам вентиляции относятся воздушные души и воздушные завесы.

- *Воздушный душ* представляет собой местный, направленный на человека поток воздуха. В зоне действия воздушного душа создаются условия, отличные от условий во всем объеме помещения. С помощью воздушного душа могут быть изменены следующие параметры воздуха в месте нахождения человека: подвижность, температура, влажность и концентрация той или иной вредности.
- Обычно зоной действия воздушного душа являются: фиксированные рабочие места, места наиболее длительного пребывания рабочих и места отдыха. Наиболее часто воздушные души применяются в горячих цехах на рабочих местах, подверженных влиянию теплового излучения.

- В зависимости от категории работы (легкая, средней тяжести, тяжелая), времени года и интенсивности облучения (от 300 до 1800 ккал/м² час) скорость воздуха в потоке душа колеблется от 0,5 до 3,0 м/с, температура может изменяться от 16 до 24 °С. Если воздушный душ используется для борьбы с пылью, скорость воздуха не должна быть выше 0,5...1,5 м/с, чтобы не допускать поднятия пыли, осевшей на пол.
- Большое влияние на эффективность работы воздушного душа оказывает конструкция воздуховыпускного патрубка (приточная насадка). Целесообразно иметь это устройство поворотным и при этом предусмотреть возможность изменять угол наклона оси потока введением поворотных лопаток

- Для воздушного душа может использоваться наружный воздух или воздух, забираемый из помещения. Последний, как правило, проходит соответствующую обработку (чаще всего охлаждение). Наружный воздух также может быть обработан для придания ему необходимых параметров.
- Душирующие установки могут быть стационарными или передвижными. В передвижных установках используется воздух из помещения, обрабатываемый нередко с помощью распыливания воды в потоке выходящего воздуха. Испаряющаяся адиабатно вода позволяет снижать температуру воздуха.

- В воздушных завесах, так же как и в воздушных душах, используется основное свойство приточного факела - его относительная дальность. Воздушные завесы устраиваются с целью предотвратить поступление воздуха через технологические проемы или ворота из одной части здания в другую или наружного воздуха в производственные помещения.
- Воздушные завесы, рассчитанные на предотвращение проникания холодного воздуха, следует предусматривать у ворот, которые открываются чаще пяти раз или не менее чем на 40 минут в смену, а также у технологических проемов отапливаемых зданий.
- В настоящее время необходимые условия воздушной среды на рабочем месте довольно часто создаются с помощью устройства специальных вентилируемых кабин. В таких кабинках поддерживаются условия, отличные от условий во всем объеме производственного

- помещения. Это достигается чаще всего подачей в кабины специальным образом подготовленного воздуха: в горячих цехах – охлажденного, в холодных, неотапливаемых помещениях – подогретого. Вентилируемые кабины могут быть отнесены к местным системам вентиляции. Естественно, что их применение возможно, когда рабочее место строго фиксировано, например, у пульта управления.
- Общеобменные системы вентиляции могут быть приточными и вытяжными. При использовании общеобменных систем ставится задача создать необходимые условия воздушной среды во всем объеме помещения или в объеме рабочей зоны.
- В отличие от местных систем, в данном случае все выделяющиеся в помещении вредности распространяются во всем объеме. Следовательно, основная задача, которая должна быть решена при проектировании рассматриваемых систем, заключается в том, чтобы содержание в воздухе помещения той или иной вредности не превосходило величины предельно допустимой концентрации, а значения метеорологических параметров отвечали соответствующим требованиям.

- Нередко помещение оборудуется приточной и вытяжной общеобменными системами вентиляции (рис. 4).
- Общеобменный метод создания заданных условий воздушной среды имеет широкое распространение и в сочетании с системами кондиционирования воздуха.

