

**ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

# **ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

**Курс лекций**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

# **МЕСТНАЯ ПРИТОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

**Местная приточная вентиляция** предназначена для обеспечения нормируемых параметров воздуха на отдельных рабочих местах.

Область применения **местной приточной вентиляции**:

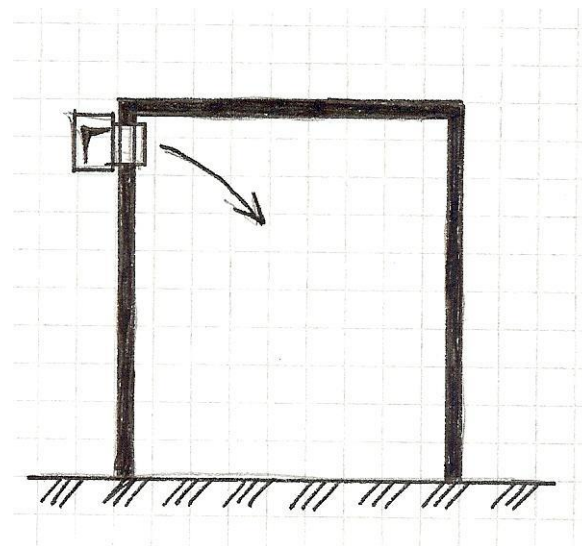
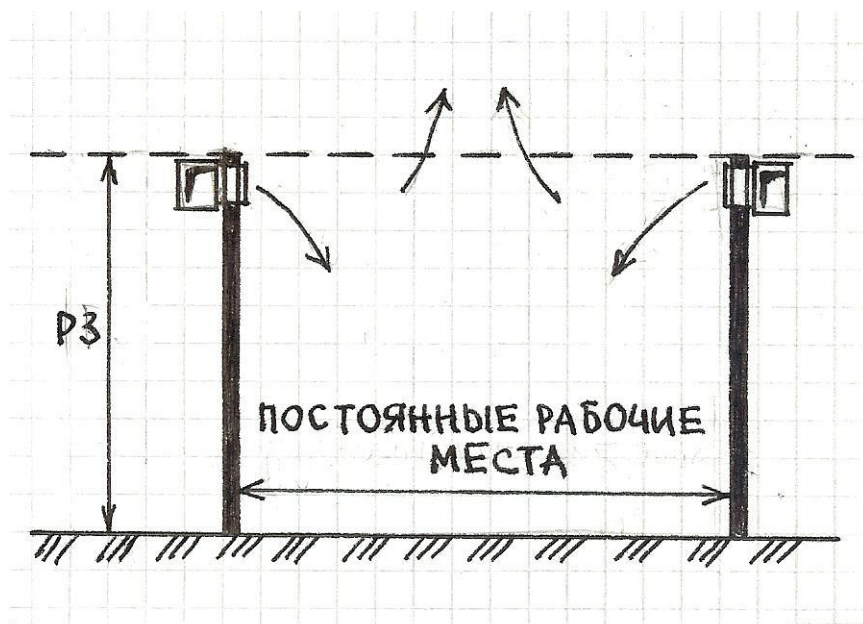
- когда постоянные рабочие места располагаются сосредоточенно на разных участках обширной рабочей зоны;
- когда рабочее место подвергается интенсивному тепловому облучению.

Виды местной приточной вентиляции:

1. **Воздушный оазис** - создание и поддержание на разных участках рабочей зоны нормируемых условий воздушной среды.
2. **Воздушное душирование** — подача воздуха на постоянное рабочее место, подвергающееся интенсивному тепловому облучению.



## Воздушный оазис



### **Воздушное душирование.**

При воздушном душировании струя приточного воздуха с помощью специальных «душирующих патрубков» подается на подверженное интенсивному тепловому облучению рабочее место. Таким образом, с поверхности тела работающего потоком воздуха «снимается» часть теплоты, поступающей от горячих изделий.

*Параметры воздуха на месте душирования* отличаются от параметров в рабочей зоне и зависят от

категории работы

и

величины поверхностной плотности лучистого теплового потока  
(см. СП 60.13330.2012 и СанПиН 2.2.4.548-96)



**Из СП 60.13330.2012 актуализированная редакция СНиП 41-01-2003  
«Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»:**

«5.9 В производственных помещениях горячих цехов при облучении с поверхностной плотностью лучистого теплового потока  $140 \text{ Вт/м}^2$  и более следует предусматривать охлаждающие панели или **душирование рабочих мест воздухом**; температуру и скорость движения воздуха на рабочем месте следует принимать по приложению Г...»

\*\*\*\*\*

**7.1.12** Воздушное душирование наружным воздухом или смесью наружного и рециркуляционного воздуха, или охлажденным воздухом постоянных рабочих мест следует предусматривать при облучении лучистым тепловым потоком с плотностью более  $140 \text{ Вт/м}^2$  в соответствии с 5.9.

В плавильных, литейных, прокатных и других горячих цехах допускается душирование рабочих мест внутренним воздухом аэрируемых пролетов этих цехов с охлаждением или без охлаждения воздуха.»



Системы воздушного душирования для подачи воздуха на рабочие места следует проектировать **отдельными** от систем другого назначения.

Воздушное душирование может быть использовано также для предотвращения распространения вредных веществ на постоянные рабочие места при открытых технологических процессах, сопровождающихся выделением вредных веществ, и невозможности устройства укрытия или местной вытяжной вентиляции.



**ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное)**

**ТЕМПЕРАТУРА И СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА ПРИ ВОЗДУШНОМ ДУШИРОВАНИИ**

Таблица Г.1

| Категория работ               | Температура воздуха вне струи, °С    | Средняя на 1 м² скорость воздуха в душирующей струе на рабочем месте, м/с | Температура смеси воздуха в душирующей струе, °С, на рабочем месте при поверхностной плотности лучистого теплового потока, Вт/м² |     |      |      |      |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|------|------|
|                               |                                      |                                                                           | 140-350                                                                                                                          | 700 | 1400 | 2100 | 2800 |
| Легкая –<br>Iа, Iб            | Принимать по графам 3-5 приложения В | 1                                                                         | 28                                                                                                                               | 24  | 21   | 16   | -    |
|                               |                                      | 2                                                                         | -                                                                                                                                | 28  | 26   | 24   | 20   |
|                               |                                      | 3                                                                         | -                                                                                                                                | -   | 28   | 26   | 24   |
|                               |                                      | 3,5                                                                       | -                                                                                                                                | -   | -    | 27   | 25   |
| Средней тяжести –<br>IIа, IIб |                                      | 1                                                                         | 27                                                                                                                               | 22  | -    | -    | -    |
|                               |                                      | 2                                                                         | 28                                                                                                                               | 24  | 21   | 16   | -    |
|                               |                                      | 3                                                                         | -                                                                                                                                | 27  | 24   | 21   | 18   |
|                               |                                      | 3,5                                                                       | -                                                                                                                                | 28  | 25   | 22   | 19   |
| Тяжелая –<br>III              |                                      | 2                                                                         | 25                                                                                                                               | 19  | 16   | -    | -    |
|                               |                                      | 3                                                                         | 26                                                                                                                               | 22  | 20   | 18   | 17   |
|                               |                                      | 3,5                                                                       | -                                                                                                                                | 23  | 22   | 20   | 19   |



### Примечания

1. При температуре воздуха вне струи, отличающейся от указанной в таблице, температуру смеси воздуха в душирующей струе на рабочем месте следует повышать или понижать на  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  на каждый градус разности от значения, приведенного в таблице, но принимать не ниже  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
2. Поверхностную плотность лучистого теплового потока следует принимать равной средней за время облучения.
3. При длительности воздействия лучистого теплового потока менее 15 или более 30 мин непрерывной работы температуру смеси воздуха в душирующей струе допускается принимать соответственно на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше или ниже значений, приведенных в таблице.
4. Для промежуточных значений поверхностной плотности лучистого теплового потока температуру смеси воздуха в душирующей струе следует определять интерполяцией.



«6.7. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 3.

Таблица 3

**Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников**

| Облучаемая поверхность тела, % | Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 50 и более                     | 35                                                              |
| 25-50                          | 70                                                              |
| не более 25                    | 100                                                             |

6.8. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.) не должны превышать 140 Вт/м<sup>2</sup>. При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.»



## Из СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

«6.9. При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать в зависимости от категории работ следующих величин:

- 25°C - при категории работ Ia;
- 24°C - при категории работ Ib;
- 22°C - при категории работ IIa;
- 21°C - при категории работ IIб;
- 20°C - при категории работ III.