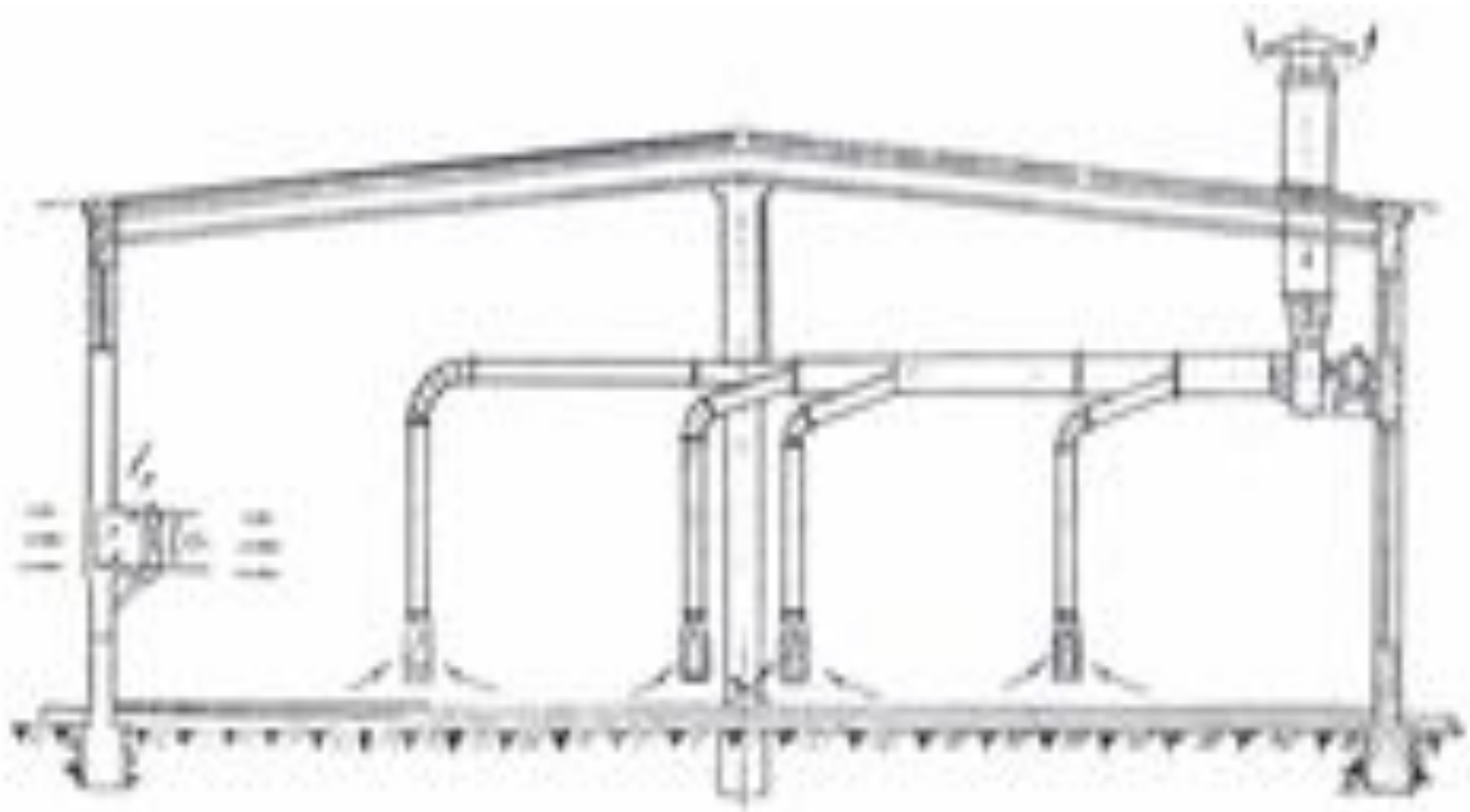


Рис.4. Схема общеобменной механической вентиляции здания.

Общие принципы проектирования и расчета вентиляции

Для проектирования и расчета вентиляции производственных помещений необходимы следующие данные:

- Наименование помещения и его размеры, число рабочих мест и их назначение,
- численность работающих,
- характер и категория работ по уровню энергозатрат,
- перечень и размещение оборудования,
- время работы,
- места выделения загрязнений (газов, паров, пыли, аэрозолей),
- интенсивность теплового облучения работников,
- значения предельно допустимых концентраций вредных веществ (по ГОСТ 12.1.005-88* «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» или по гигиеническим нормативам ГН 2.2.5.686-98),
- характеристика веществ по пожаро- и взрывоопасности.