6.10. В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, условия микроклимата следует рассматривать как вредные и опасные. **В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия** (например, системы местного кондиционирования воздуха, **воздушное душирование**, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха и обогрева, регламентация времени работы, в частности, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и др.).»

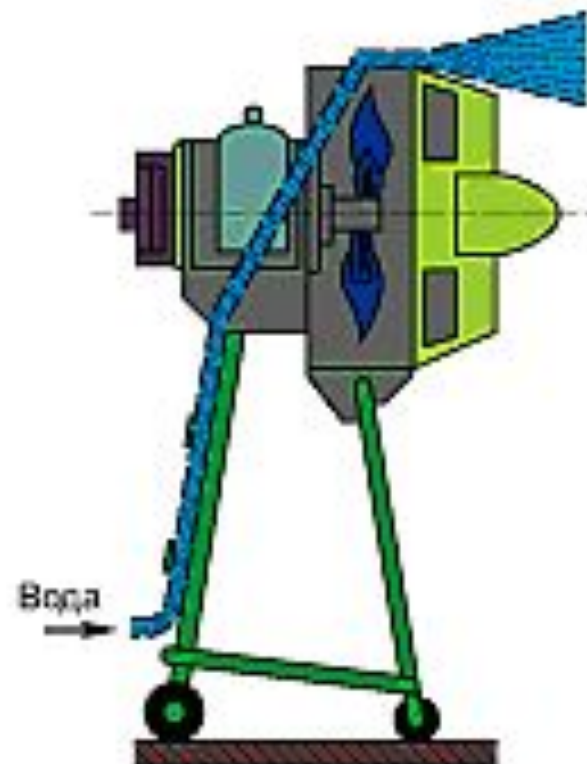
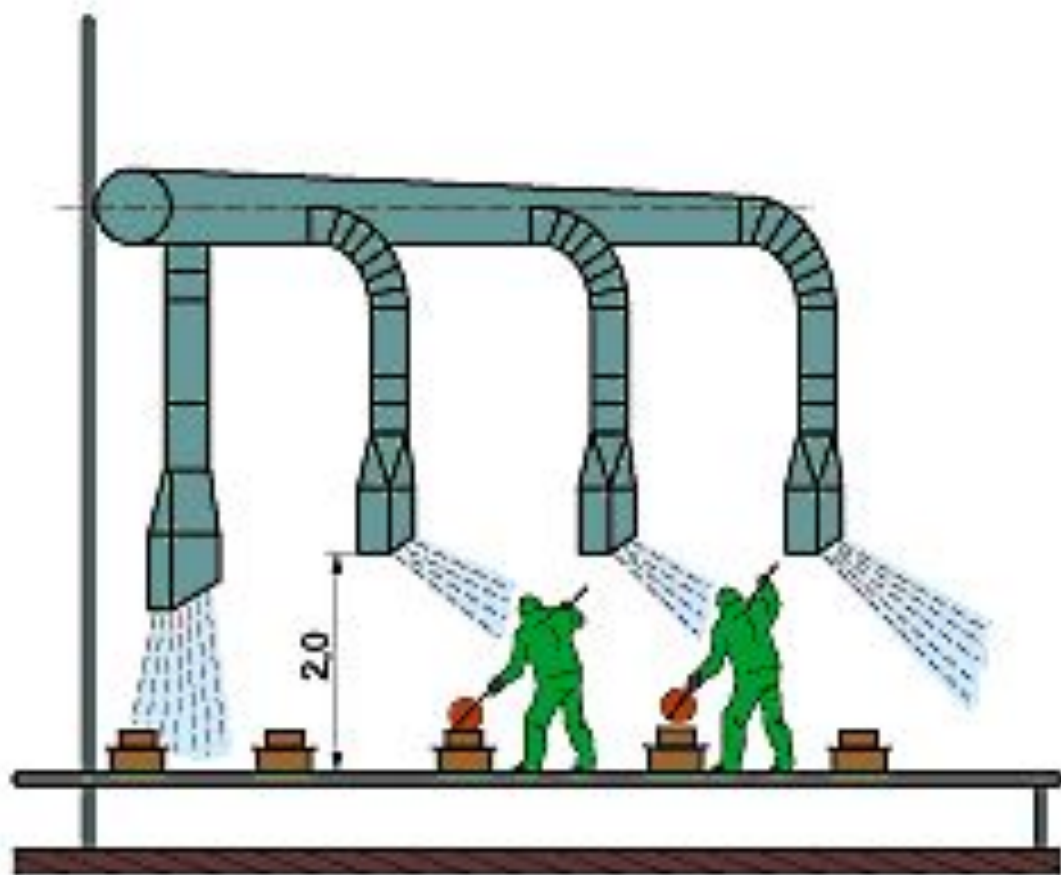




**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

## Основы расчета воздушного душирования

В основе расчета воздушного душирования – закономерности свободных приточных турбулентных струй.

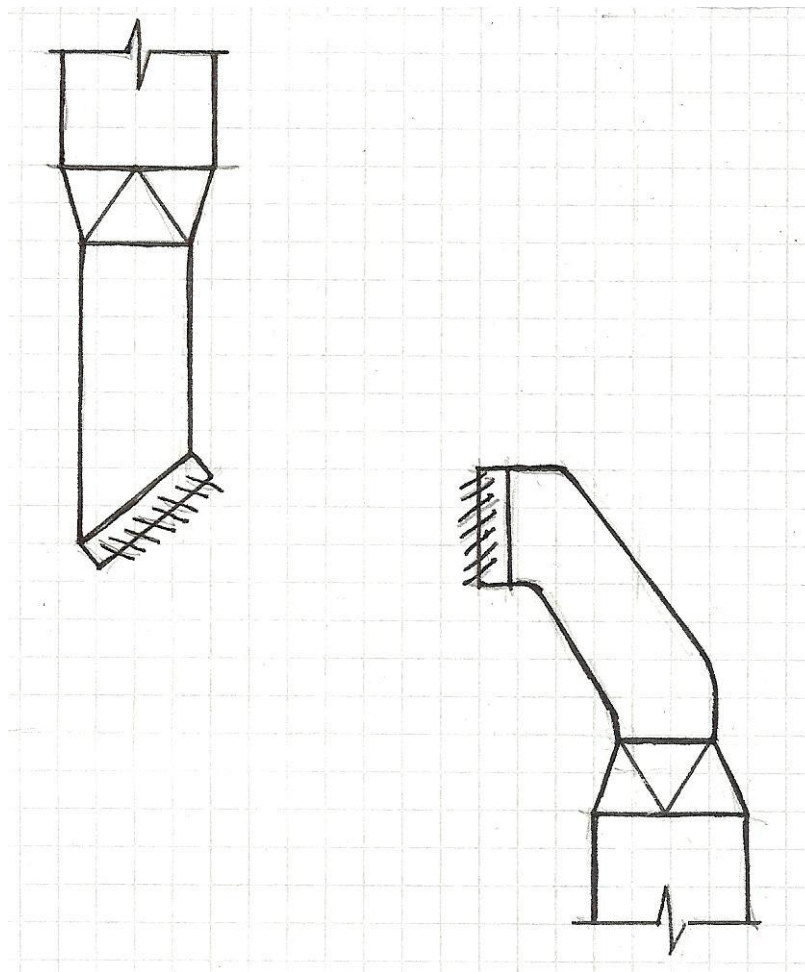
Задача состоит в том, чтобы определить среднюю скорость в поперечном сечении струи и сравнить ее с с нормируемой.

Расчет сводится к определению:

- площади живого сечения душирующего патрубка, подбору стандартного патрубка,
- скорости и расхода воздуха на выходе из патрубка,
- температуры воздуха на выходе из патрубка.



## Конструкции душирующих патрубков





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

## **Борьба со взрывами и пожарами средствами вентиляции**

Воспламенение или взрыв веществ, содержащихся в воздухе, возможны при следующих условиях:

- 1) Если концентрация вещества находится в интервале между **нижним (НПВК)** и **верхним (ВПВК) пределом взрывоопасной концентрации**.
- 2) Если имеется постоянный или продолжительно действующий источник теплоты достаточной мощности.
- 3) Если имеется свободный доступ кислорода, в результате чего повышается его содержание в воздухе.

Обычно в вытяжных воздуховодах общеобменной вентиляции взрывоопасные концентрации не образуются. Другое дело - местные отсосы.



Вентиляционные мероприятия:

1) Разбавление вредностей до безопасных концентраций

$$G_{\text{вент}} > \frac{G_{\text{вредн}}}{u_{\text{НПВК}}}, \text{ кг/с}$$

2) Взрыво-пожаробезопасное исполнение вентиляционного оборудования.

3) Применение воздухо-воздушных эжекторов при удалении особо опасных вредностей.



# **АВАРИЙНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

Классификация аварийных ситуаций в производственных помещениях:

1. Концентрации вредных веществ повышаются не более чем на один порядок и кратковременное пребывание людей в такой атмосфере допустимо.
2. Без серьезного разрушения оборудования и коммуникаций выделяется значительное количество вредных веществ (концентрации во много раз превышают ПДК).
3. Происходит разрушение оборудования или коммуникаций (создаются пожаро-взрывоопасные концентрации).

Аварии с разрушением здания не рассматриваются, т.к. при этом исчезают помещения.



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

Само название **«АВАРИЙНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ»** говорит о назначении этого вида вентиляции. Этот вид вентиляции предназначен для работы в аварийных условиях с целью снижения концентрации вредных веществ в воздухе производственных помещений.

Из СП 60.13330.2012 актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»:

«7.6.1 **Аварийную вентиляцию** для помещений, в которых возможно внезапное поступление большого количества вредных или горючих газов, паров или аэрозолей, **следует предусматривать** в соответствии с требованиями технологической части проекта, учитывая несовместимость по времени аварии технологического и вентиляционного оборудования.

**Расход воздуха** для аварийной вентиляции **следует принимать** по данным технологической части проекта.»



Аварийная вентиляция проектируется, в основном, на предприятиях химической промышленности, газового хозяйства и пр. в дополнение к общеобменной вентиляции.

**Включается на период аварийного выброса вредных веществ.**

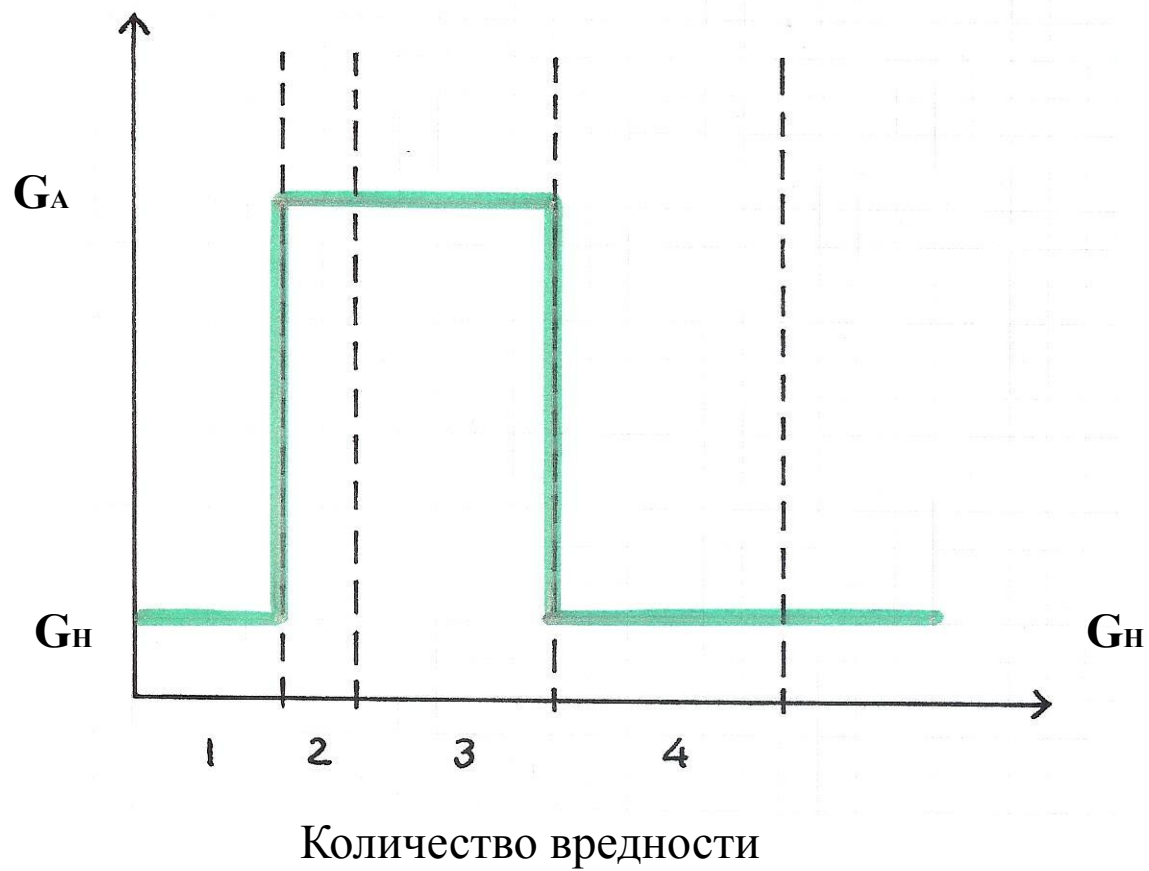
Как правило, предусматривается механическая, вытяжная вентиляция, рассчитанная на значительную кратность воздухообмена. Таким образом, создается отрицательный воздушный баланс, препятствующий распространению вредных веществ в соседние помещения.

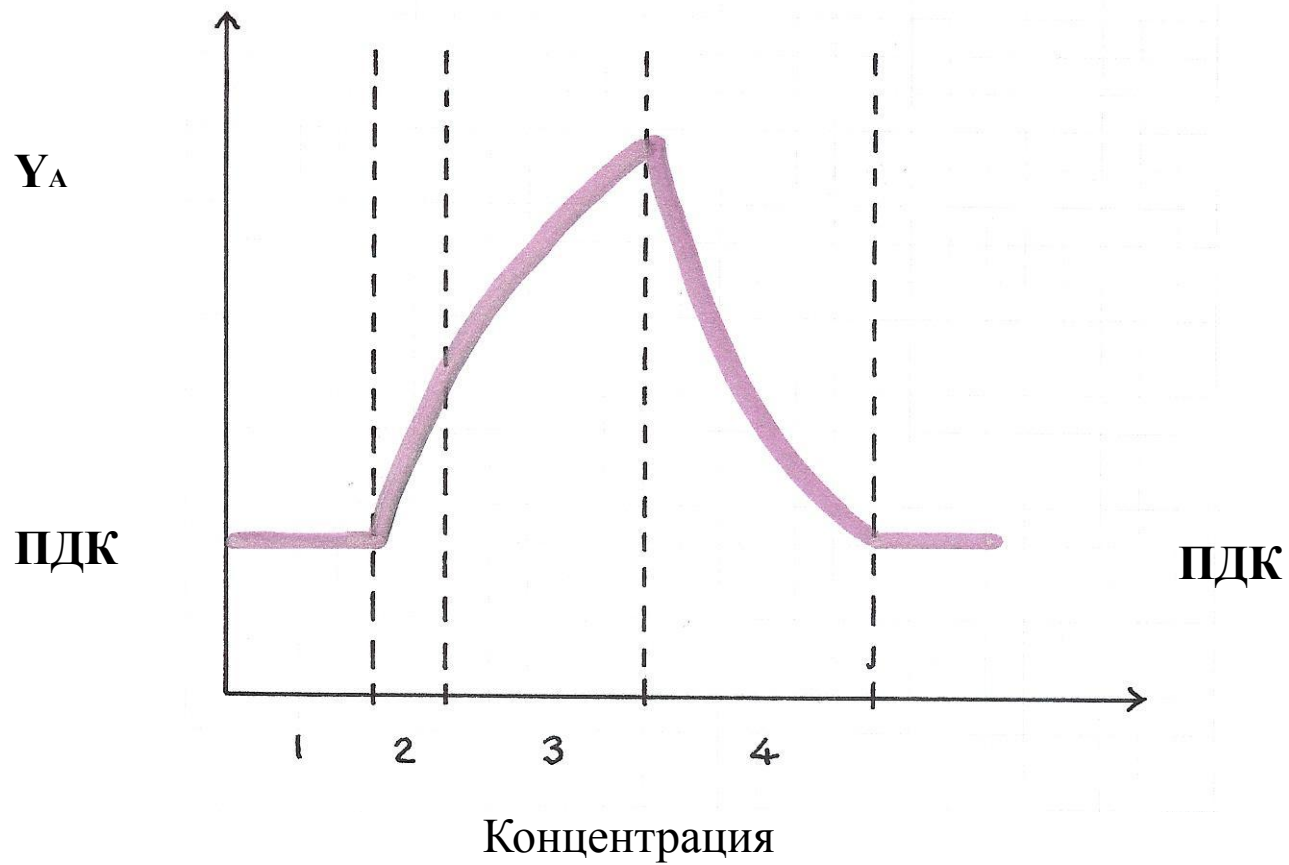
Предъявляются повышенные требования к взрыво- и пожаробезопасности.