- Располагая указанными данными, приступают к проектированию вентиляции, которая по способу побуждения воздуха может быть принудительной (механической) или естественной.
- Механическая вентиляция по принципу действия может быть приточной, вытяжной или приточно-вытяжной.
- Приточную вентиляцию применяют в производственных помещениях со значительным выделением теплоты при малой концентрации вредных веществ в воздухе, а также для усиления воздушного подпора в помещениях с локальным выделением вредных веществ при наличии систем местной вытяжной вентиляции. Это позволяет предотвратить распространение таких веществ по всему объему помещения.
- Приточная механическая вентиляция чаще всего предназначена для компенсации расхода воздуха по общеобменной вытяжной и по местной вытяжной системам.

- Вытяжную вентиляцию применяют для активного удаления воздуха, равномерно загрязненного по всему объему помещения, при малых концентрациях вредных веществ в воздухе и небольшой кратности воздухообмена. Кратность воздухообмена k , ч⁻¹, определяют по формуле
 - $k = L / V_{вн}$
- где L – объем удаляемого из помещения или подаваемого в помещение воздуха, м³/ч; $V_{вн}$ – внутренний объем помещения, м³.
- Приточно-вытяжную вентиляцию применяют при значительном выделении вредных веществ в воздух помещений, в которых необходимо обеспечить особо надежный воздухообмен с повышенной кратностью.
- В тех случаях, когда возможно внезапное поступление в воздух рабочей зоны, опасных токсических и взрывоопасных веществ, проектируют аварийную вентиляцию. При отсутствии в ведомственных документах указаний об аварийной вентиляции следует предусматривать, чтобы она с совместно действующей вентиляцией другого назначения (чаще всего рабочей) обеспечивала при необходимости воздухообмен кратностью $k > 8$ ч⁻¹.

- Аварийная вентиляция должна быть, как правило, вытяжной и удалять воздух наружу. Выбросы аварийной вентиляции не следует располагать в местах постоянного пребывания людей и размещения воздухозаборных устройств систем вентиляции и кондиционирования.
- Естественная вентиляция может осуществляться посредством аэрации или через вытяжные каналы и шахты.
- *Аэрацией* называется организованный управляемый воздухообмен за счет естественных природных сил (ветрового и теплового напоров). Аэрацию применяют для вентиляции производственных помещений большого объема, в которых применение механической вентиляции в целом для всего помещения потребует больших капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

- Естественная; вентиляция через специально предусмотренные вытяжные каналы или шахты рекомендуется для помещений небольших объемов при кратности воздухообмена $k < 3$ ч⁻¹. Для повышения, эффективности работы такой вентиляции на верхнем конце наружной части вытяжных каналов монтируют дефлекторы. Такую систему вентиляции следует применять в помещениях с незначительным выделением вредных веществ (хранилищах, помещениях для хранения минеральных удобрений, кормоцехах, нефтехранилищах, животноводческих помещениях).
- При естественной вентиляции воздух в помещения следует подавать через проемы, расположенные в обеих продольных стенах: в теплый период года на уровне не более 1,8 м от пола до нижнего края проема, в холодный период года на уровне не ниже 4 м.

- Подача приточного воздуха без его подогрева в холодный период года на более низких отметках допускается только при осуществлении мероприятий, предотвращающих непосредственное воздействие холодного воздуха на работающих.
- Выброс воздуха в атмосферу под действием теплого и ветрового напоров следует предусматривать через открывающиеся проемы окон и фонарей, шахты с дефлекторами и без них, исключая случаи, для которых технико-экономическими расчетами обосновано применение вытяжки воздуха системами с механическим побуждением. Число шахт для удаления воздуха из верхней зоны следует принимать минимальным.
- Дефлекторы (рис. 5) обеспечивают устойчивую вытяжку воздуха независимо от направления ветра. Они предназначены для увеличения пропускной способности вытяжных шахт за счет использования ветрового напора. Дефлекторы устроены таким образом, что при обдувании их ветром участок, работающий на вытяжку, имеет большую площадь, чем участок, работающий на приток. В результате разность давлений на концах вытяжной трубы увеличивается, и производительность вентиляции возрастает.