Рассмотрим процессы, происходящие при аварии. Их можно разделить на 4 стадии:

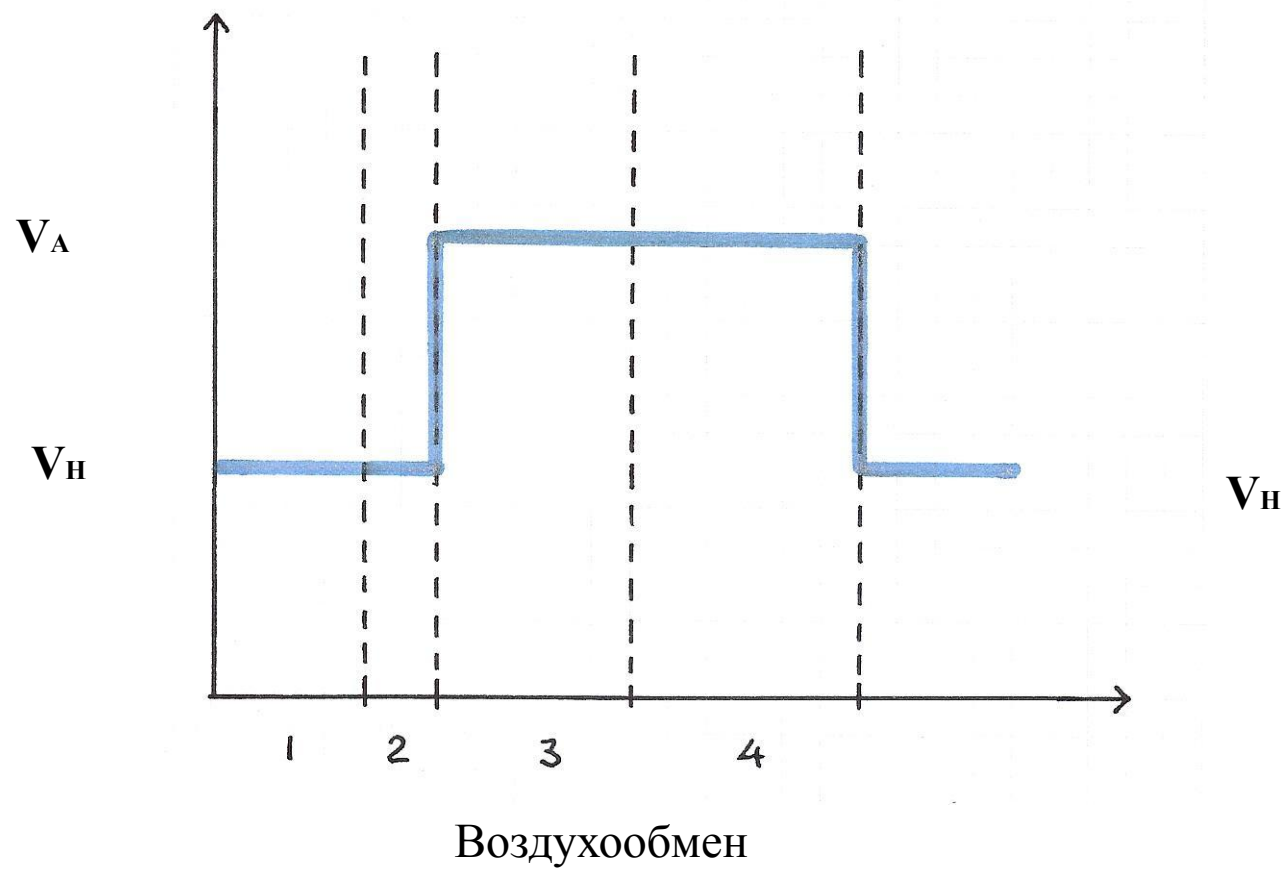
- **1 - предаварийная стадия;**
- **2 - стадия задержки срабатывания автоматики;**
- **3 - аварийная стадия;**
- **4 - стадия ликвидации аварии.**



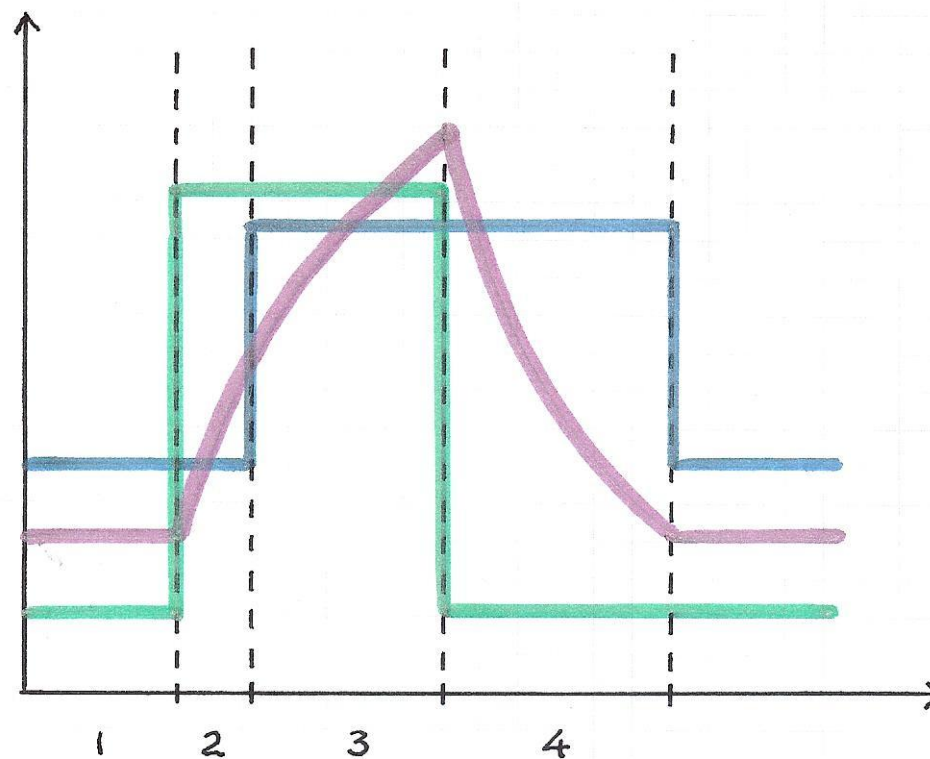




Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

Для расчета аварийной вентиляции используется методика, разработанная институтом МИОТ и основанная на использовании дифференциальных уравнений баланса вредностей в помещении. В результате расчетов методом подбора определяется кратность воздухообмена аварийной вентиляции, проверяется величина **максимальной концентрации ( $\leq 15$  ПДК)**.



Из СП 60.13330.2012 актуализированная редакция СНиП 41-01-2003  
«Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»:

«7.6.4 Для аварийной вентиляции следует использовать:

а) основные системы общеобменной вентиляции с резервными вентиляторами, а также системы местных отсосов с резервными вентиляторами, обеспечивающие расход воздуха, необходимый для аварийной вентиляции;

б) системы, указанные в подпункте «а», и дополнительно системы аварийной вентиляции на недостающий расход воздуха;

в) только системы аварийной вентиляции, если использование основных систем невозможно или нецелесообразно.»



«7.6.5 Вытяжные устройства (решетки или патрубки) для удаления поступающих в помещение газов и паров системами аварийной вентиляции необходимо размещать с учетом требований [7.5.10](#) и [7.5.11](#) в следующих зонах:

- а) в рабочей - при поступлении газов и паров с удельным весом более удельного веса воздуха в рабочей зоне;
- б) в верхней - при поступлении газов и паров с меньшим удельным весом.

7.6.6 Для возмещения расхода воздуха, удаляемого аварийной вентиляцией, следует использовать:

- а) системы общеобменной приточной вентиляции с резервными вентиляторами, обеспечивающими необходимый расход воздуха;
- б) системы, указанные в 7.6.6 а, и дополнительно системы специальной приточной вентиляции на недостающий расход воздуха;
- в) специальные приточные системы с механическим или естественным побуждением на необходимый расход воздуха;
- г) приток наружного воздуха через автоматически открываемые проемы.»