- В шахтах и дефлекторах при необходимости следует предусматривать регулирующие клапаны с приводом, обеспечивающим управление ими из рабочей зоны.
- Управление фрамугами должно быть механизировано и легко осуществляться изнутри и снаружи помещений.
- Воздухоприемные отверстия приточных систем с механическим побуждением, как правило, следует предусматривать в стенах зданий. Допускается также применение отдельно установленных воздухоприемных устройств.

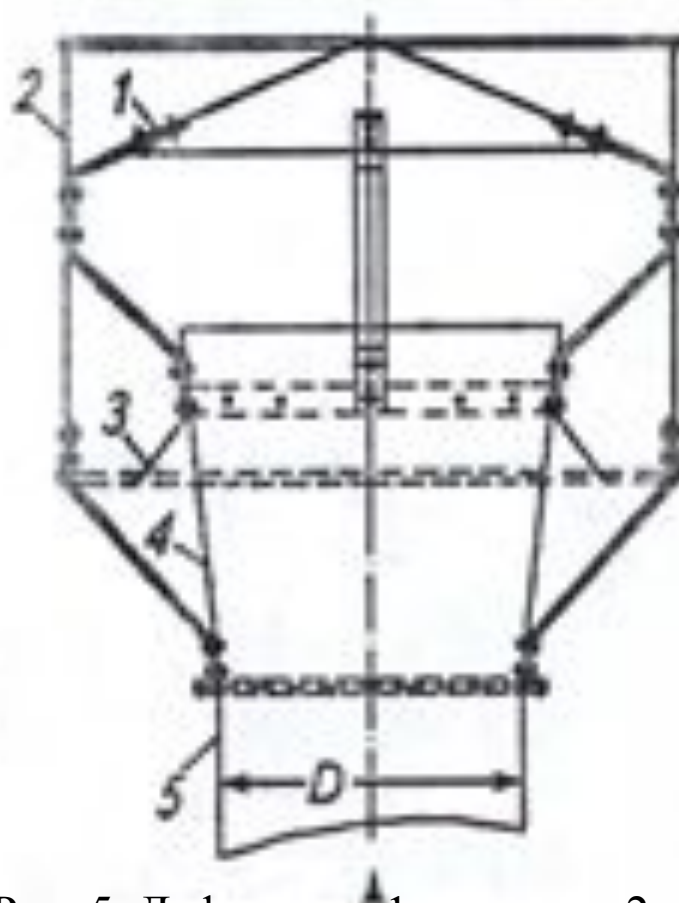


Рис. 5. Дефлектор: 1 – колпак; 2 – обечайка; 3 – конус; 4 – диффузор; 5 – шахта.

- Воздухоприемные отверстия необходимо размещать на высоте не менее 2 м от уровня земли, а при заборе воздуха из зеленой зоны – не менее 1 м от уровня земли.
- При проектировании вытяжной механической вентиляции следует учитывать плотность удаляемых паров и газов. Причем если она меньше плотности воздуха, то воздухоприемники располагают в верхней части помещений, а если больше – в их нижней части.
- Выброс в атмосферу загрязненного воздуха, удаляемого механической вентиляцией, должен предусматриваться над кровлей зданий. Выброс воздуха через отверстия в стенах без устройства шахт, выведенных выше кровли, не допускается.
- В виде исключения выброс может предусматриваться через отверстия в стенах и окнах, если вредные вещества не будут заноситься в другие помещения.

- Выброс в атмосферу взрывоопасных газов должен происходить на расстоянии по горизонтали, равном не менее десяти эквивалентных диаметров (по площади) выбросной трубы, но не менее 20 м от места выброса дымовых газов.
- Местную вытяжную вентиляцию устраивают в местах значительного выделения газов, паров, пыли, аэрозолей. Такая вентиляция предотвращает попадание опасных и вредных веществ в воздух производственных помещений.
- Местную вытяжную вентиляцию следует применять на газо- и электросварочных постах, металлорежущих и заточных станках, в кузнечных цехах, гальванических установках, аккумуляторных цехах, на постах технического обслуживания, в помещениях у мест пуска автомобилей и тракторов.