# **ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВЫЕ ЗАВЕСЫ**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

Воздушно-тепловые завесы могут быть двух типов:

1. Смесительного (нагретый воздух подается в тамбур);
2. Шиберующего (плоские приточные струи, перекрывающие проем ворот)



Из СП 60.13330.2012 актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»:

«7.7.1 **Воздушные и воздушно-тепловые завесы** следует предусматривать:

а) у постоянно открытых проемов в наружных стенах помещений, а также у ворот и проемов в наружных стенах, **не имеющих тамбуров и открывающихся более пяти раз или не менее чем на 40 мин в смену**, в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 15 °С и ниже (параметры Б);

\*\*\*\*\*

г) у наружных дверей, ворот и проемов помещений с мокрым режимом;

д) при обосновании - у проемов во внутренних стенах и перегородках производственных помещений для предотвращения перетекания воздуха из одного помещения в другое;

е) у ворот, дверей и проемов помещений с кондиционированием или по заданию на проектирование, или по специальным технологическим требованиям.

Расход воздуха и теплоты воздушных и воздушно-тепловых завес периодического действия не следует учитывать в воздушном и тепловом балансах здания.»



«7.7.2 Воздушные и воздушно-тепловые завесы у наружных проемов, ворот и дверей следует рассчитывать с учетом ветрового давления. Расход воздуха следует определять, принимая температуру наружного воздуха и скорость ветра при параметрах Б, но не более 5 м/с. Если скорость ветра при параметрах Б меньше, чем при параметрах А, то подбор воздухонагревателей следует осуществлять по большему из расходов теплоты на нагрев воздуха, рассчитанных при параметрах А и Б. **Скорость выпуска воздуха из щелей или отверстий воздушно-тепловых завес следует принимать не более, м/с:**

**8 - у наружных дверей;**

**25 - у ворот и технологических проемов.»**



«7.7.3 **Расчетную температуру смеси воздуха**, поступающего в помещение через наружные двери, ворота и проемы, следует принимать **не менее, °С, :**

**18** - для вестибюлей зданий общественного назначения;

**12** - для производственных помещений при легкой работе и работе средней тяжести и для вестибюлей общественных и административно-бытовых зданий;

**5** - для производственных помещений при тяжелой работе и отсутствии постоянных рабочих мест на расстоянии 6 м и менее от дверей, ворот и проемов.»



Расчет воздушно-тепловой завесы состоит в:

1. Определении расхода подаваемого в завесу воздуха;
2. Определении температуры и скорости воздуха в завесе;
3. Определении тепловой нагрузки на калорифер завесы;
4. Определении дополнительных тепловпотерь в помещении.

Для расчета используется метод фиктивных давлений при решении обратной задачи аэрации.



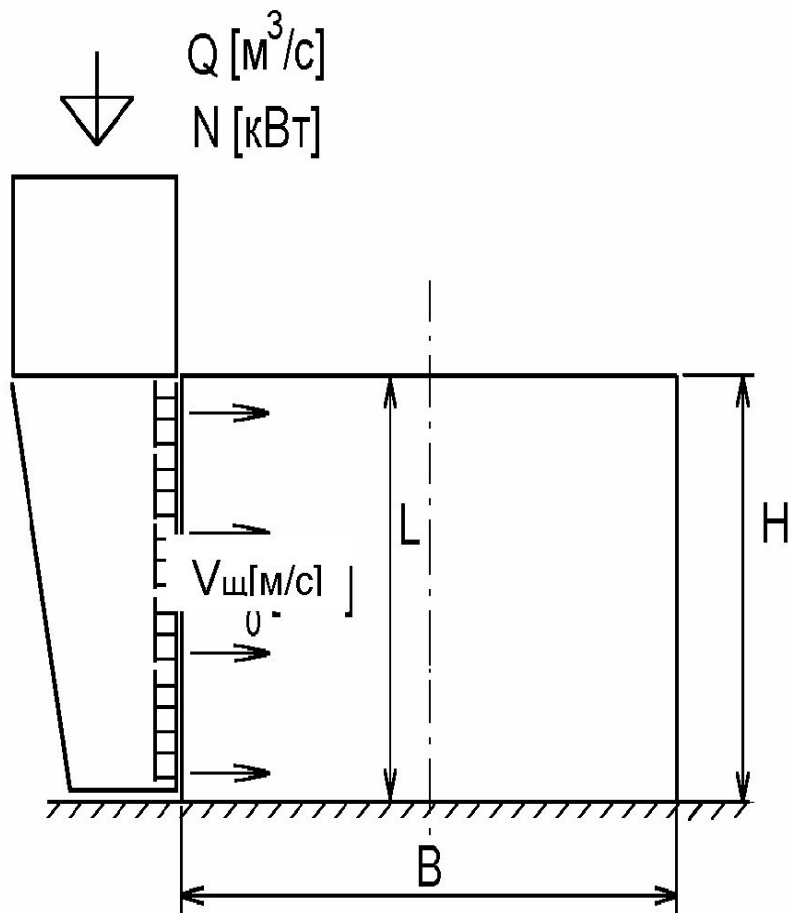
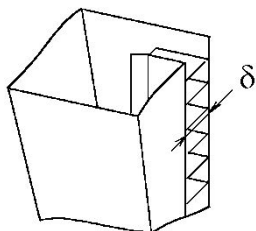
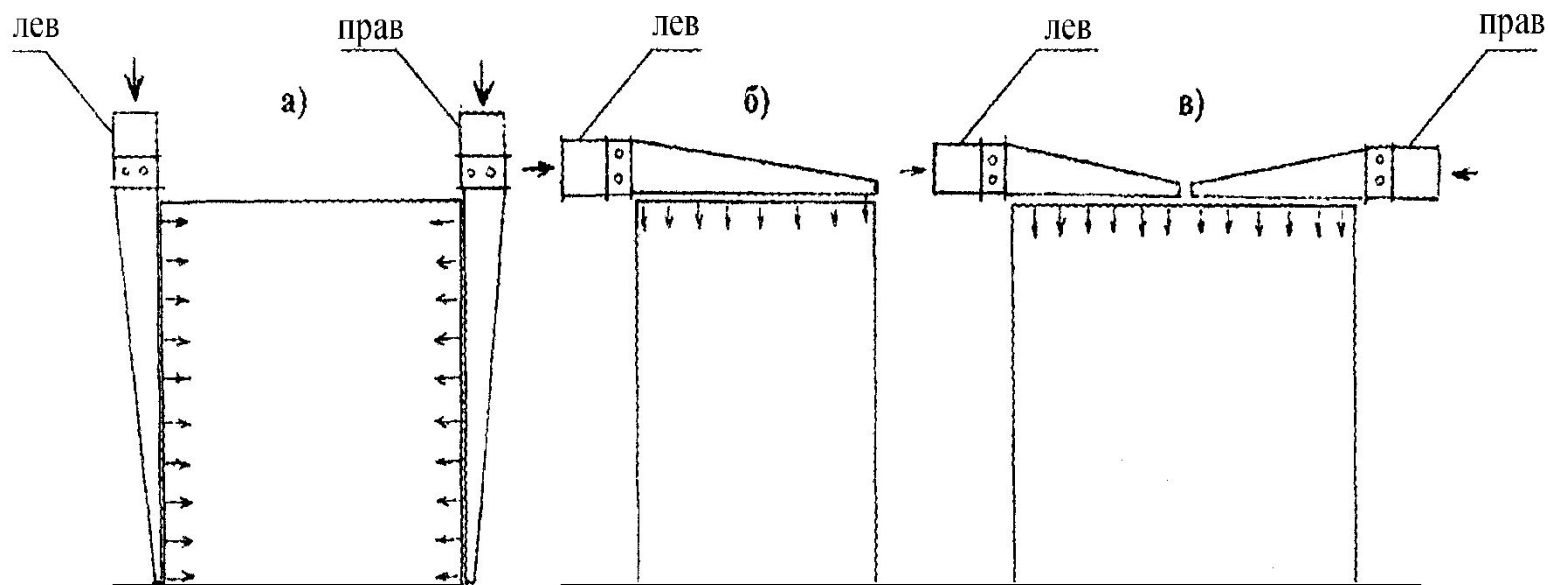


Схема односторонней воздушно-тепловой завесы



## Варианты расположения воздушно-тепловых завес:

а)-вертикальное; б,в)-горизонтальное



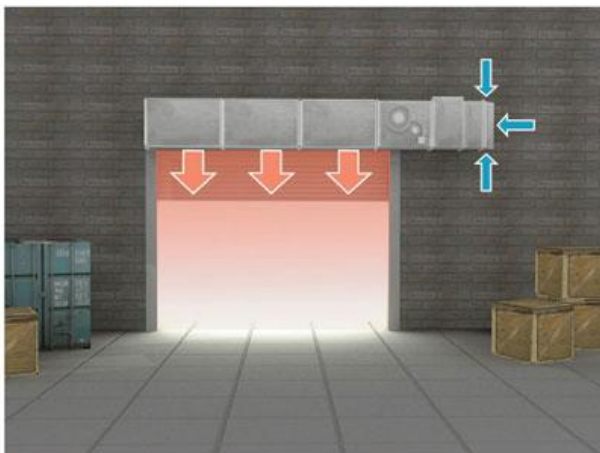


Рис. 1. Горизонтальная установка



Рис. 2. Вертикальная установка.  
Большая площадь проема.

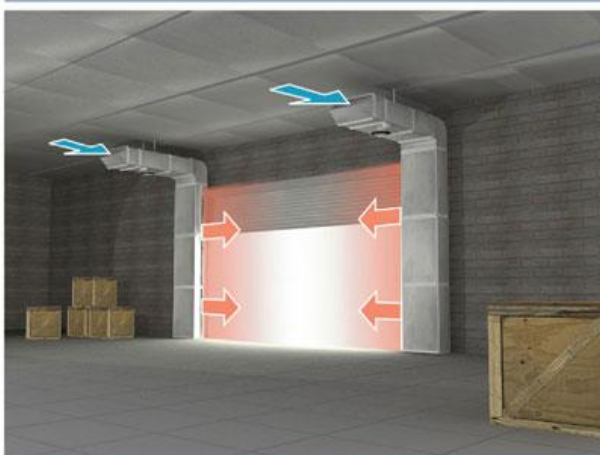
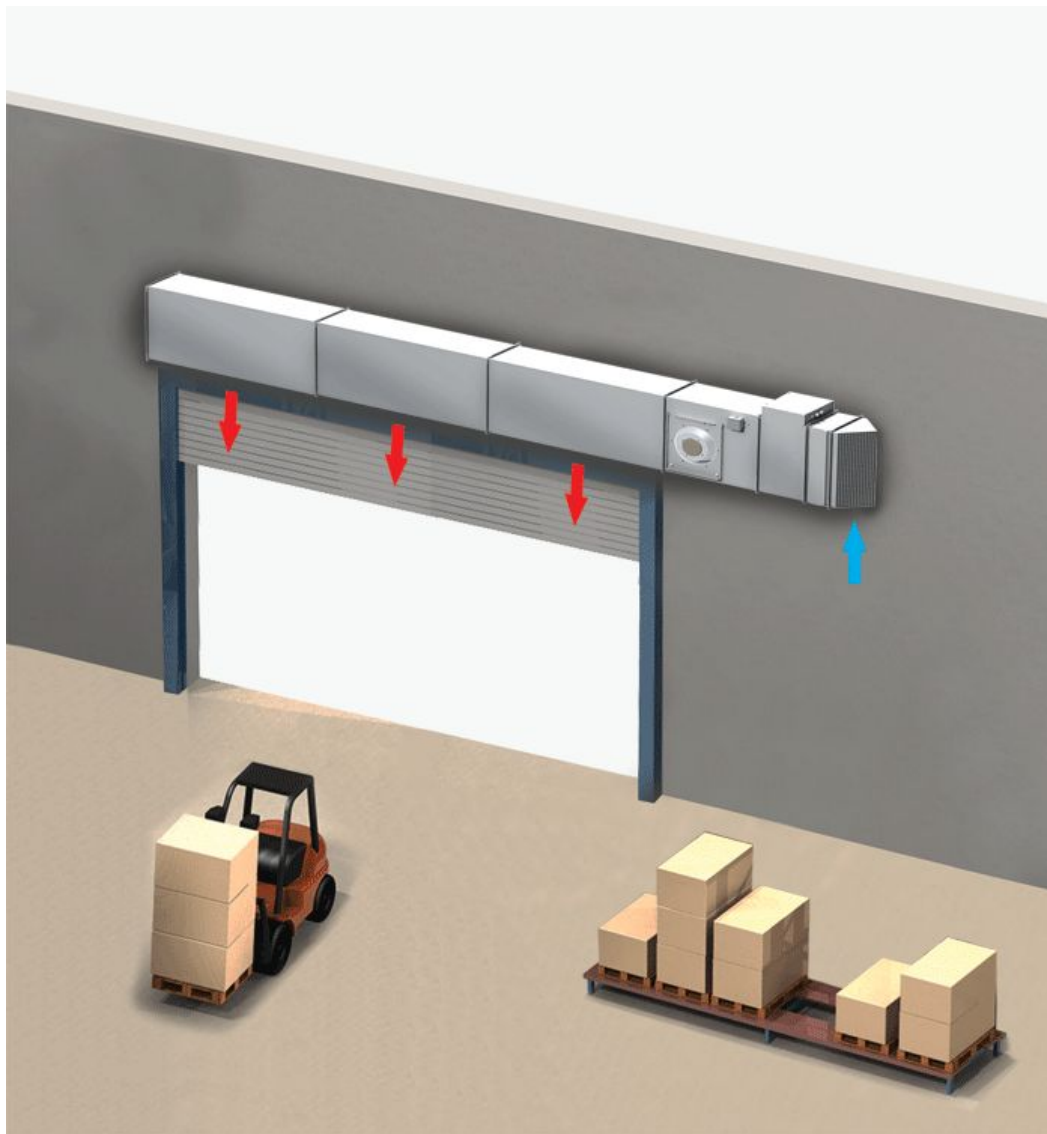


Рис. 3. Вертикальная установка с  
поворотным элементом.

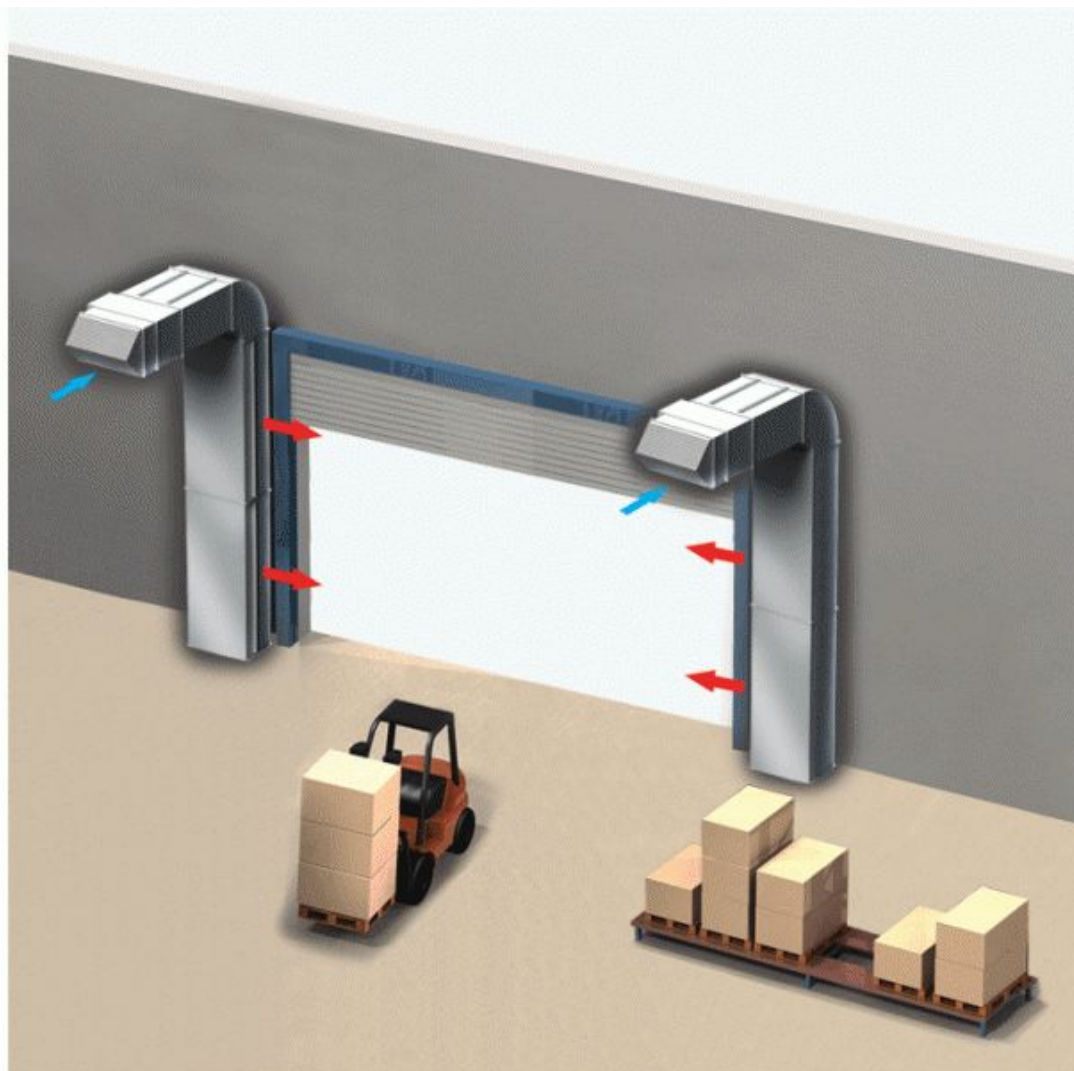


Рис. 4. Вертикальная установка.  
Малая площадь проема.