- Технологические выбросы, а также выбросы воздуха, содержащего пыль, ядовитые газы и пары, следует очищать перед выпуском их в атмосферу.
- Объем воздуха, который необходимо подавать в помещение с требуемыми параметрами воздушной среды в рабочей или обслуживаемой зоне, следует рассчитывать на основании количеств теплоты, влаги и поступающих вредных веществ с учетом неравномерности их распределения по площади помещения. При этом принимают во внимание количество удаляемого из рабочей или обслуживаемой зоны воздуха местными вытяжными устройствами и общеобменной вентиляцией.
- Запрещается рассчитывать необходимый воздухообмен для производственных помещений по табличным значениям кратности воздухообмена k . По этому параметру допускается рассчитывать воздухообмен в основном санитарно-бытовых и общественно-административных помещений.

- При затруднениях в определении количества выделяющихся вредных веществ расчет воздухообмена проводят согласно Санитарным нормам, в которых указано, что в производственных помещениях с объемом на одного работающего менее 20 м³ следует проектировать подачу наружного воздуха в количестве не менее 30 м³/ч на каждого работающего, более 20 м³ – не менее 20 м³/ч на каждого работающего.
- Если в воздух рабочей зоны выделяется несколько вредных веществ однонаправленного действия, то при расчете общеобменной вентиляции следует суммировать объемы воздуха, необходимые, для разбавления каждого вещества в отдельности. Вредные вещества однонаправленного или однородного действия влияют на одни и те же системы организма, поэтому при замене одного компонента смеси другим токсичность смеси не изменяется.

- Однонаправленностью действияобладают, например, смеси углеводородов, сильные минеральные кислоты (серная, соляная, азотная), аммиак и оксиды азота, угарный газ и цементная пыль. В этом случае допустимое содержание вредных веществ определяют по формуле

-

- $$C_1/gпдк_1 + C_2/gпдк_2 + \dots + C_i/пдк_i = 1,$$

- где C_1, C_2, \dots, C_i – концентрации вредных веществ в воздухе помещения, мг/м ; $гпдк_1, гпдк_2, \dots, гпдк_i$ – предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, мг/м .

- Выбросы в атмосферу содержащего вредные вещества воздуха, удаляемого из систем общеобменной вытяжной вентиляции, и рассеивание этих веществ следует предусматривать и обосновывать расчетом таким образом, чтобы концентрации их не превышали в атмосферном воздухе населенных пунктов максимальных среднесуточных значений. Степень очистки выбросов воздуха, содержащего пыль, принимают по справочнику.
- Если в выбросах воздуха содержание пыли не превышает справочных значений то этот воздух разрешается не подвергать очистке.
- Для очистки воздуха, удаляемого из помещений, используют инерционные и центробежные пылеотделители, а также фильтры

- На следующем этапе проектирования составляют расчетную схему сети воздуховодов, на которой указывают местные вытяжные устройства и сопротивления (колена, повороты, шиберы, расширения, сужения), а также номера расчетных участков сети. Расчетный участок – это воздуховод, по которому проходит одинаковый объем воздуха при одинаковой скорости.
- По количеству воздуха, проходящего в воздуховоде за единицу времени, и его полному давлению подбирают центробежный вентилятор по аэродинамическим характеристикам.
- В соответствии со Строительными нормами и правилами выбирают вентилятор нужного исполнения: обычного, антикоррозионного, взрывобезопасного, пылевого. Рассчитывают необходимую мощность электродвигателя, по которой подбирают электродвигатель соответствующего исполнения. Выбирают способ соединения электродвигателя с вентилятором.
- Определяют способ обработки приточного воздуха: очистка, подогрев, увлажнение, охлаждение.

Расчет естественной вентиляции

- Для расчета естественной вентиляции необходимо иметь следующие данные: назначение, наименование помещения и его размеры, наименование и количество машин, материалов или сырья, от которых выделяются вредные пары, газы, пыль, аэрозоли. среднюю скорость господствующего ветра для данной местности ПДК вредных веществ принимают по ГОСТ 12.1.005–88* или по гигиеническим нормативам ГН 2.2.5.686–98
- Далее определяют количество выделяющихся в воздух помещений вредных веществ за единицу времени.
- Воздухообмен, м³/ч, необходимый для поддержания в помещении допустимой концентрации вредных газов или паров рассчитывают по формуле

- Воздухообмен, м³/ч, необходимый для поддержания в помещении допустимой концентрации вредных газов или паров рассчитывают по формуле
 - $L = G/(g_{\text{доп}} - g)$,
- где G – количество вредных газов или паров, выделяющихся в помещении за единицу времени, мг/ч; $g_{\text{доп}}$ – ПДК вредных веществ в помещении, мг/м³; g – концентрация вредных веществ в воздухе, поступающем в помещение, мг/м³; обычно $g = 0$, в остальных случаях g не должна превышать 30 % от ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

- Затем вычисляют суммарную площадь сечения вентиляционных каналов, м²:

$$\Sigma F = \frac{L}{15948\psi \sqrt{\frac{h(\rho_n - \rho_v)}{\rho_n}}}$$

где ψ – коэффициент, учитывающий сопротивление движению воздуха в каналах (обычно принимают $\psi = 0,5$); h – высота вытяжных

- каналов, м; ρ_n , ρ_v – плотность наружного и внутреннего воздуха, соответственно, кг/м³.
- Плотность воздуха, кг/м³,

$$\rho = 353 / 273+t$$

где t – температура воздуха, при которой определяют плотность, 0 С.

- Если давление воздуха отличается от нормального (760 мм рт. ст. или 1,01 105 Па), то плотность воздуха, кг/м³, определяют по формуле
- $\rho = 0,4645(p / 273+t)$, где p – атмосферное давление, мм рт. ст.
- Площадь сечения одной вытяжной шахты
- принимают конструктивно, учитывая нормализованный ряд размеров дефлекторов. Рассчитывают число каналов:
- $n_{\text{выт}} = \Sigma F / f$,
- где f – площадь сечения одной шахты, м².
- Объем воздуха, удаляемого через один дефлектор, м³/ч,
 - $L_{\partial} = L / n_{\text{выт}}$

- Диаметр патрубка дефлектора, м,
- $Dл = 0,0188 (Lд / Kэф vв) - 0,5$

где $Kэф$ – коэффициент эффективности: для дефлекторов ЦАГИ $Kэф = 0,4$; $vв$ – средняя скорость ветра, м/с.

- Для местности средняя скорость ветра в наиболее жаркие месяцы приблизительно равна 3,5 м/с, в наиболее холодный (январь) – 5,8 м/с.
- Установлены следующие значения диаметров горловин дефлекторов: 200, 315, 400, 500, 630, 710, 800, 900 и 1000 мм. По требованию потребителей допускается изготовление дефлекторов, диаметр горловины которой более 1000 мм. Поэтому полученное значение $Dл$ следует округлять в большую сторону до ближайшего значения из указанного ряда.
- В конце расчета естественной вентиляции определяют места установки вытяжных каналов и дефлекторов.

Расчет аэрации

- Аэрацию максимально используют в горячих цехах (литейных, кузнечно-прессовых и др.) для отвода из помещений излишка выделяемой теплоты, уменьшения концентрации пыли газов и снижения энергопотребления системами вентиляции. Расчет аэрации (рис. 6) проводят без учета ветрового напора для летнего времени, как наиболее неблагоприятного для осуществления этого процесса. Сущность расчета состоит в определении площади приточных и вытяжных проемов.

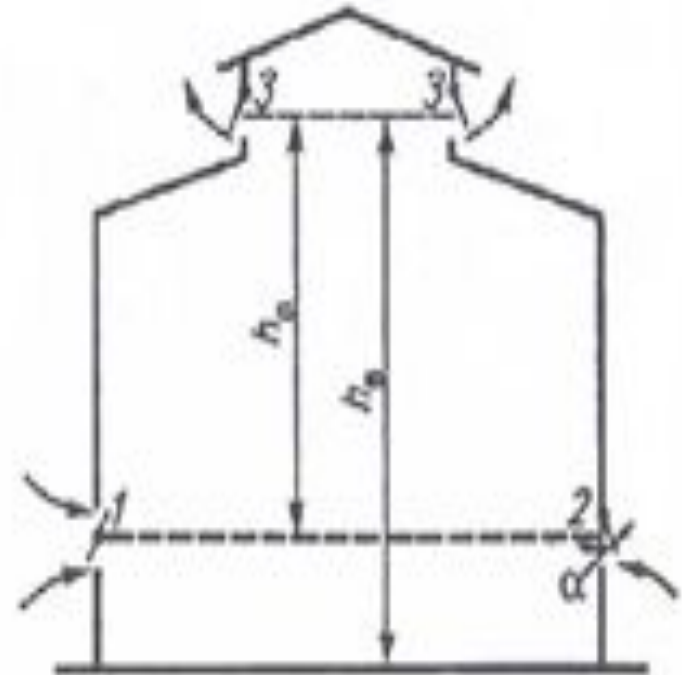


Рис. 6. Схема к расчету аэрации: 1 – среднеподвесная приточная створка; 2 – верхнеподвесная приточная створка; 3 – верхнеподвесная вытяжная створка.

- Сначала определяют требуемый воздухообмен, м³/ч, помещения, в воздух которого выделяются вредные вещества:
 - $L = G(g_{доп} - g)$.
- При расчете по избыткам теплоты количество воздуха L , м³/ч, поступающего через проемы в стенах и удаляемого через аэрационные
- фонари, рассчитывают по формуле:
 - $L = (\chi ka Q) / 6,28(tв - tн)$
- где χ – коэффициент, учитывающий высоту расположения центров
- приточных проемов от пола; ka – коэффициент, учитывающий температурный режим в помещении и определяемый по формуле:
- $ka = (tв - tн) / (tу - tн)$; Q – количество теплоты, выделяющейся в
- помещении, Вт; $tв$ – температура воздуха в рабочей зоне, оС; $tн$ – расчетная температура наружного воздуха, оС, принимаемая равной средней температуре в 13 ч самого жаркого месяца года; $tу$ –

- температура удаляемого воздуха, определяемая из выражения;
- $t_y = t_v \alpha (h_v^2)$,
 α – градиент температуры по высоте помещения, °С/м:
- для помещений с удельным количеством выделяемой теплоты $q < 23$ Вт/м³ $\alpha = 0,5$ °С/м, при $q > 23$ Вт/м³ $\alpha = 0,7 \dots 1,5$ °С/м.
- Приблизительно можно считать $t_y = t_n + (10 \dots 15)$ оС;
- h_v – расстояние от пола до оси вытяжных проемов. Как правило, принимают $h_v > 4,5$ м.

- По полученному значению воздухообмена L вычисляют площадь приточных вытяжных проемов.
- **Контрольные вопросы**
- 1. Какие существуют системы вентиляции по способу побуждения движения воздуха?
- 2. Под действием какого напора осуществляется вентилирование помещений в системах естественной вентиляции?
- 3. Какие помещения оборудуются системами вытяжной вентиляции ?
- 4. С какой целью проектируют специальные вентилируемые кабины?
- 5. В чем состоит расчет аэрации?
- 6. Назначение, устройство и принцип действия дефлектора.
- 7. Назначение, виды и область применения местной системы вентиляции.

Воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$, необходимый для поддержания в помещении допустимой концентрации вредных газов или паров рассчитывают по формуле

$$L = G / (g_{\text{доп}} - g),$$

где G – количество вредных газов или паров, выделяющихся в помещении за единицу времени, $\text{мг}/\text{ч}$; $g_{\text{доп}}$ – ПДК вредных веществ в помещении, $\text{мг}/\text{м}^3$; g – концентрация вредных веществ в воздухе, поступающем в помещение, $\text{мг}/\text{м}^3$; обычно $g = 0$, в остальных случаях g не должна превышать 30 % от ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

Затем вычисляют суммарную площадь сечения вентиляционных каналов, м^2 :

$$\Sigma F = \frac{L}{15948 \psi \sqrt{\frac{h(\rho_n - \rho_e)}{\rho_n}}},$$

где ψ – коэффициент, учитывающий сопротивление движению воздуха в каналах (обычно принимают $\psi = 0,5$); h – высота вытяжных каналов, м ; ρ_n , ρ_e – плотность наружного и внутреннего воздуха, соответственно, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$,

$$\rho = \frac{353}{273 + t},$$