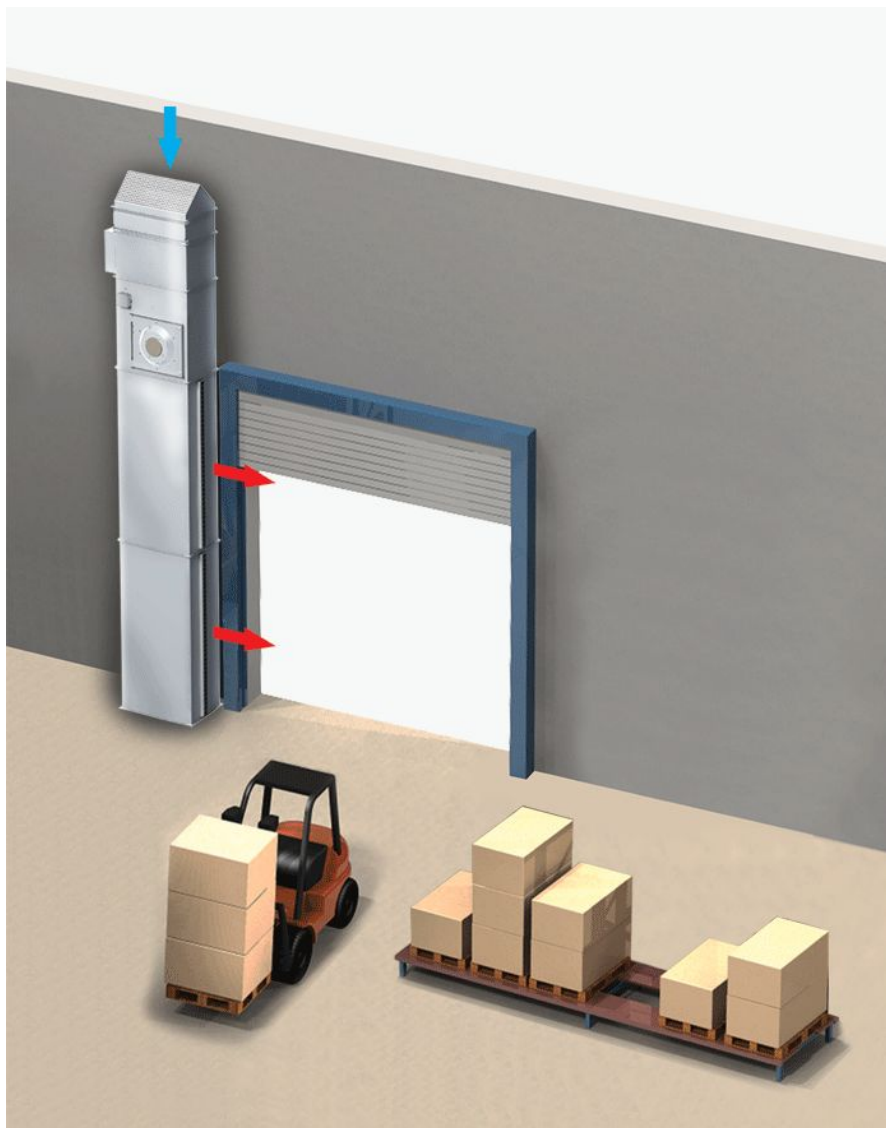




Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

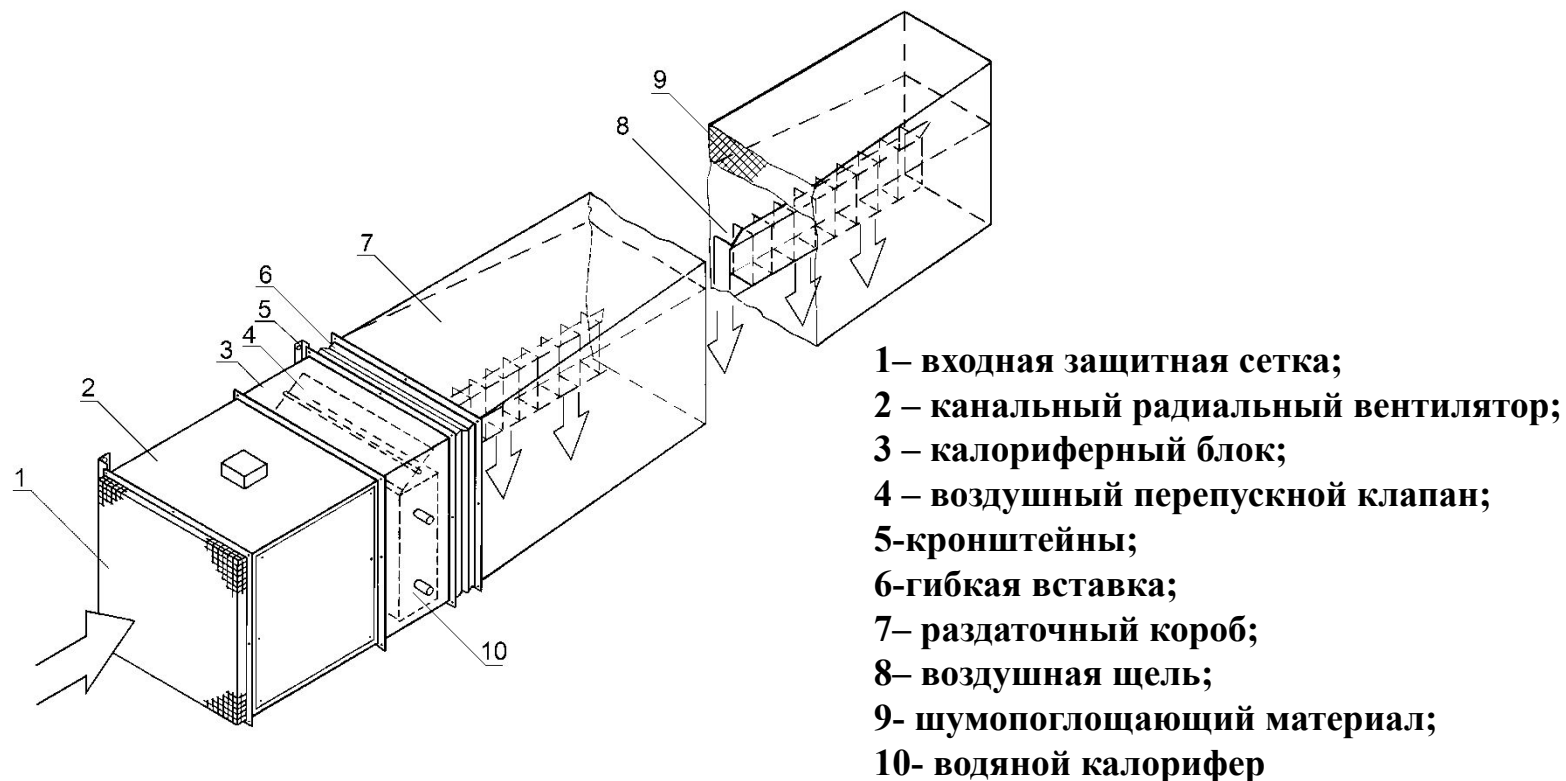


Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



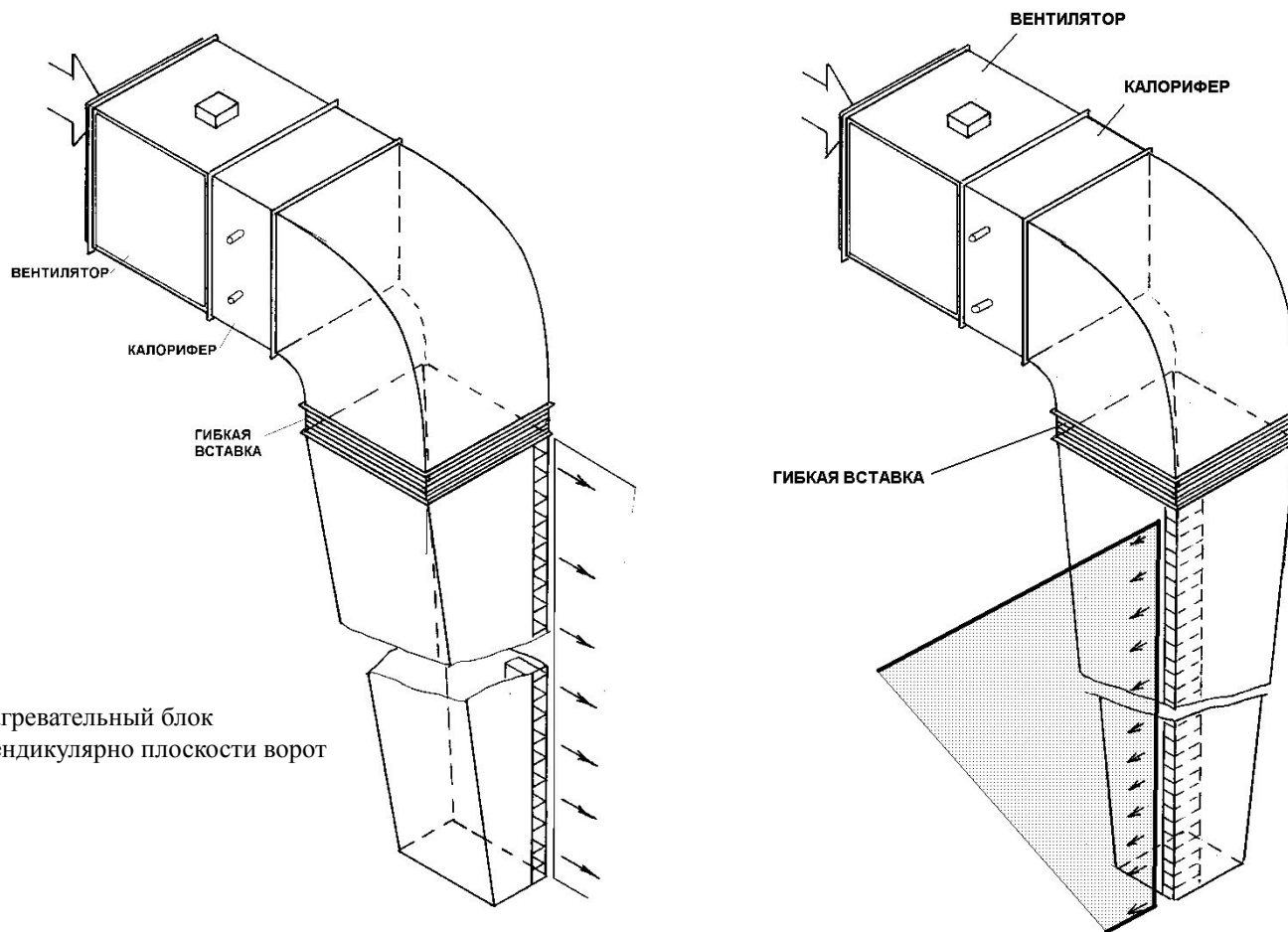
Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

## Пример конструктивного исполнения воздушно-тепловой завесы ТЗК «Барьер» с шумоглушением в коробе, горизонтальная установка (левая)



# ЗАВЕСЫ УГЛОВЫЕ

Компоновочные варианты исполнения воздушно-тепловых завес ТЗК

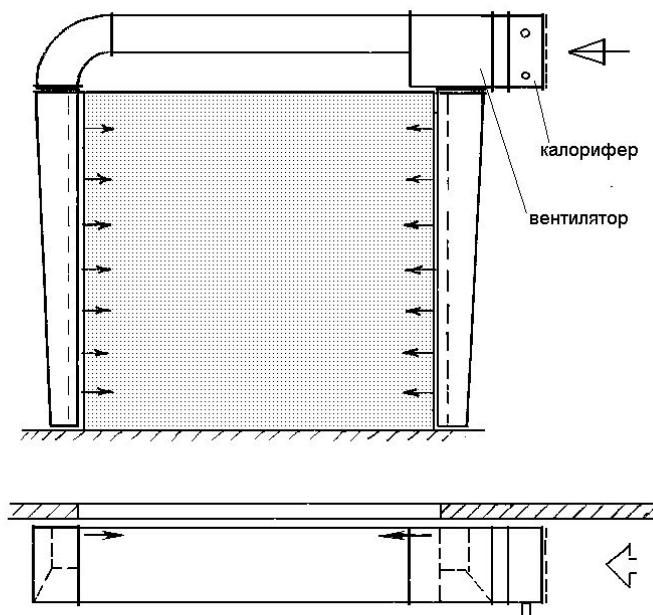


В) Нагревательный блок  
перпендикулярно плоскости ворот

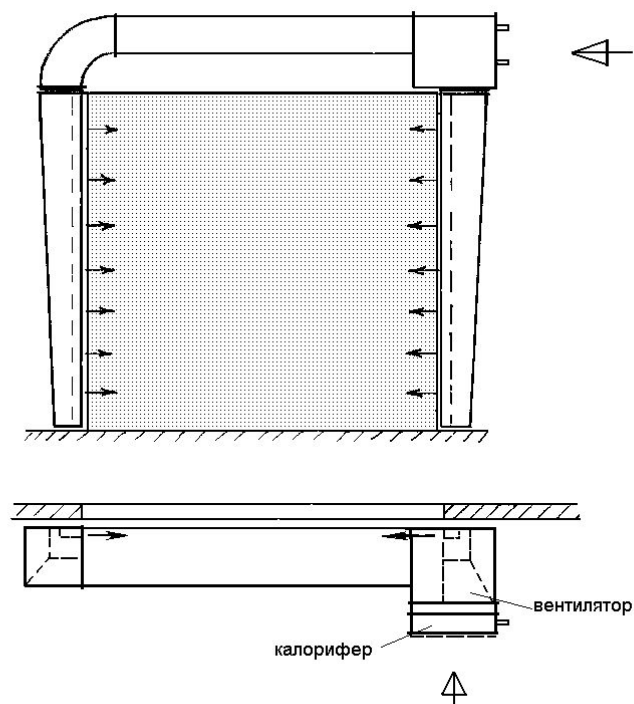


Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

# ЗАВЕСЫ ДВУХСТОРОННИЕ С ОДНИМ НАГРЕВАТЕЛЬНЫМ БЛОКОМ

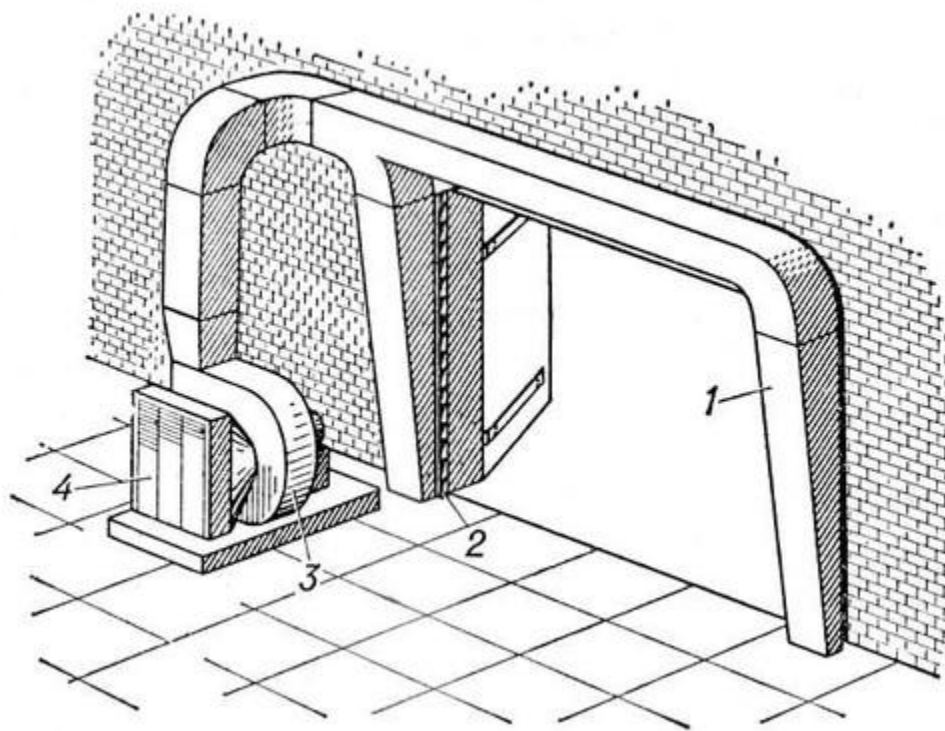


Нагревательный блок в плоскости ворот



Нагревательный блок перпендикулярно плоскости ворот





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции