



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



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

# **ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

**Курс лекций**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

# РАЗДЕЛ 1



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

# ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

## Основные термины и определения

**ВЕНТИЛЯЦИЯ** – организация естественного или искусственного **обмена воздуха** в *помещениях* для удаления *избытков теплоты*, влаги, *вредных* и других *веществ* с целью обеспечения допустимого *микроклимата* и *качества воздуха* в *обслуживаемой* или *рабочей зонах*.

(СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003)

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ** – замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

(СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений)



**ИЗБЫТКИ ЯВНОЙ ТЕПЛОТЫ** - разность тепловых потоков, поступающих в помещение и уходящих из него при расчетных параметрах наружного воздуха (после осуществления технологических и строительных мероприятий по уменьшению теплопоступлений от оборудования, трубопроводов и солнечной радиации) и ассимилируемых воздухом систем вентиляции и кондиционирования.

**ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА** – вещества, для которых органом санитарно-эпидемиологического надзора установлена *предельно допустимая концентрация (ПДК)*.

(СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003)



**ВРЕДНОЕ ВЕЩЕСТВО** – вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений

(ГОСТ 12.1.001-83 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности)

**ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ (ПДК) ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ** - концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

(ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны)





**МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЯ** - состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха.

**ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА** - сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80% людей, находящихся в помещении.

**ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА** - сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции и не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья.

(ГОСТ 30494 – 2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» )



**КАЧЕСТВО ВОЗДУХА** – состав воздуха в помещении, при котором при длительном воздействии на человека обеспечивается оптимальное или допустимое состояние организма человека:

- **оптимальное качество воздуха:** состав воздуха в помещении, при котором при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивается комфортное (оптимальное) состояние организма человека;

- **допустимое качество воздуха:** состав воздуха в помещении, при котором при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивается допустимое состояние организма человека.

(ГОСТ 30494 – 2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» )

**Оптимальное состояние организма человека** – отсутствие общих и/или локальных дискомфортных ощущений, минимальное напряжение механизмов терморегуляции

**Допустимое состояние организма человека** – незначительные общие и/или локальные дискомфортные ощущения с сохранением термостабильности организма при умеренном напряжении механизмов терморегуляции



## **ОБСЛУЖИВАЕМАЯ ЗОНА ПОМЕЩЕНИЯ (ЗОНА ОБИТАНИЯ)** –

пространство в помещении, ограниченное плоскостями, параллельными полу и стенам: на высоте 0,1 и 2,0 м над уровнем пола для людей, стоящих или двигающихся, и высотой 1,5 м над уровнем пола для сидящих людей (но не ближе, чем 1 м от потолка при потолочном отоплении), на расстоянии 0,5 м от внутренних поверхностей наружных и внутренних стен, окон и отопительных приборов .

**РАБОЧАЯ ЗОНА** – пространство над уровнем пола или рабочей площадки высотой 2 м при выполнении работы стоя или 1,5 м – при выполнении работы сидя, на которых находятся места постоянного (более 50% времени или более 2 ч непрерывно) или временного (непостоянного) пребывания работающих.

(СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.  
Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003)



**Основными задачами промышленной вентиляции являются:**

- создание и поддержание в помещении определенного состава и состояния воздуха, соответствующего нормальному самочувствию человека;
- обеспечение в помещениях параметров воздушной среды, удовлетворяющих требованиям технологического процесса, сохранности материалов, продуктов, строительных конструкций, оборудования;
- удаление вместе с воздухом вредных веществ, выделяющихся в помещении;
- очистка удаляемого из помещения загрязненного воздуха перед выбросом его в атмосферу.



## **Виды вентиляции:**

1. По источнику, приводящему воздух в движение, различают:  
*естественную вентиляцию* (перемещение воздуха под действием гравитационного и ветрового давления) и  
*вентиляцию с механическим побуждением, принудительную, искусственную* (перемещение воздуха с помощью вентилятора)
2. По способу организации воздухообмена в помещении различают:  
*неорганизованную вентиляцию* (инфильтрация, эксфильтрация),  
*полуорганизованную вентиляцию* (проветривание) и  
*организованную вентиляцию* (управляемая вентиляция)
3. По зоне вентилирования вентиляцию подразделяют на:  
*общеобменную* (вентилируется весь объем помещения) и  
*местную* (вентилируется часть помещения, определенная зона, конкретное рабочее место)



Термином «ВЕНТИЛЯЦИЯ» обозначают также *вентиляционные системы или системы вентиляции*, с помощью которых подготавливается и доставляется в помещения свежий, чистый воздух, а из помещений удаляется и очищается загрязненный воздух.

### **Классификация систем вентиляции**

Системы вентиляции по назначению разделяются на:

*приточные* (для подачи воздуха),

*вытяжные* (для удаления воздуха),

*приточно-вытяжные* (для подачи и удаления воздуха).

Существуют также системы специального назначения:

*аварийная вентиляция* (например, система дымоудаления),

*технологическая вентиляция* (например, система пневмотранспорта, аспирации),

*воздушные и воздушно-тепловые завесы.*

На практике мы имеем чаще всего комбинацию из перечисленных видов и систем вентиляции.



## Основные требования, предъявляемые к системам вентиляции

К системам вентиляции производственных помещений устанавливаются следующие необходимые требования:

- **санитарно-гигиенические** – поддержание в рабочей зоне помещения нормируемых параметров микроклимата и концентраций вредных веществ, качества воздуха, уровней шума и вибрации (создание условий для нормальной, безопасной работы персонала);
- **технологические** – обеспечение микроклиматических условий для нормального протекания технологических процессов (исключение брака продукции из-за не надлежащего состояния и качества воздушной среды);
- **экономические** – экономное использование ресурсов при монтаже и эксплуатации систем (минимальный расход электро- и тепловой энергии, меры по эффективному использованию и экономии энергии);



- ***эксплуатационные*** – механическая, пожаро- и взрывобезопасность, ремонтпригодность, простота в эксплуатации, минимальные затраты на эксплуатацию;
- ***экологические*** – обеспечение экологической безопасности при работе систем, защита окружающей среды от вентиляционных выбросов, их предварительная очистка;
- ***архитектурно-строительные*** – сочетаемость систем с архитектурным решением здания и интерьером, недопущение нарушения несущей способности строительных конструкций.





# **НОРМАТИВНАЯ И СПРАВОЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

**по проектированию вентиляции производственных зданий**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

# ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

[ГОСТ 30494-2011](#) Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

[ГОСТ 12.1.001-83](#) Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества

[ГОСТ 12.1.003-83](#) Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

[ГОСТ 12.1.005-88](#) Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

[ГОСТ Р ЕН 13779-2007](#) Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования



[ГОСТ 21.205-2016](#) Система проектной документации для строительства.  
Условные обозначения элементов трубопроводных систем зданий и сооружений

[ГОСТ 21.206-2012](#) Система проектной документации для строительства.  
Условные обозначения трубопроводов

[ГОСТ 21.602-2016](#) Система проектной документации для строительства.  
Правила выполнения рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования



---

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ  
(МГС)  
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION  
(ISC)

---

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТАНДАРТ

ГОСТ  
30494—  
2011

---

## ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ

### Параметры микроклимата в помещениях

Издание официальное

 Москва  
Стандартинформ  
2013



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

ГОСТ 12.1.005—88

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

---

СИСТЕМА СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА  
**ОБЩИЕ САНИТАРНО-  
ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ  
К ВОЗДУХУ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ**

Издание официальное



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ЕН  
13779—  
2007

---

**ВЕНТИЛЯЦИЯ В НЕЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ**

**Технические требования  
к системам вентиляции и кондиционирования**

ЕН 13779:2005  
Ventilation for non-residential buildings — Performance requirements  
for ventilation and room-conditioning systems  
(IDT)

Издание официальное

Б3 3—2007/41



Москва  
Стандартинформ  
2008



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**



---

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ  
(МГС)  
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION  
(ISC)

---

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТАНДАРТ

ГОСТ  
21.205—  
2016

---

Система проектной документации для строительства

**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ  
ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ  
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

(EN 12792:2003, NEQ)

Издание официальное

 Москва  
Стандартинформ  
2016



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

---

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ  
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION  
(ISC)

---

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТАНДАРТ

ГОСТ  
21.206—  
2012

---

Система проектной документации  
для строительства

**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ**

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2014



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ  
(МГС)  
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION  
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТАНДАРТ

ГОСТ  
21.602—  
2016

Система проектной документации  
для строительства

**ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧЕЙ  
ДОКУМЕНТАЦИИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ,  
ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ**

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2016



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

# САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА И НОРМЫ



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату  
производственных помещений



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

**Государственная система санитарно-эпидемиологического  
нормирования Российской Федерации**  
**Федеральные санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы**

---

**2.2.4. ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ**

**Гигиенические требования к микроклимату  
производственных помещений**

**Санитарные правила и нормы  
СанПиН 2.2.4.548—96**

**Издание официальное**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

# ГИГИЕНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.3532-18**  
**Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в**  
**воздухе рабочей зоны**

**Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 (с изменениями на 30**  
**августа 2016 года)**  
**Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в**  
**атмосферном воздухе населенных мест**



Зарегистрировано  
в Министерстве юстиции  
Российской Федерации  
20 апреля 2018 года,  
регистрационный N 50845

**Приложение. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.3532-18  
"Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в  
воздухе рабочей зоны"**

Приложение

УТВЕРЖДЕНЫ  
постановлением  
Главного государственного  
санитарного врача  
Российской Федерации  
от 13 февраля 2018 года N 25

Гигиенические нормативы  
ГН 2.2.5.3532-18



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

Зарегистрировано  
в Министерстве юстиции  
Российской Федерации  
11 июня 2003 года,  
регистрационный N 4679

**Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих  
веществ в атмосферном воздухе населенных мест ГН 2.1.6.13  
1338-03**

УТВЕРЖДАЮ  
Главный Государственный  
санитарный врач  
Российской Федерации,  
Первый заместитель  
Министра здравоохранения  
Российской Федерации  
Г.Г.Онищенко  
21 мая 2003 года

Дата введения: 25 июня 2003 года

**Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих  
веществ  
в атмосферном воздухе населенных мест**

**Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03**

(с изменениями на 30 августа 2016 года)



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

# СВОДЫ ПРАВИЛ



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

[СП 7.13130.2013](#) Отопление, вентиляция и кондиционирование.  
Требования пожарной безопасности

[СП 12.13130.2009](#) Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

[СП 50.13330.2012](#) «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»

[СП 51.13330.2011](#) «СНиП 23-03-2003 Защита от шума»

[СП 56.13330.2011](#) «СНиП 31-03-2010 Производственные здания»

[СП 60.13330.2016](#) «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»

[СП 131.13330.2012](#) «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология»



**МИНИСТЕРСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

СВОД ПРАВИЛ

СП 131.13330.2012

**СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ**  
Актуализированная версия  
**СНиП 23-01-99\***

Москва 2012



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

УТВЕРЖДЕН  
приказом Министерства строительства и  
жилищно-коммунального хозяйства  
Российской Федерации  
от 16 декабря 2016 г. № 968/пр

**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА  
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**СВОД ПРАВИЛ**

**СП 60.13330.2016**

**Отопление, вентиляция  
и кондиционирование воздуха**

**Актуализированная редакция  
СНиП 41-01-2003**

**Москва 2016**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**



# СПРАВОЧНИКИ



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

**Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 частях. Часть 3.**  
Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1 / В. Н. Богословский, А. И. Пирумов, В. Н. Посохин и др.; Под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. -4-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1992. - 319 с., ил. - (Справочник проектировщика)

**Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 частях. Часть 3.**  
Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 2 / Б. В. Баркалов, Н. Н. Павлов, С. С. Амирджанов и др.; Под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1992. - 416 с., ил. - (Справочник проектировщика)



## **Содержание:**

- Глава 1. Основные положения*
- Глава 2. Тепловой режим здания. Поступление в помещение теплоты и влаги*
- Глава 3. Особенности вентиляции жилых и общественных зданий, вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий*
- Глава 4. Очистка вентиляционного воздуха*
- Глава 5. Расчёт аэрации промышленных зданий*
- Глава 6. Воздушные души*
- Глава 7. Воздушные завесы*
- Глава 8. Местные отсосы*
- Глава 9. Аспирация и пневмотранспорт в деревообрабатывающем производстве*
- Глава 10. Эжекторные установки*
- Глава 11. Конструктивные решения систем механической вентиляции и кондиционирования воздуха и указания по выбору оборудования*
- Глава 12. Борьба с шумом установок вентиляции и кондиционирования воздуха*
- Глава 13. Охрана атмосферы от выбросов*
- Глава 14. Инженерно-техническое оборудование убежищ гражданской обороны*
- Глава 15. Кондиционирование воздуха*
- Глава 16. Холодоснабжение систем кондиционирования воздуха*
- Глава 17. Организация воздухообмена и распределение воздуха в помещениях*
- Глава 18. Расчёт и выбор регулирующих клапанов на трубопроводах теплоносителя*
- Глава 19. Основы проектирования автоматизации внутренних санитарно-технических систем*
- Глава 20. Противопожарные требования*
- Глава 21. Низкотемпературные вторичные энергоресурсы*
- Глава 22. Расчёт воздухопроводов и вентиляционных каналов*
- Приложение I. Вентиляторы*
- Приложение II. Воздухонагреватели (калориферы)*
- Приложение III. Центральные кондиционеры и кондиционеры-теплоутилизаторы КТЦЗ*
- Приложение IV. Фильтры и пылеуловители*



**Внутренние  
санитарно-  
технические  
устройства**

**Часть 3  
Вентиляция  
и кондиционирование  
воздуха  
Книга 1**

**Справочник  
проектировщика**

**Москва  
Стройиздат**

**Внутренние  
санитарно-  
технические  
устройства**

**Часть 3  
Вентиляция  
и кондиционирование  
воздуха  
Книга 2**

**Справочник  
проектировщика**

**Москва  
Стройиздат**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

Торговников Б.М., Табачник В.Е., Ефанов Е.М. **Проектирование промышленной вентиляции**. Справочник, Киев, "Будівельник", 1983 г., 256 с.

В справочнике освещены основные вопросы решения вытяжной и приточной вентиляции в промышленных зданиях с вредными выделениями паров, пыли, газов, а также избыточным тепловыделением. Дана методика аэродинамического расчета систем вентиляции обще-промышленного назначения, систем аспирации, подбора оборудования для вентиляции и отопления помещений.

**Содержание:**

Санитарно-гигиенические условия воздушной среды помещений

Тепловой баланс помещений

Расчет воздухораспределителей

Местная приточная вентиляция

Местная вытяжная вентиляция

Общеобменная вентиляция и отопление помещений

Вентиляция и отопление отдельных цехов

Вентиляционное и отопительное оборудование

Аэродинамический расчет вентиляционных систем

Рассеивание вредных выбросов

Очистка выбрасываемого воздуха и газов от пыли



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

Б. М. ТОРГОВНИКОВ  
В. Е. ТАБАЧНИК  
Е. М. ЕФАНОВ

---

**ПРОЕКТИ-  
РОВАНИЕ  
ПРОМЫШ-  
ЛЕННОЙ  
ВЕНТИ-  
ЛЯЦИИ**

---

**справочник**



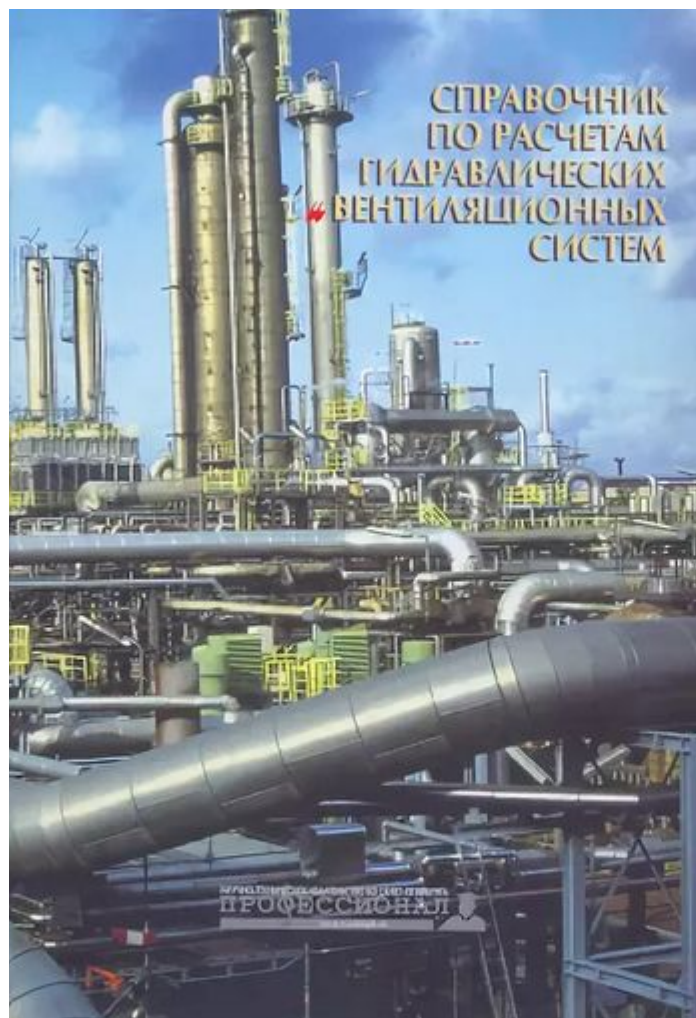
Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

**Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем / Юрьев А.С., Пирогов С.Ю. и др., АНО НПО «Мир и Семья», НПО «Профессионал», 2006, с. 1146**

В справочнике приводятся данные, необходимые для расчета гидравлических и вентиляционных сетей. Эти данные, представленные в виде диаграмм, графиков и формул, включают коэффициенты гидравлического сопротивления различных трубопроводов и запорно-регулирующих элементов гидравлических и вентиляционных сетей, характеристики насосов и вентиляторов, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями.

Приводятся методики и примеры расчетов, сортаменты труб и арматуры, используемых на практике, а также существующие ГОСТы и нормативные документы.





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции





# Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Идельчик И.Е., «Машиностроение», М., 1992, с. 672

## Содержание:

- Общие сведения и элементы аэродинамики и гидродинамики напорных систем
- Сопротивление при течении по прямым трубам и каналам (коэффициенты сопротивления трения и параметры шероховатости)
- Сопротивление при течении на входе в трубы и каналы (коэффициенты сопротивления входных участков)
- Сопротивление при течении с внезапным изменением скорости и при перетекании потока через отверстия (коэффициенты сопротивления участков с внезапным расширением сечения, с внезапным сужением сечения, шайб, диафрагм, проемов и др.)
- Сопротивление при течении с плавными изменением скорости (коэффициенты сопротивления диффузоров, конфузоров и других переходных участков)
- Сопротивление при течении с изменением направления потока (коэффициенты сопротивления изогнутых участков - колен, отводов и др.)
- Сопротивление со слиянием потоков или разделении потока (коэффициенты сопротивления тройников, крестовин, распределительных коллекторов)
- Сопротивление при течении через препятствия, равномерно распределенные по сечению каналов (коэффициенты сопротивления решёток, сеток, пористых слоёв, насадок и др.)
- Сопротивление при течении через трубопроводную арматуру и лабиринты (коэффициенты сопротивления клапанов, задвижек, затворов, лабиринтов, компенсаторов)
- Сопротивление при обтекании тел потоком в трубе (коэффициенты сопротивления участков с выступами, распорками, фермами и другими телами)
- Сопротивление при течении на выходе из труб и каналов (коэффициенты сопротивления выходных участков)
- Сопротивление при течении через различные аппараты (коэффициенты сопротивления аппаратов и других устройств)





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

# **НОРМИРОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- *температура воздуха;*
- *температура поверхностей;*
- *относительная влажность воздуха;*
- *скорость движения воздуха;*
- *интенсивность теплового облучения.*

(СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений)





**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

**ОПТИМАЛЬНЫЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ** устанавливаются по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека.

Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

**ДОПУСТИМЫЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ** устанавливаются по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены.

Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

(СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений)



**5.1** Параметры микроклимата при отоплении и вентиляции помещений (кроме помещений, для которых параметры микроклимата установлены другими нормативными документами) следует принимать по ... [ГОСТ 12.1.005](#), ... и [СанПиН 2.2.4.548](#) для обеспечения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в пределах **допустимых норм** в обслуживаемой или рабочей зонах помещений (**на постоянных и непостоянных рабочих местах**):

\*\*\*

б) **в холодный период года** ... в рабочей зоне производственных помещений температуру воздуха - **минимальную из допустимых температур** при отсутствии избытков явной теплоты (далее - теплоты) в помещениях; **экономически целесообразную температуру воздуха в пределах допустимых норм** в помещениях с избытками теплоты.

В производственных помещениях площадью более 50 м на одного работающего допускается обеспечивать расчетную температуру воздуха только на постоянных рабочих местах и более низкую (но не ниже 10°C) температуру воздуха на непостоянных рабочих местах;

(СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003)



в) в теплый период года в обслуживаемой или рабочей зоне помещений при наличии избытков теплоты - температуру воздуха в пределах допустимых температур, но ... не более чем на  $4^{\circ}\text{C}$  для производственных помещений выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А) и не более максимально допустимой температуры по приложению А, а при отсутствии избытков теплоты - температуру воздуха в пределах допустимых температур;

г) скорость движения воздуха - в пределах допустимых норм;

д) относительную влажность воздуха - в пределах допустимых норм (при отсутствии специальных требований) по заданию на проектирование.

(СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.  
Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003)





**ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА** – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА** – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже.

**СРЕДНЕСУТОЧНАЯ ТЕМПЕРАТУРА НАРУЖНОГО ВОЗДУХА** – средняя величина температуры наружного воздуха, измеренная в определенные часы суток через одинаковые интервалы времени. Она принимается по данным метеорологической службы.

(СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений)



**5.13** Заданные параметры микроклимата в помещениях жилых, общественных, административно-бытовых и **производственных зданий** следует обеспечивать в пределах **расчетных параметров наружного воздуха** для соответствующих районов строительства, принятых по таблице 10.1 [СП 131.13330](#):

- **параметры А** - для систем вентиляции и воздушного душирования в теплый период года;
- **параметры Б** - для систем отопления, вентиляции и воздушного душирования в холодный период года, а также для систем кондиционирования в теплый и холодный периоды года.

Параметры наружного воздуха для **переходных условий года** следует принимать: **температуру 10°C** и **удельную энтальпию 26,5 кДж/кг** или параметры наружного воздуха, при которых изменяются режимы работы оборудования, потребляющего теплоту и холод.

(СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003)



Таблица 10.1. СП 131.13330.2012

Период года	Барометрическое давление, гПа	Параметры А			Парметры Б			Средняя суточная амплитуда температуры воздуха, °С
		Температура воздуха, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Скорость ветра, м/с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Теплый	Таблица 4.1*, графа 2	Таблица 4.1*, графа 3	Приложение А* Рисунок А5	Таблица 4.1*, графа 13, но не менее 1 м/с	Таблица 4.1*, графа 4	Приложение А* Рисунок А.6	Таблица 4.1*, графа 13, но не менее 1 м/с	
Холодный		Таблица 3.1*, графа 6	По расчету или графически по <i>l-d</i> -диаграмме, принимая температуру воздуха параметра А и относительную влажность воздуха по таблице 3.1*, графа 16	Таблица 3.1*, графа 19, но не менее 1 м/с	Таблица 3.1*, графа 5	По расчету или графически по <i>l-d</i> -диаграмме, принимая температуру воздуха параметра Б и относительную влажность воздуха по таблице 3.1*, графа 16	Таблица 3.1*, графа 19, но не менее 1 м/с	

(СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*)



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

**РАБОЧЕЕ МЕСТО** – участок помещения, на котором в течение рабочей смены или части ее осуществляется трудовая деятельность. Рабочим местом может являться несколько участков производственного помещения. Если эти участки расположены по всему помещению, то рабочим местом считается вся площадь помещения.

(СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений)

**РАБОЧЕЕ МЕСТО** - место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности

(ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны)



**ПОСТОЯННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО** – место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50% или более 2 часов непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

**НЕПОСТОЯННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО** – место, на котором работающий находится меньшую часть (менее 50% или менее 2 часов непрерывно) своего рабочего времени.

(ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны)

**ПОСТОЯННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО** – место, где люди работают более 2 часов непрерывно или более 50% рабочего времени.

(СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003)



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

**Разграничение работ по категориям** осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт).

(СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений)

Введены три категории (тяжести) работ, которые обозначаются римскими цифрами: I, II и III. Первые две категории разделяются на Ia, Ib и IIa, IIb. В литературе также встречается такое название категорий работ: легкие (Ia, Ib), средней тяжести (IIa, IIb) и тяжелые (III).



К категории Ia относятся работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборостроения и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т.п.).

К категории Ib относятся работы с интенсивностью энерготрат 121-150 ккал/ч (140-174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т.п.)

(СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений)



К категории Па относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151-200 ккал/ч (175-232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механо-сборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т.п.).

К категории Пб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машино-строительных и металлургических предприятий и т.п.)

(СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений)





К категории III относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными перемещениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.)

(СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений)



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

## Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

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

(СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений)



## Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более**
Холодный	Ia (до 139)	20,0 - 21,9	24,1 - 25,0	19,0 - 26,0	15 - 75*	0,1	0,1
	Iб (140 - 174)	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0	15 - 75	0,1	0,2
	IIa (175 - 232)	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0 - 24,0	15 - 75	0,1	0,3
	IIб (233 - 290)	15,0 - 16,9	19,1 - 22,0	14,0 - 23,0	15 - 75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0 - 15,9	18,1 - 21,0	12,0 - 22,0	15 - 75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0 - 22,9	25,1 - 28,0	20,0 - 29,0	15 - 75*	0,1	0,2
	Iб (140 - 174)	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0	15 - 75*	0,1	0,3
	IIa (175 - 232)	18,0 - 19,9	22,1 - 27,0	17,0 - 28,0	15 - 75*	0,1	0,4
	IIб (233 - 290)	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0 - 28,0	15 - 75*	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0 - 17,9	20,1 - 26,0	14,0 - 27,0	15 - 75*	0,2	0,5

(СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений)



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

Нормируемые температуры воздуха в рабочей зоне производственного помещения при категории работ средней тяжести IIБ



**Приложение А  
(обязательное)**

**Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне общественных, административно-бытовых и производственных помещений в теплый период года**

Таблица А.1

Назначение помещения	Категория работ	Температура, °С			Скорость движения воздуха, м/с, не более	Относительная влажность воздуха, %, не более	
		в обслуживаемой или рабочей зоне	на постоянных рабочих местах	на непостоянных рабочих местах			на постоянных и непостоянных рабочих местах
1	2	3	4	5	6	7	
Общественное, административно-бытовое	–	Не более чем на 3 °С выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А)*			0,5	65**	
Производственное	Легкая	На 4 °С выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А) и не более указанных в гр.4 и 5					
	Ia		28/31	30/32	0,2	75	
	Iб		28/31	30/32	0,3		
	Средней тяжести:						
	IIa		27/30	29/31	0,4		
IIб	27/30	29/31	0,5				
Тяжелая:							
III			26/29	28/30	0,6		

\* Но не более 28 °С для общественных и административно-бытовых помещений с постоянным пребыванием людей и не более 33 °С для указанных помещений, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) 25 °С и выше.  
 \*\* Допускается принимать до 75 % в районах с расчетной относительной влажностью воздуха более 75 % (параметры А).

*Окончание таблицы А.1*

<p><b>Примечания</b></p> <p>1 Нормы установлены для людей, находящихся в помещении более 2 ч непрерывно.</p> <p>2 В таблице в графах 4 и 5 допустимые нормы внутреннего воздуха приведены в виде дроби: в числителе – для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) ниже 25 °С; в знаменателе – для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) 25 °С и выше.</p> <p>3 Для помещений, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) ниже 25 °С, температуру на рабочих местах следует принимать не более указанной в числителе граф 4 и 5, с расчетной температурой 25 °С и выше – не более указанной в знаменателе граф 4 и 5.</p> <p>4 Для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) 18 °С и ниже вместо 4 °С, указанных в графе 3, допускается принимать 6 °С.</p> <p>5 Нормативная разность температур между температурой на рабочих местах и температурой наружного воздуха (параметры А) 4 °С или 6 °С может быть увеличена при обосновании расчетом в соответствии с 5.4.</p> <p>6 В районах с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) <math>t</math>, °С, на постоянных и непостоянных рабочих местах, превышающей:</p> <p>а) 28 °С – на каждый градус разности температур (<math>t - 28</math>), °С, следует увеличивать скорость движения воздуха на 0,1 м/с, но не более чем на 0,3 м/с выше скорости, указанной в графе 6;</p> <p>б) 24 °С – на каждый градус разности температур (<math>t - 24</math>), °С, допускается принимать относительную влажность воздуха на 5 % ниже относительной влажности, указанной в графе 7.</p> <p>7 В климатических зонах с высокой относительной влажностью воздуха (вблизи морей, озер и др.), а также при применении адиабатного увлажнения приточного воздуха для обеспечения на рабочих местах температур, указанных в графах 4 и 5, допускается принимать относительную влажность воздуха на 10 % выше относительной влажности, определенной в соответствии с примечанием 6 б.</p>
---

**(СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003)**



Производственное	Легкая	На 4 °С выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А) и не более указанных в гр.4 и 5				
	Ia		28/31	30/32	0,2	
	Iб		28/31	30/32	0,3	
	Средней тяжести:					75
	IIa		27/30	29/31	0,4	
	IIб		27/30	29/31	0,5	
	Тяжелая:					
III	26/29	28/30	0,6			

2 В таблице в графах 4 и 5 допустимые нормы внутреннего воздуха приведены в виде дроби: в числителе – для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) ниже 25 °С; в знаменателе – для районов с расчетной температурой наружного воздуха (параметры А) 25 °С и выше.



# РАЗДЕЛ 2



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

# **ОСНОВНЫЕ ВРЕДНОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ И ОБЩЕОБМЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ПО БОРЬБЕ С НИМИ**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**



В вентиляции используются такие понятия как: **«ВРЕДНОСТЬ»** (более общее) и **«ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА»**, то есть все то, что отрицательно сказывается на самочувствии и здоровье человека, на технологическом процессе, продукции, материалах, оборудовании и строительных конструкциях.

Необходимость вентиляции помещений, в основном, и связана с тем, чтобы избавиться от вредностей, выделяющихся в помещении.

К **ВРЕДНОСТЯМ** относят:

- избытки теплоты;
- избытки водяных паров;
- газы, пары, аэрозоли;
- ПЫЛЬ.



## ИЗБЫТКИ ТЕПЛОТЫ

Именно *избытки теплоты*, т.е. превышение поступающей теплоты над уходящей, расходуемой, относятся к вредностям.

Они приводят к затруднению теплообмена организма человека с окружающей средой, повышению температуры тела и, как следствие, ухудшению самочувствия, а то и к тепловому удару, возможен и летальный исход.



### **Источники теплоступлений:**

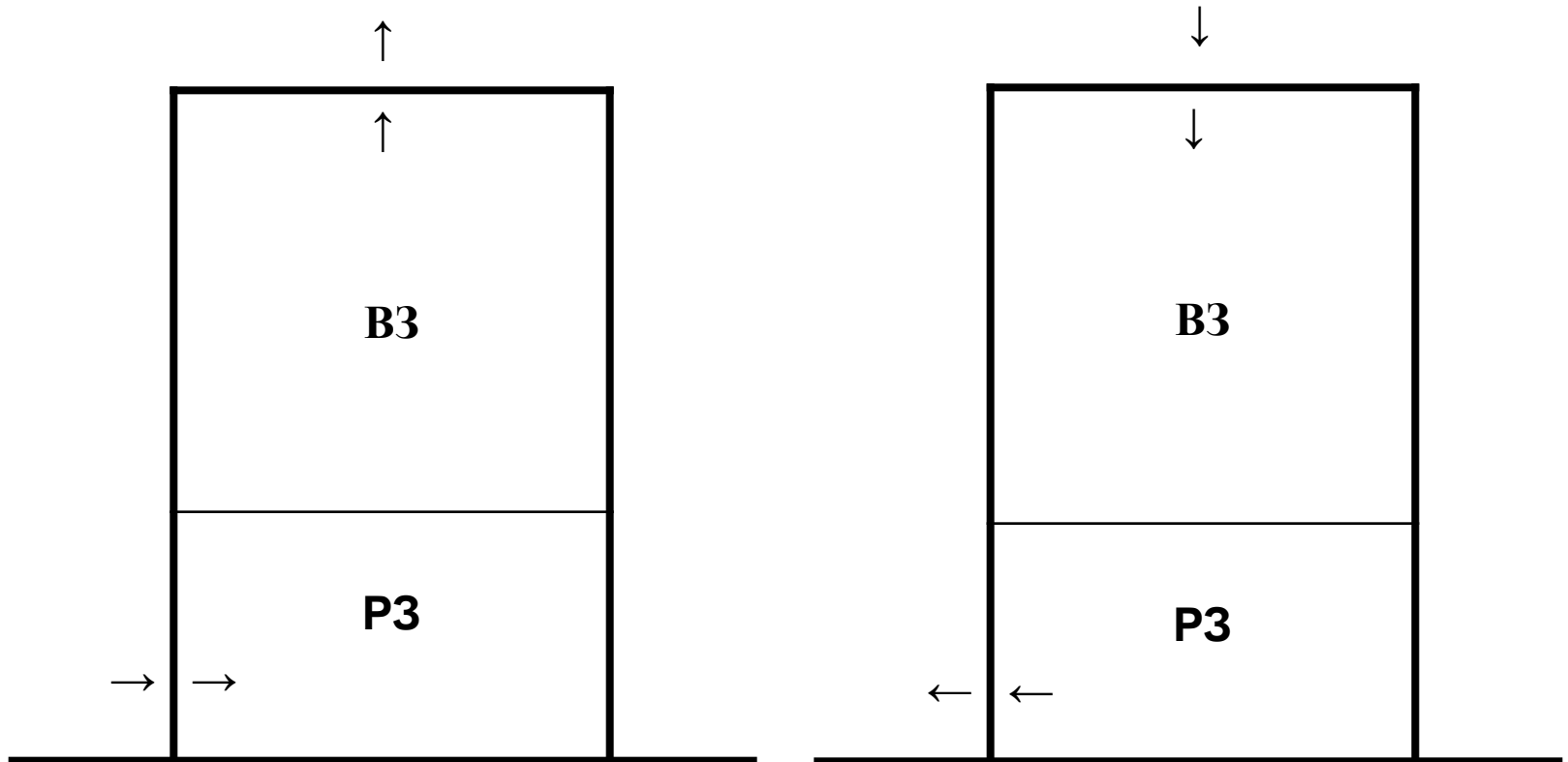
1. Люди
2. Технологическое оборудование
3. Горячие трубопроводы
4. Нагретые материалы
5. Химические реакции с выделением теплоты
6. Искусственное освещение
7. Солнечная радиация

### **Статьи потерь теплоты:**

1. Через ограждения
2. На нагрев врывающегося холодного воздуха
3. На нагрев ввозимых материалов и оборудования
4. На нагрев холодных поверхностей
5. Химические реакции с забором теплоты



Основные схемы организации общеобменной вентиляции по борьбе с избытками явной теплоты:



## **ИЗБЫТКИ ВОДЯНЫХ ПАРОВ**

Избытки водяных паров относятся к вредностям по той же причине, что избытки теплоты, поскольку также приводят к затруднению теплообмена организма человека с окружающей средой. Ухудшается процесс потоотделения.



### **Источники поступления влаги:**

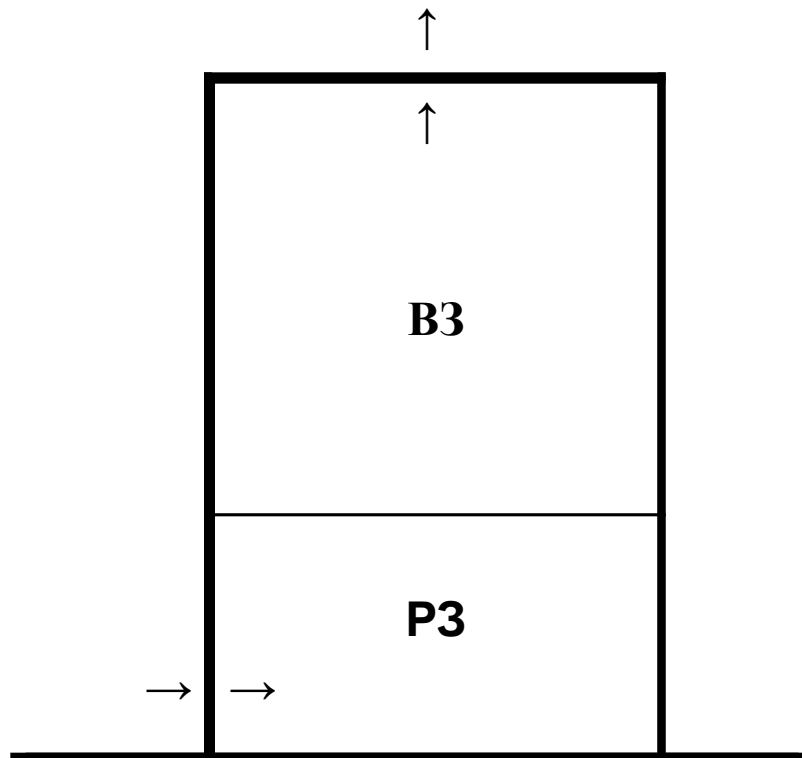
1. Люди
2. Открытые водные поверхности
3. Смоченные поверхности
4. Влажные материалы
5. Химические реакции с выделением влаги
6. Прорыв водяного пара из технологического оборудования

### **Статьи расхода влаги:**

1. Конденсация влаги на холодных поверхностях
2. Сорбирование влаги материалами
3. Химические реакции с забором влаги



Основные схемы организации общеобменной вентиляции по борьбе с избытками влаги:



## ГАЗЫ, ПАРЫ, АЭРОЗОЛИ

Эти вредности можно отнести к вредным веществам, для которых ГОСТ дает следующее определение:

### 16. Вредное вещество

По ГОСТ 12.1.007-76 «ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА. Классификация и общие требования безопасности»: «Вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности **может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья**, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений»





**17.Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны**

**Концентрации**, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, в течение всего рабочего стажа **не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья**, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений

18. Зона дыхания

Пространство в радиусе до 50 см от лица работающего



Воздействие газов, паров и аэрозолей на организм человека зависит от вида вещества, находящегося в подобном состоянии.

По степени воздействия их подразделяют на **четыре класса опасности**, устанавливаемые в зависимости от соответствующих норм и показателей, прежде всего от ПДК.

### Классы опасности паров и газов

- 1 класс** – чрезвычайно опасные (токсичные) ( $\text{ПДК} < 0,1 \text{ мг/м}^3$ );
- 2 класс** – высоко опасные ( $\text{ПДК} = 0,1 \div 1 \text{ мг/м}^3$ );
- 3 класс** – умеренно опасные ( $\text{ПДК} = 1,1 \div 10 \text{ мг/м}^3$ );
- 4 класс** – малоопасные ( $\text{ПДК} > 10 \text{ мг/м}^3$ ).



## Особенности действия на организм

**О** – вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе;

**А** – вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях;

**К** – канцерогены;

**Ф** – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

"+" - вещества, при работе с которыми требуется специальная защита кожи и глаз;

"++" - вещества, при работе с которыми должен быть исключён контакт с органами дыхания и кожей при обязательном контроле воздуха рабочей зоны утверждённым методом на уровне чувствительности не менее 0,001 мг/м<sup>3</sup>. Для таких веществ значения предельно-допустимых концентраций (ПДК) не приводятся, а указывается только класс опасности и агрегатное состояние в воздухе.

**(ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны)**



№ п/п	Наименование вещества	№ CAS	Формула	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Абразивный порошок из медеплавильного шлака			-/10	а	4	Ф
4	Азота диоксид	10102-44-0	NO <sub>2</sub>	2	п	3	О
16	2-(2-Алкил C <sub>10-13</sub> -2-имидазолин-1-ил) этанол			0,1	п+а	2	А
264	Бензол <sup>+</sup>	71-43-2	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	15/5	п	2	К
2385	17-Этинилэстра-1,3,5(10)-триендиол-3,17 <sup>++</sup>	57-63-6	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	-	а	1	
2495	Эфиры на основе синтетических жирных кислот C <sub>11-15</sub>			5	п+а	3	

(ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны)



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

**ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ (ПДК) ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ (ПРИМЕРЫ)**

Наименование вещества		Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
1	Азота диоксид	2	п	III	О
5	Акрилонитрил+	0,5	п	II	А
9	Алкилдифенилоксиды (алотерм-1)	50	п+а	IV	
11	Аллил- $\alpha$ -аллилоксикарбонил-оксиакрилат	0,03	п	I	
26	Алюминия нитрид	6	а	IV	Ф
131	Бензол+	15/5	п	II	К
906	Свинца гидрохинонат	0,005	а	I	
1307	Эфир-N-оксиэтилбензотриазола и СЖК фракции C <sub>9</sub> -C <sub>15</sub> <sup>+</sup>	5	п+а	III	

Примечание: в числителе приведена максимальная, а в знаменателе – среднесменная величина ПДК

Условные обозначения:

п – пары и/или газы;

а – аэрозоль;

п+а – смесь паров и аэрозоля;

+ - требуется специальная защита кожи и глаз;

О – вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе;

А – вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях;

К – канцерогены;

Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

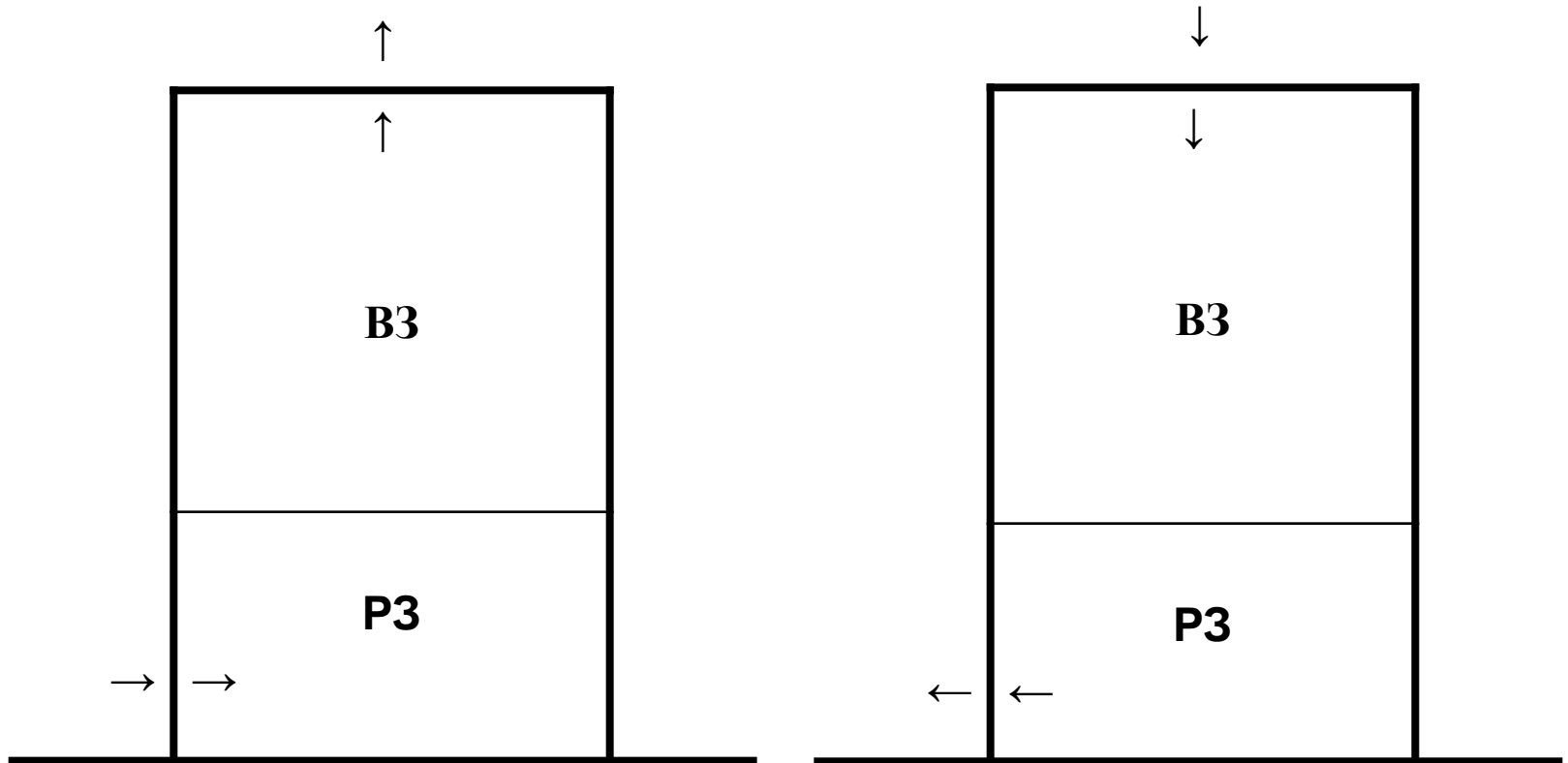


## Источники поступления газов, паров, аэрозолей:

1. Люди
2. Испарение с открытых поверхностей
3. Выбивание из технологического оборудования
4. Химические реакции



Основные схемы организации общеобменной вентиляции по борьбе с газами, парами, аэрозолями:



# ПЫЛЬ

## Свойства

Воздействие пыли на организм человека зависит от вида вещества и размера частиц. Чем мельче пыль, тем глубже она проникает в дыхательные пути и может приводить к заболеваниям, аналогичным туберкулезу легких, инфекционным.

В зависимости от размера частиц пыль подразделяют на шесть групп :

*I*  $d < 5 \text{ мкм}$

*II*  $d = 5...10 \text{ мкм}$

*III*  $d = 10... 20 \text{ мкм}$

*IV*  $d = 20...40 \text{ мкм}$

*V*  $d = 40...60 \text{ мкм}$

*VI*  $d > 60 \text{ мкм}$

Классификация пыли по опасности – аналогична парам и газам, пыль также имеет ПДК.





Пыль может быть органического (пыльца растений, пыль в процессе ткацкого, кожевенного производства) и неорганического происхождения (пыль неорганических веществ).

Пыль некоторых веществ при определенных концентрациях может быть взрывоопасна (сахарная пудра, мучная пыль).

Выделение пыли в помещение происходит при:

- 1) механическом измельчении твердых тел (размалывание, резка, дробление);
- 2) обработке поверхностей изделий механическим способом (полировка, шлифовка, заточка);
- 3) работе с сыпучими материалами открытым способом (транспортировка, перемешивание, пересыпка);
- 4) химических реакциях (образование при горении золы, дыма);
- 5) распылении жидких или расплавленных веществ (окраска с помощью пульверизатора, обработка поверхностей).



Количество образующейся пыли можно определить, главным образом, экспериментальным путем по потере веса материала.

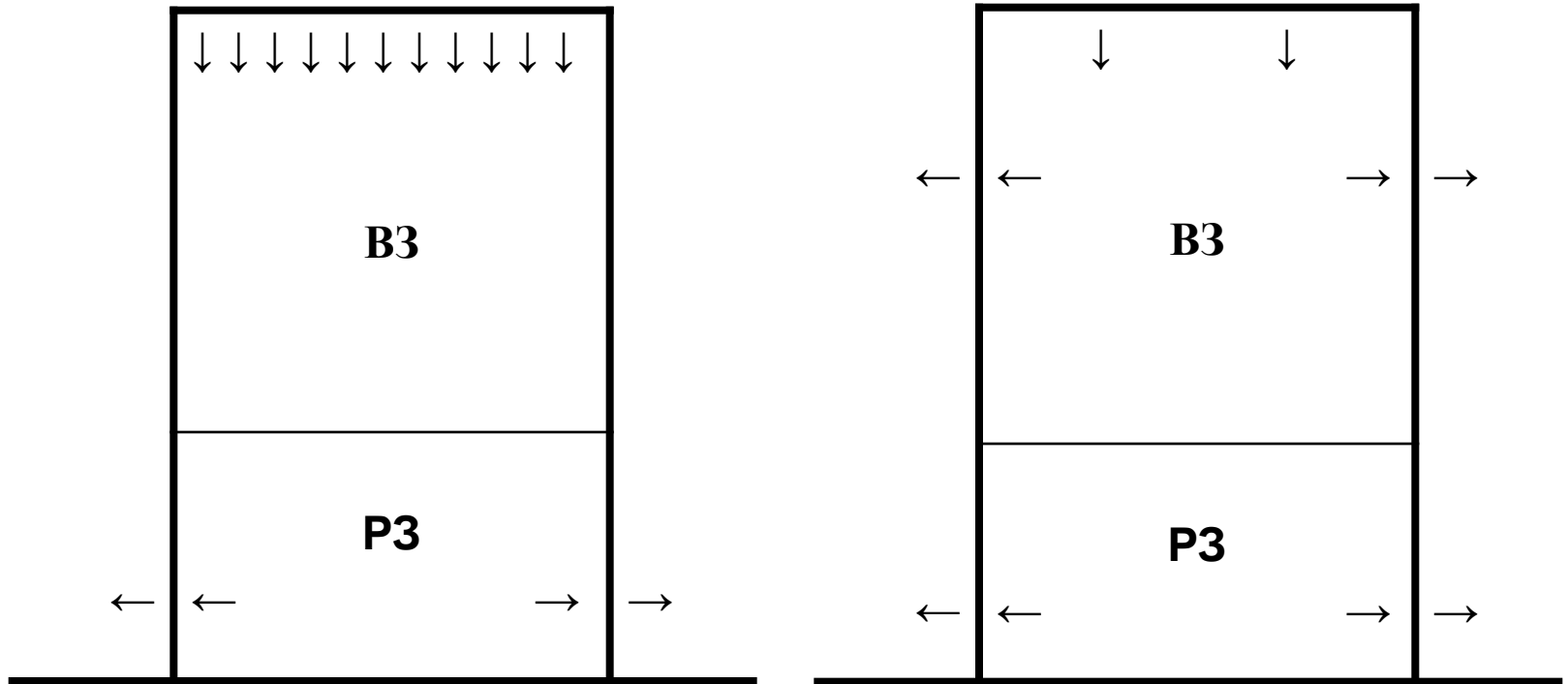
Кроме того, по изменению ее концентрации в воздухе помещения.

Обычно количество выделяющейся пыли, ее фракционный состав, ПДК задается технологами.

По фракционному составу можно оценить опасность пыли и сделать выбор средств для очистки воздуха от нее.



Основные схемы организации общеобменной вентиляции по борьбе с пылью:



## ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ:

- 1) предназначена для поддержания нормируемых параметров воздуха и нормируемых концентраций вредных веществ во всем объеме РЗ;
- 2) требует значительных расходов воздуха;
- 3) не гарантирует того, что на отдельных участках РЗ концентрации вредных веществ не будут больше нормируемых значений;

Несмотря на определенные недостатки без общеобменной вентиляции мы обойтись не можем.

Эти недостатки могут быть компенсированы путем устройства наряду с общеобменной других видов вентиляции.



# МЕСТНАЯ ВЫТЯЖНАЯ (ЛОКАЛИЗУЮЩАЯ) ВЕНТИЛЯЦИЯ



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

**Местная вытяжная (локализующая) вентиляция** предназначена для уменьшения количества поступающих в помещение вредностей путем их улавливания в месте образования.

**Эффективность** улавливания вредностей:

$$\eta = \frac{G_{\text{уловл.вредн.}}}{G_{\text{вредн.(нач.)}}}$$

На практике значения  $\eta$  локализующей вентиляции колеблются в очень широких пределах – от 0,4 до 0,99 (40 – 99 %)

**Расчетный воздухообмен** для любого вида вредностей:

$$G_o = \frac{\Psi \rho_o G_{\text{вредн}} (1 - \eta)}{\text{ПДК} - y_o}, \text{ кг/с}$$



$\Psi$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения концентрации вредности в рабочей зоне;

$\rho_0$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$G_{вредн}$  – поступление вредности, г/с

$ПДК_{РЗ}$  – ПДК вредности в воздухе рабочей зоны, г/м<sup>3</sup>

$Y_0$  – начальная концентрация вредности, г/м<sup>3</sup>



Устройства по улавливанию вредностей называются *местными отсосами* или *вентиляционными укрытиями*.

В отличие от общеобменной вентиляции, *концентрация вредности под вентиляционным укрытием* не регламентируется:

$C_{ВУ} \gg \gg ПДК_{РЗ}$ .

Местная вытяжная вентиляция позволяет сократить затраты на вентиляцию и уменьшить вероятность того, что *концентрация вредностей в рабочей зоне* будет превышать нормируемые значения.





## Основные требования к вентиляционным укрытиям:

- 1) **Эффективность по возможности должна быть максимальной.**
- 2) **Укрытие не должно мешать технологическому процессу, не должно снижать производительность труда.**
- 3) **Конструкция укрытия должна быть простой, допускать изготовление из различных материалов, по возможности учитывать естественное направление движения вредных веществ.**

Вентиляционные укрытия обычно делят на две группы:

- 1 группа – укрытия по улавливанию теплоты, паров, газов (зонты, зонты-козырьки, бортовой отсос, вытяжной шкаф, вытяжная панель);
- 2 группа – укрытия по улавливанию пыли (кожух, отсос от транспортера).

Различают также следующие **типы** вентукрытий: открытые, полуоткрытые и закрытые.



# **ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УКРЫТИЙ**



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

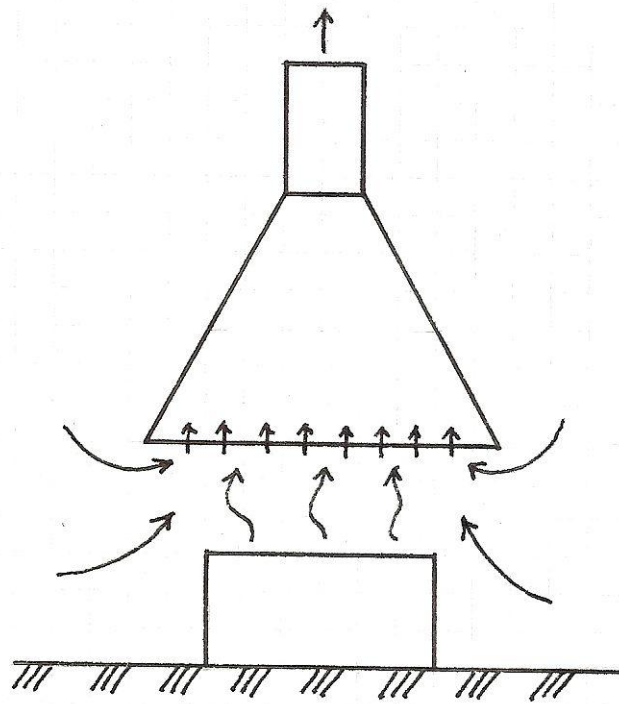
## ВЫТЯЖНОЙ ЗОНТ, ЗОНТ-КОЗЫРЕК

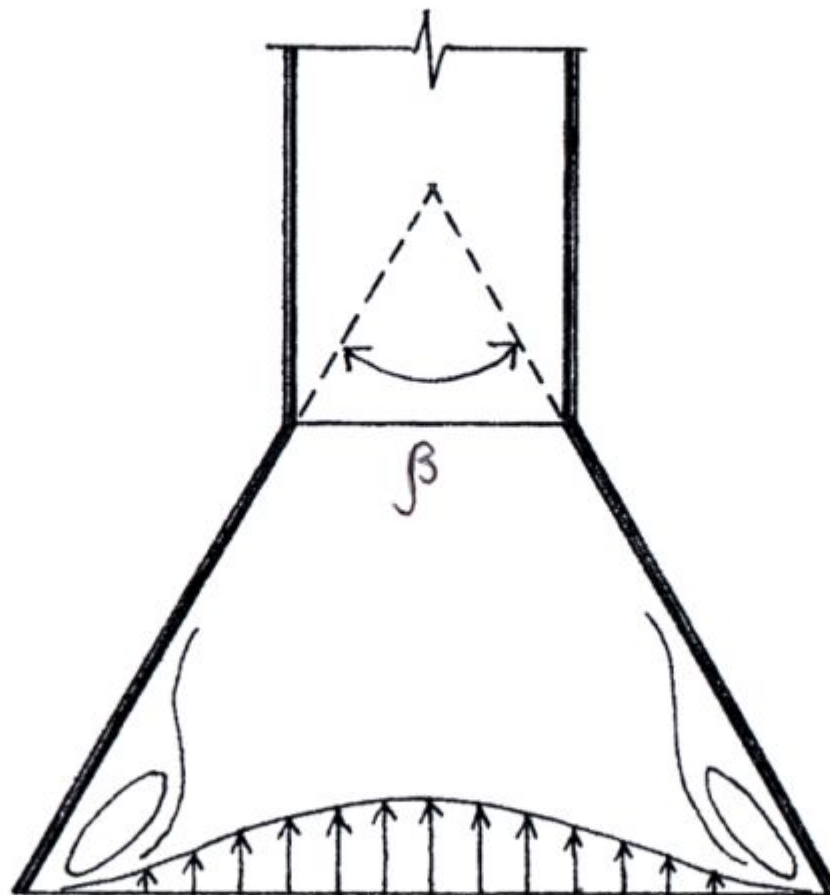
Один из простейших видов вентиляционного укрытия открытого типа.

Применяется, как правило, когда выделяющиеся вредности легче окружающего воздуха, т.е. существует подъемная сила.

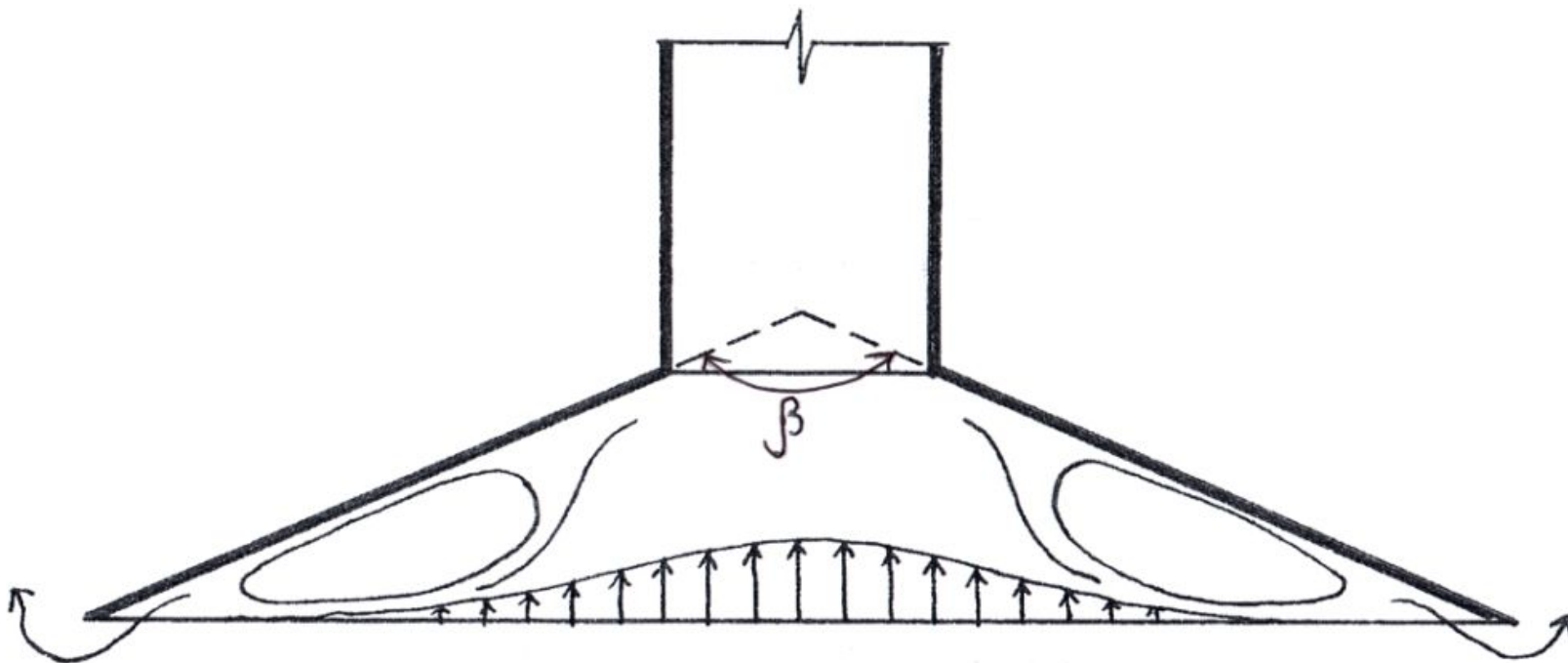
Важной характеристикой зонта является угол раскрытия  $\beta$ .



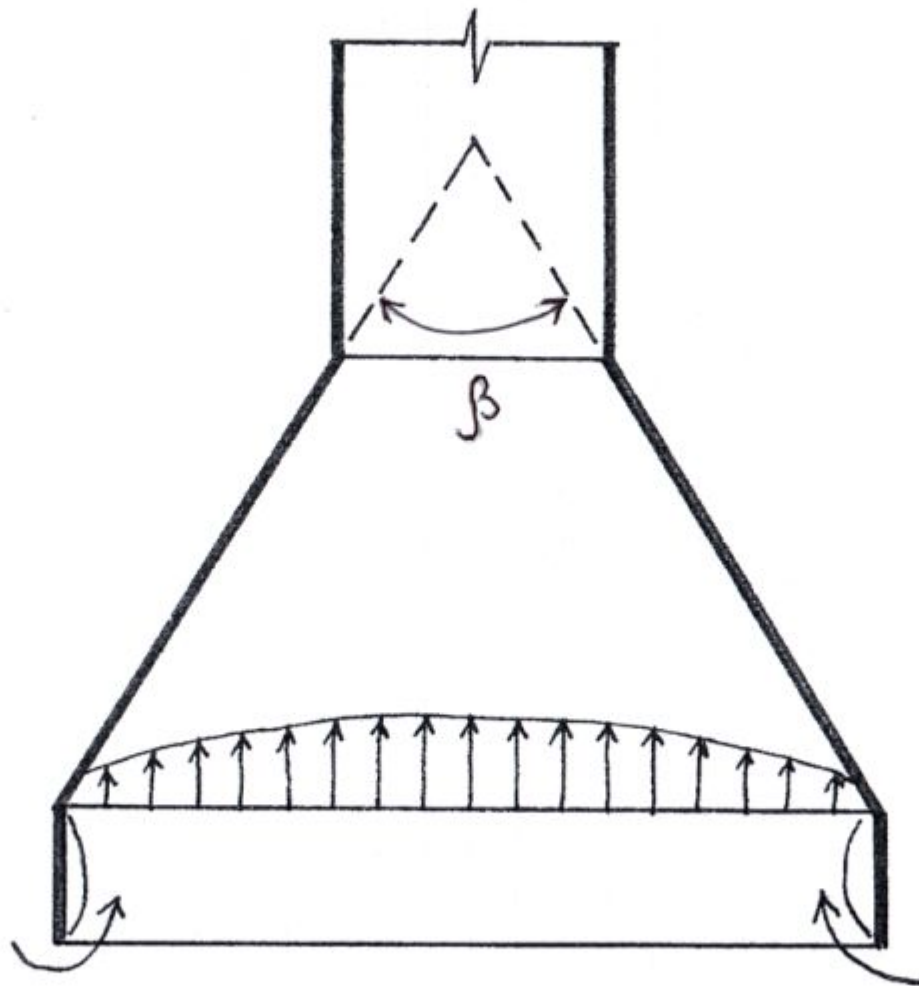




Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

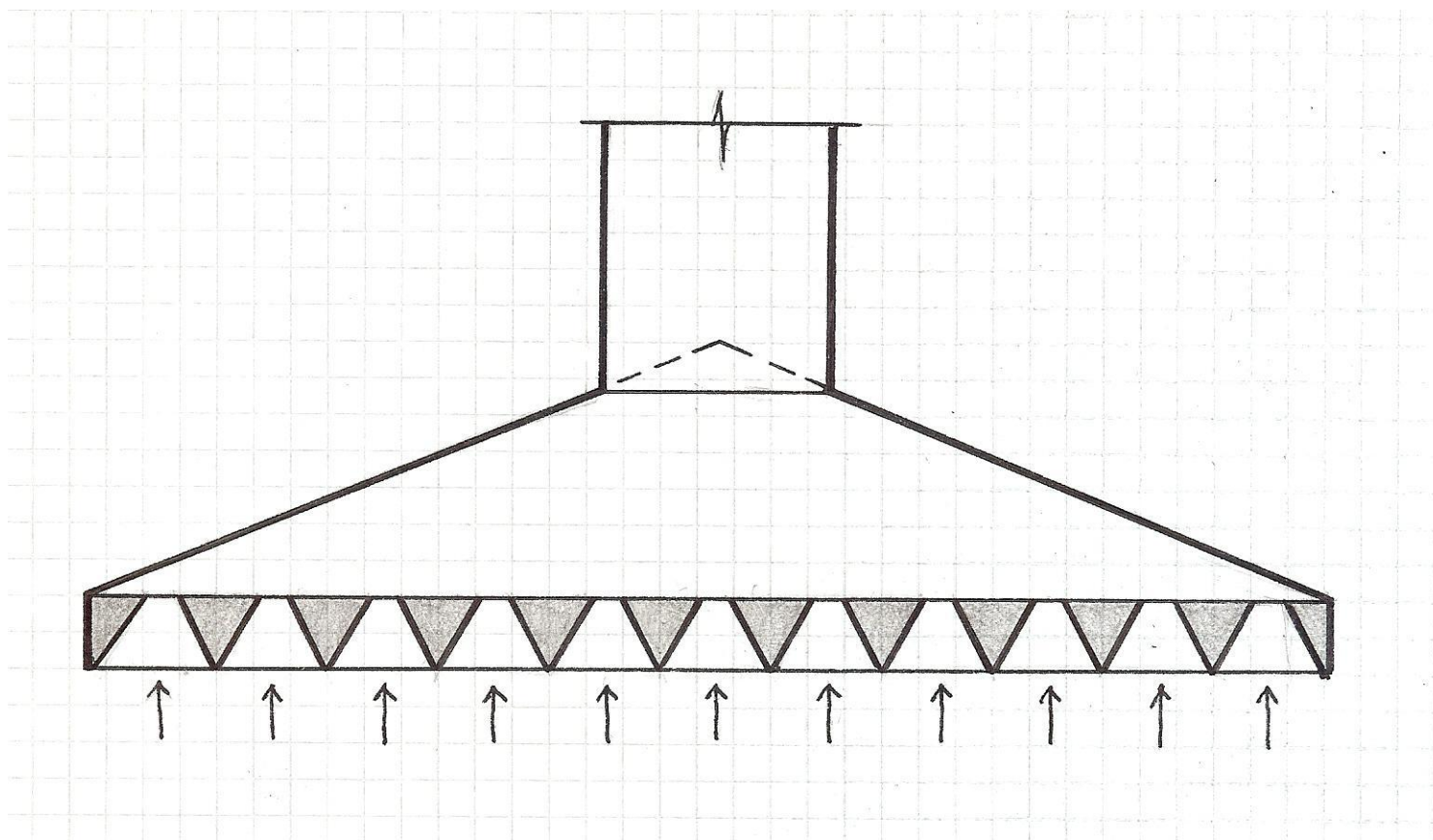


Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



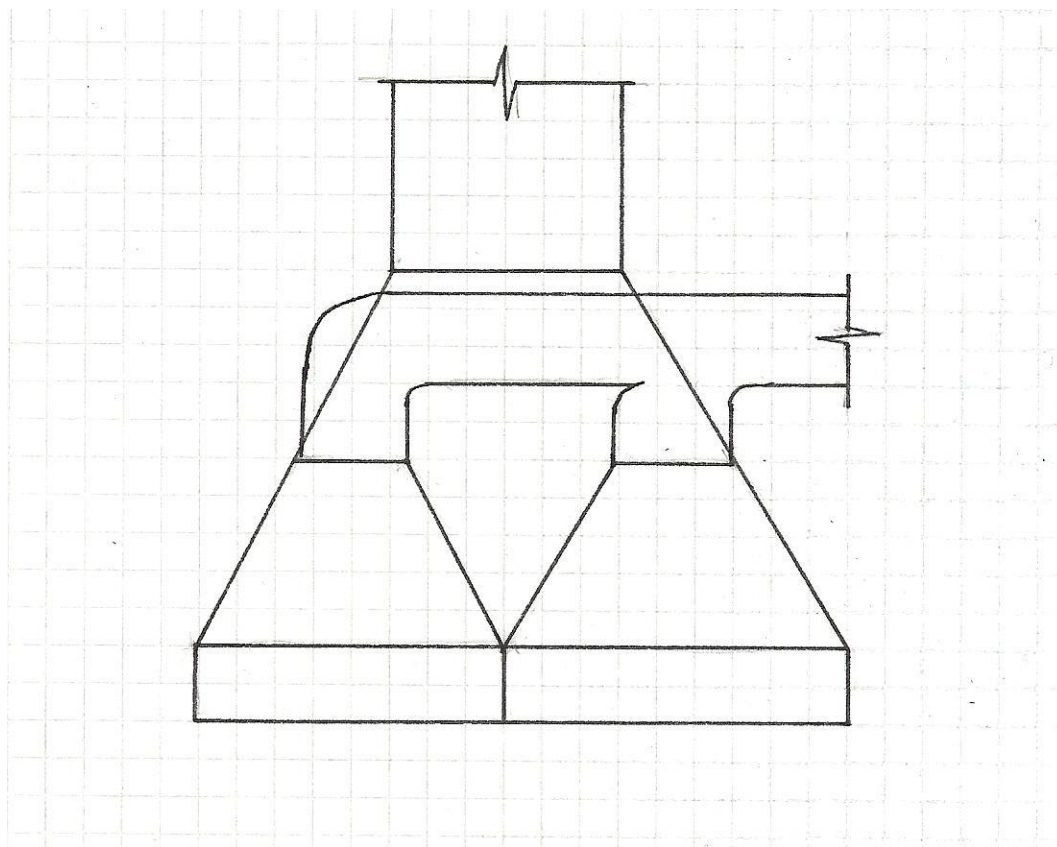
Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



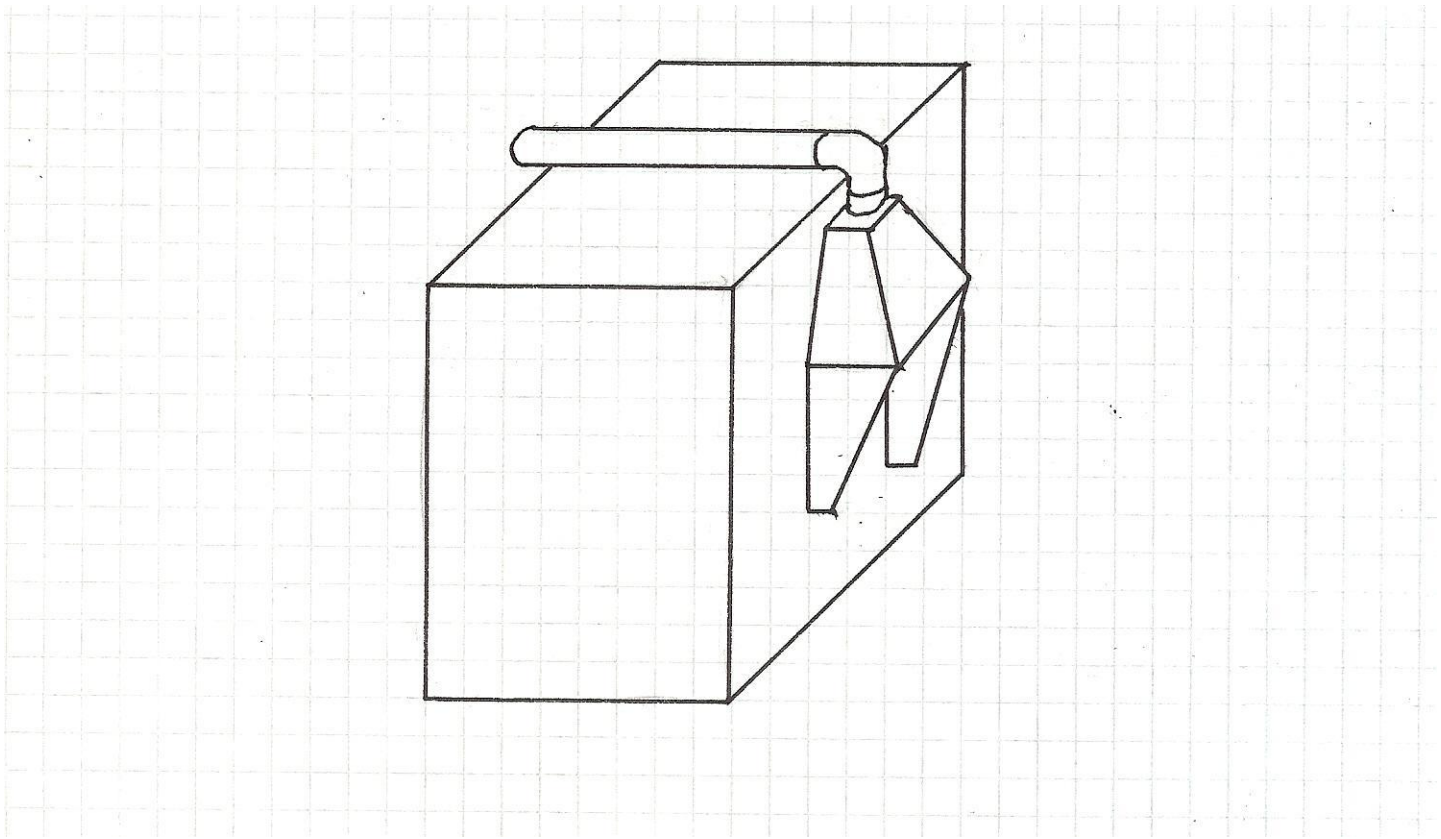


Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

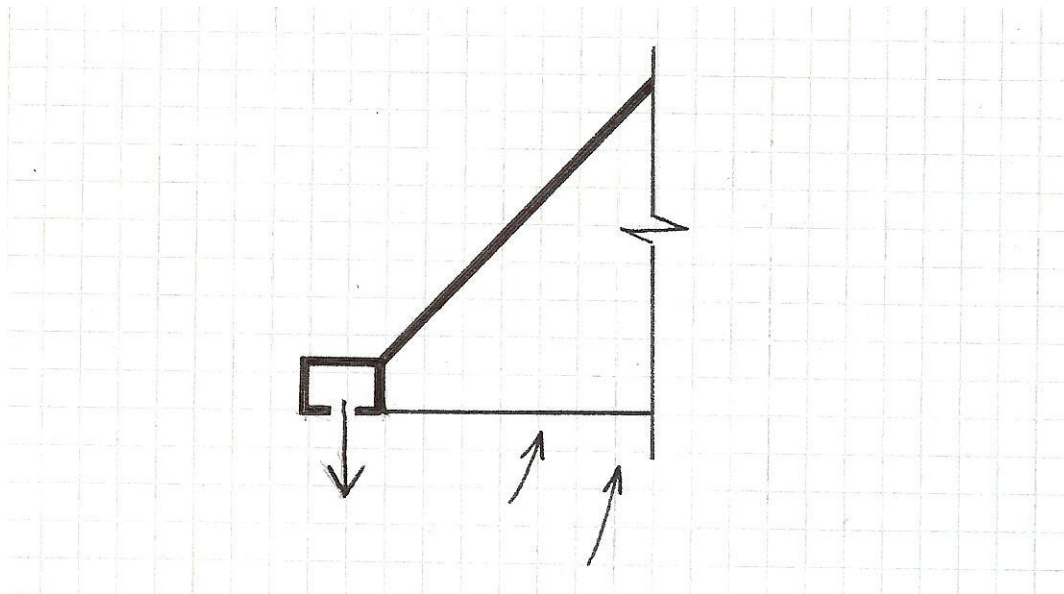




Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции





**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

## Расчет зонтов

Основывается на закономерностях конвективных струй.

В ходе расчета определяются площадь рабочего сечения (габаритные размеры зонта: ширина, длина, высота, диаметр патрубка), расстояние от источника до укрытия и расход воздуха, удаляемого зонтом.

Методика расчета зонтов приводится в справочной литературе.



## Расчет зонта-козырька

Используются зависимости воздушных струйных течений.

В ходе расчета определяются площадь рабочего сечения (габаритные размеры зонта: ширина, длина, высота, диаметр патрубка) и расход воздуха, удаляемого зонтом-козырьком.

Методика расчета зонтов-козырьков приводится в справочной литературе.

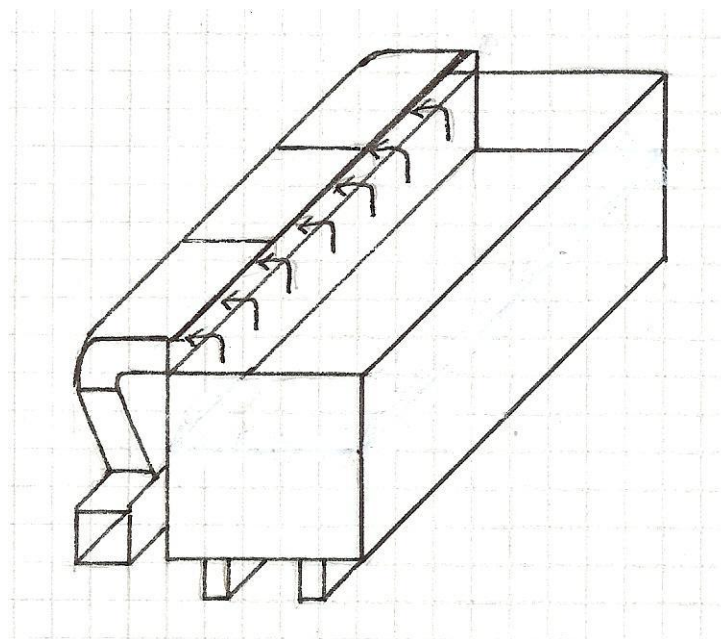


# БОРТОВОЙ ОТСОС

Относится к вентиляционным укрытиям открытого типа.

Применяется для удаления паров и газов, выделяющихся от ванн с растворами в гальванических цехах, в химическом производстве.

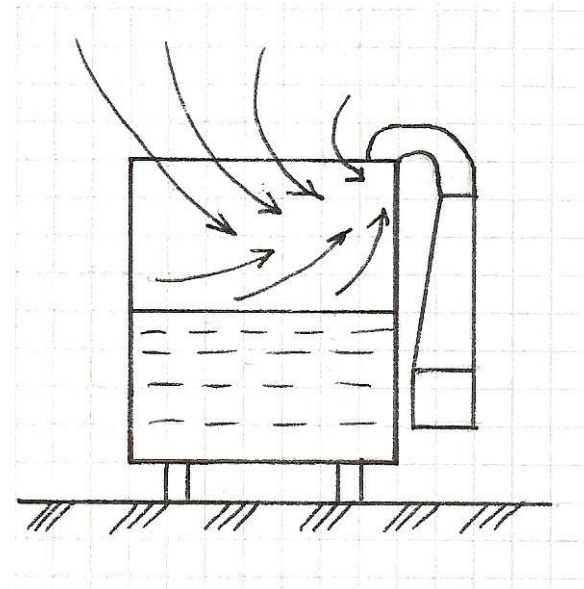
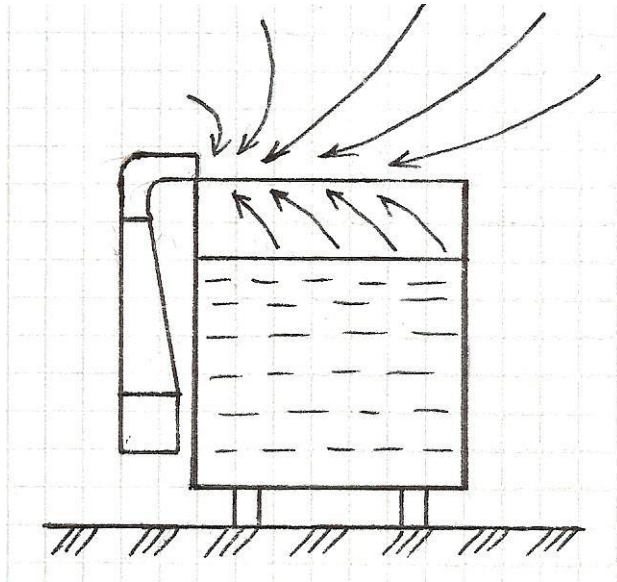




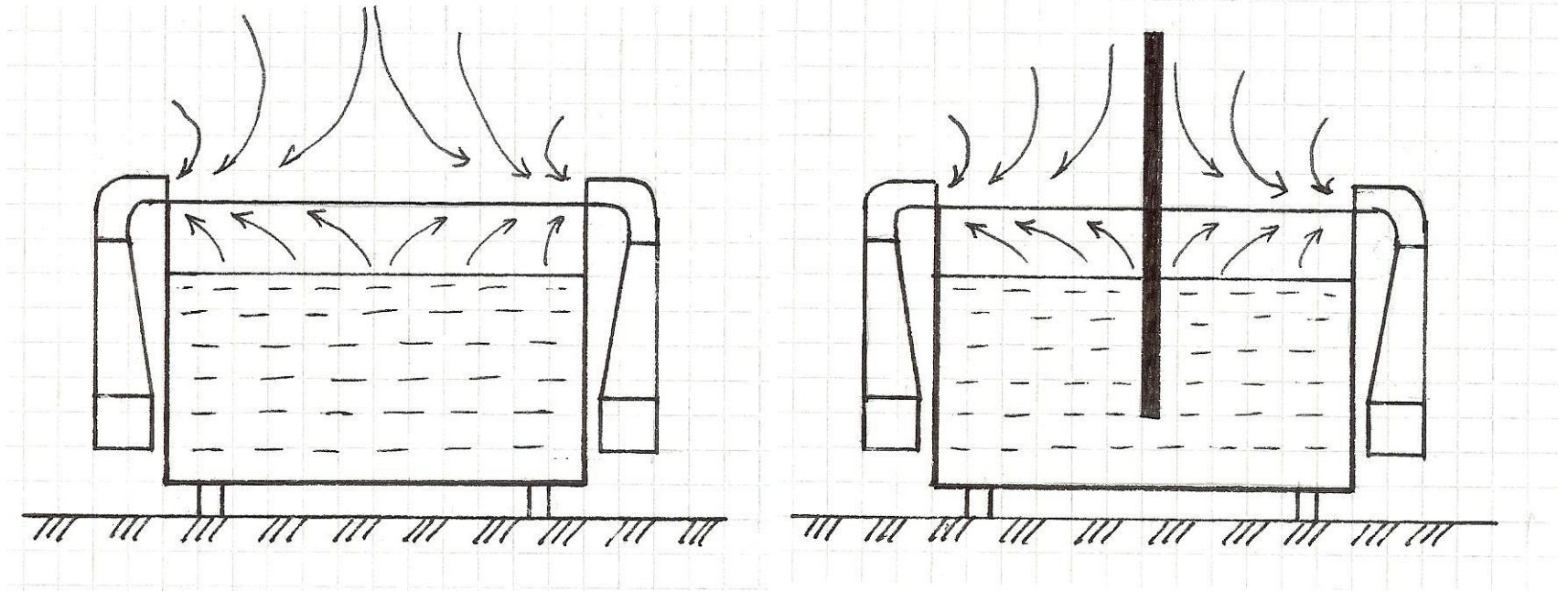
Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



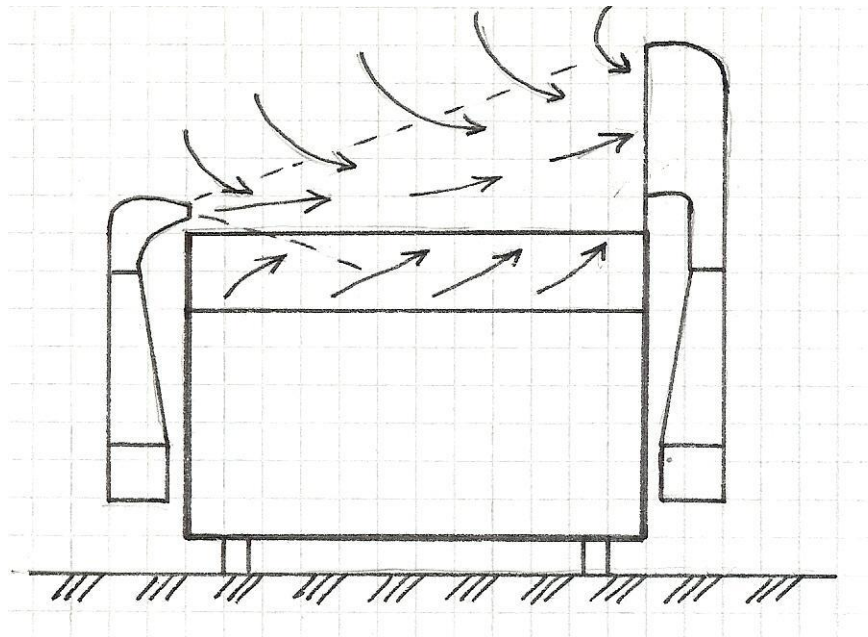
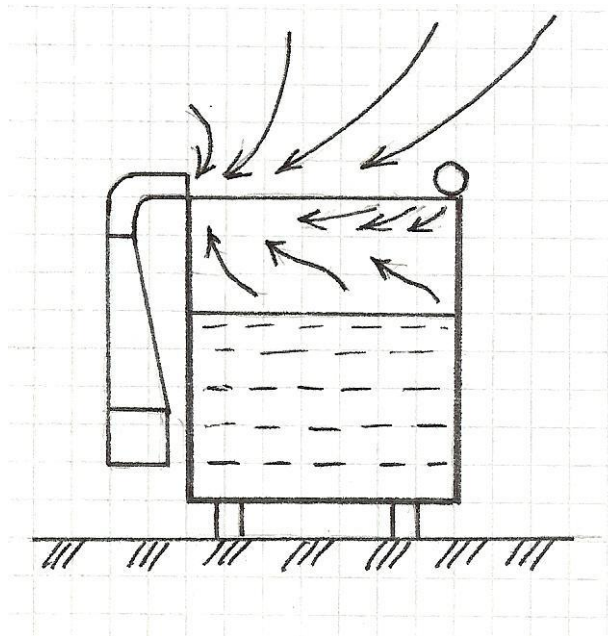
Конструктивно бортовые отсосы могут быть обычными и опрокинутыми.



В зависимости от ширины ванны устраиваются односторонние и двухсторонние бортовые отсосы.



Возможно применение активированных бортовых отсосов или отсосов с передувкой.





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

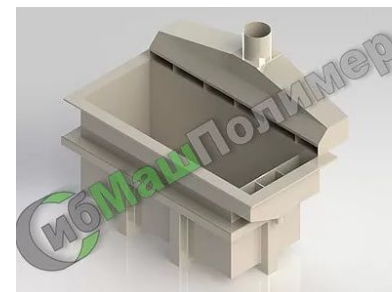


**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**





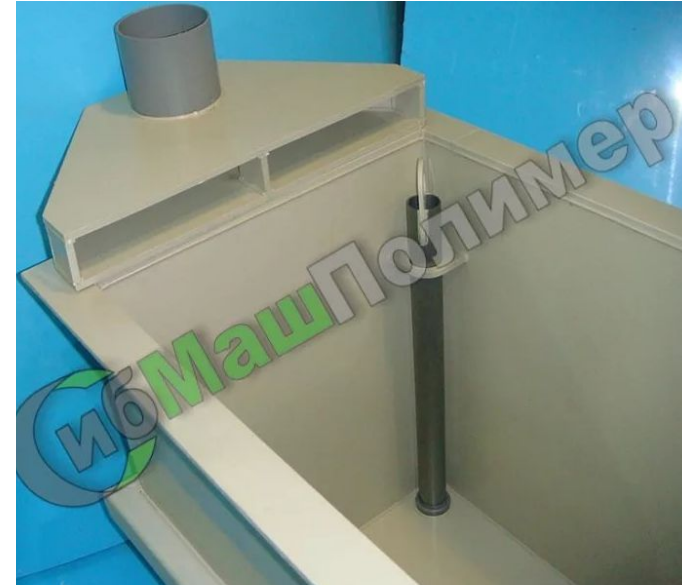


Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

## Расчет бортового отсоса

Для расчета используются эмпирические формулы с большим количеством поправочных коэффициентов, учитывающих различные факторы, например,

- расстояние от верхней кромки ванны до уровня раствора;
- разность температур раствора и воздуха;
- токсичность и интенсивность вредных выделений;
- воздушное перемешивание;
- укрытие зеркала раствора плавающими предметами, пеной поверхностно-активных веществ;
- тип отсоса и др.

В ходе расчетов определяется расход воздуха, удаляемого бортовым отсосом.

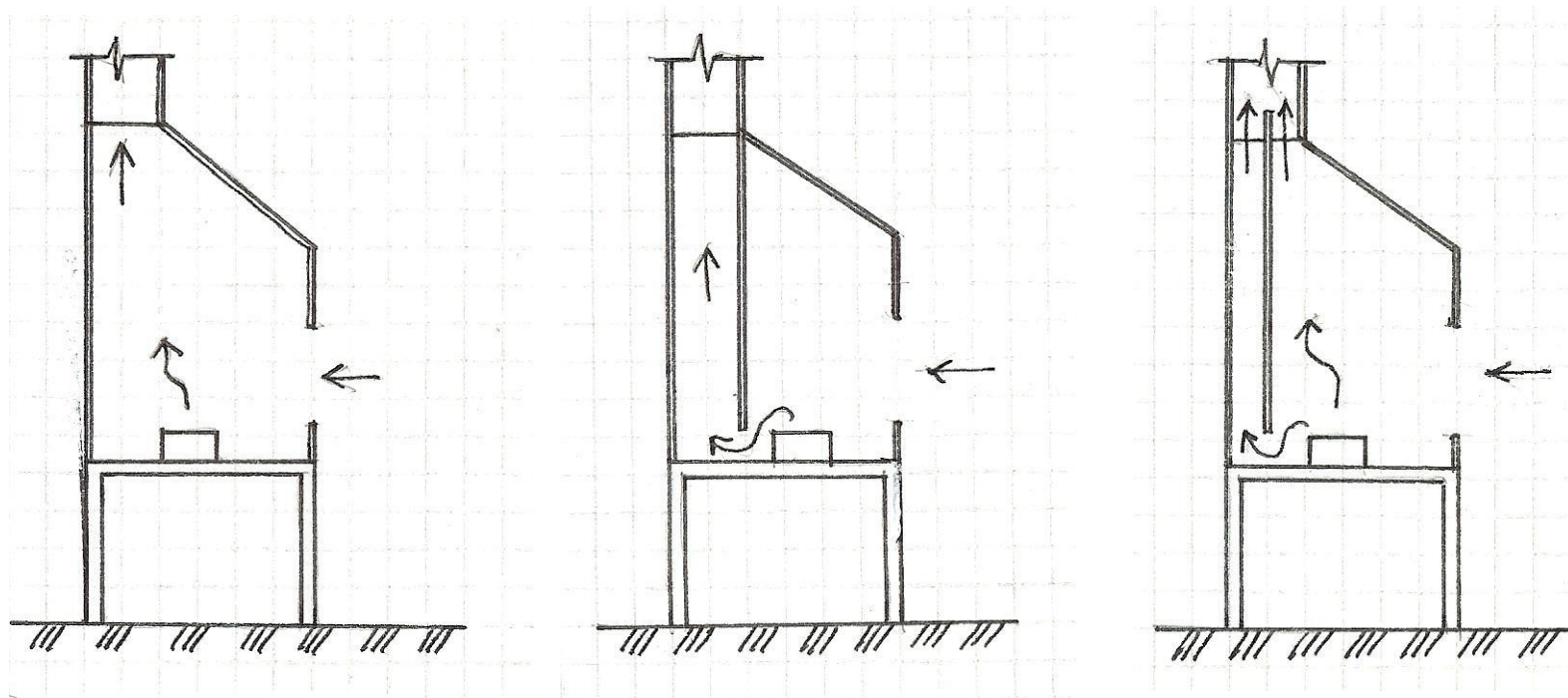


## **ВЫТЯЖНОЙ ШКАФ**

Относится к вентиляционным укрытиям полуоткрытого типа.

Применяется для удаления паров и газов, выделяющихся от источника, находящегося внутри укрытия.





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

## Расчет вытяжного шкафа

Для расчета рекомендуются скорости всасывания воздуха в рабочем проеме шкафа, в зависимости от выполняемой операции и вида выделяющихся вредностей. Значения от 0,3 до 1,5 м/с.

В ходе расчетов определяется расход воздуха, удаляемого вытяжным шкафом.



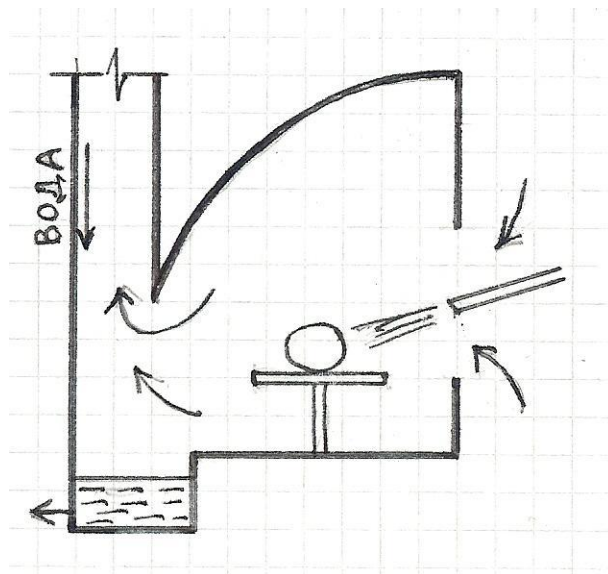


## **ШКАФ-КАМЕРА**

Относится к вентиляционным укрытиям полуоткрытого типа.

Применяется для удаления паров и газов, выделяющихся при окраске деталей, находящихся внутри укрытия.





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

## Расчет шкафа-камеры

При расчете количество воздуха, удаляемого укрытием, определяется по скорости всасывания воздуха через открытые проемы, величина которой зависит от способа окраски и состава лакокрасочных материалов.

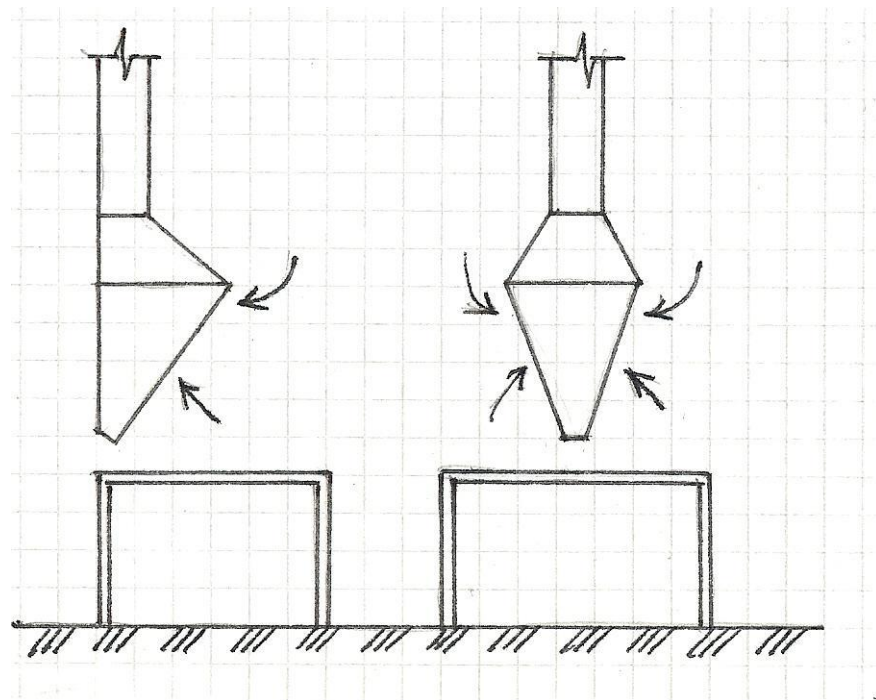
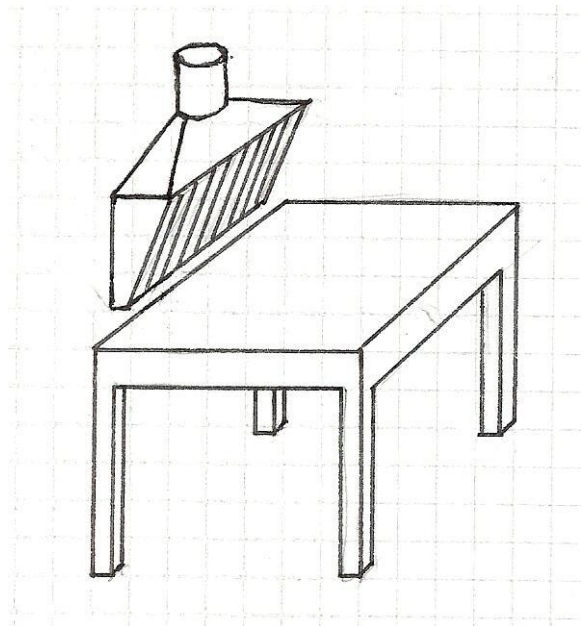


## **ПАНЕЛЬ РАВНОМЕРНОГО ВСАСЫВАНИЯ**

Относится к вентиляционным укрытиям открытого типа.

Применяется для удаления паров и газов, выделяющихся от источника, находящегося на рабочем столе.





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**





**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**



## *Расчет панели равномерного всасывания*

Для расчета рекомендуются скорости всасывания воздуха в живом сечении панели. Их значения: от 2,0 до 3,5 м/с для вредных испарений и газов без пыли, от 3,5 до 4 м/с для смеси с горячей дисперсной пылью.

В ходе расчетов определяется расход воздуха, удаляемого панелью.



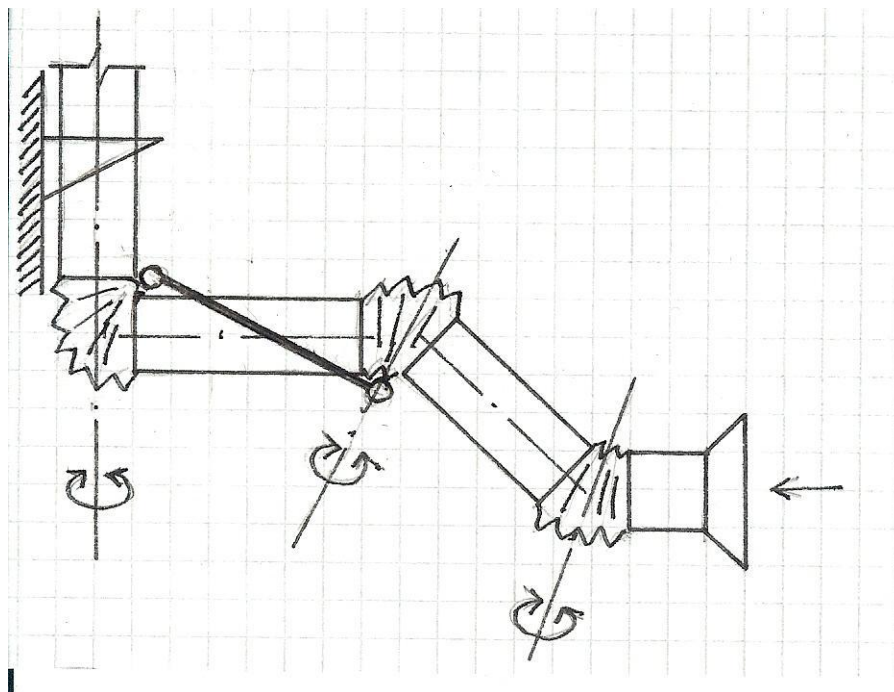


# **ВЫТЯЖНОЕ ШАРНИРНОЕ УСТРОЙСТВО**

Относится к вентиляционным укрытиям полуоткрытого типа.

Применяется для удаления паров и газов, выделяющихся при сварке изделий.





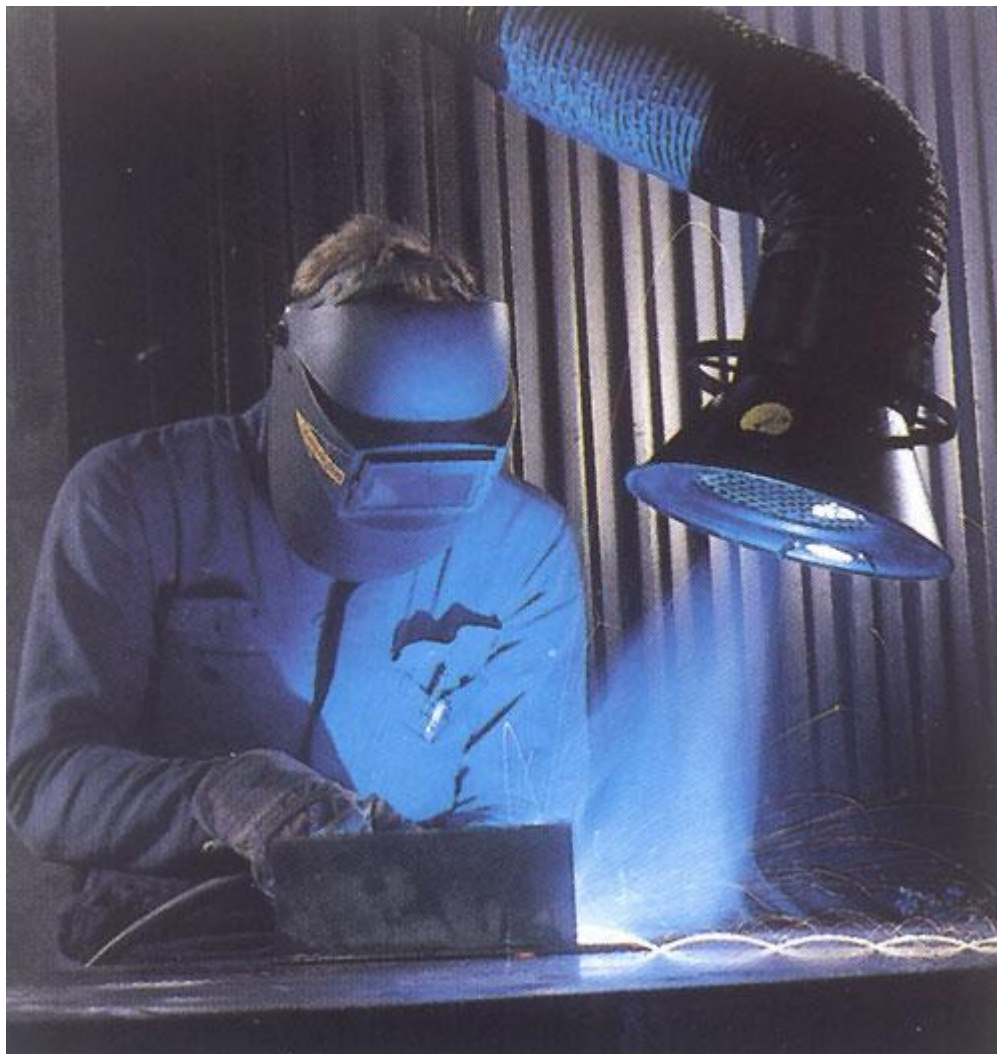
Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции



Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

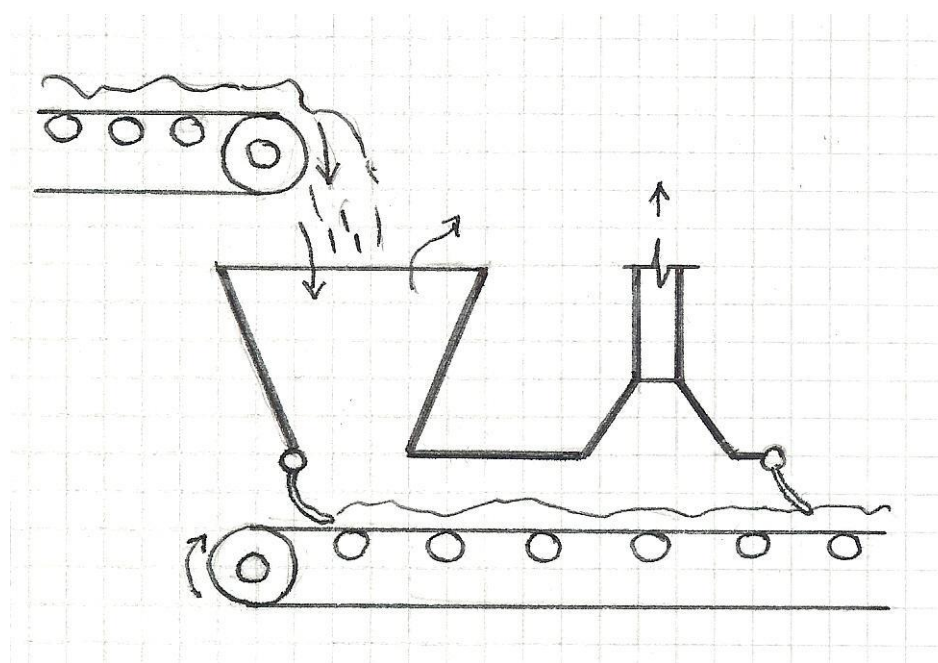
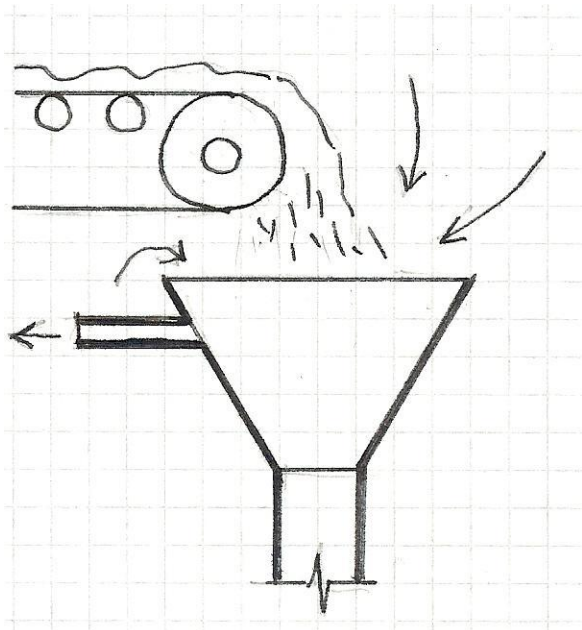
## **ВЫТЯЖНОЕ УКРЫТИЕ НАД ТРАНСПОРТЕРОМ**

Относится к вентиляционным укрытиям полностью закрытого типа.

Применяется для удаления пыли при транспортировке и пересыпке сыпучих материалов.





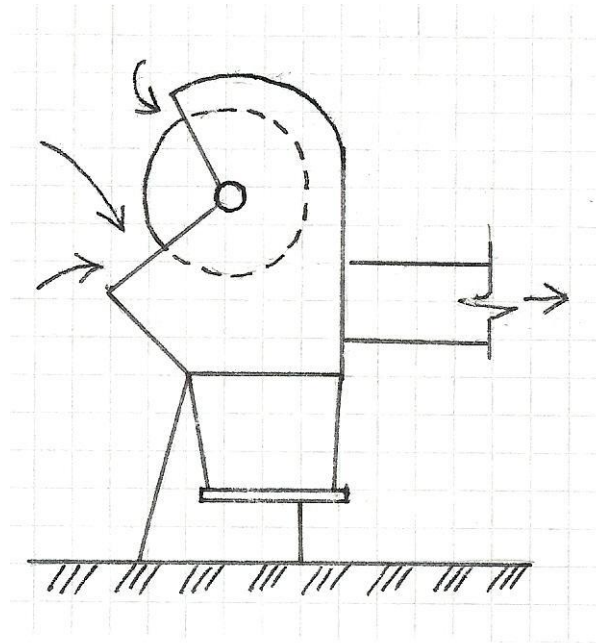


## **КОЖУХ**

Относится к вентиляционным укрытиям полуоткрытого типа.

Применяется для удаления пыли от шлифовально-полировальных станков.





Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции





**Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции**

## Расчет укрытий пылящего оборудования

Размеры укрытий и площади рабочих проемов обычно назначаются из условий технологического процесса.

Большинство укрытий пылящего оборудования конструктивно встраиваются в само оборудование и для них, как правило, уже известны и расход удаляемого воздуха и диаметр подсоединительного патрубка.

$$V = 3600 F_p w_p k_{зан}$$

здесь  $k_{зан}$  – коэффициент запаса, позволяющий учесть неплотности помимо рабочего проема, примерно равный 1,15....1,25.

Регламентируется обычно либо расход, либо скорость.



Если укрытие заполняется сыпучими материалами, то необходимо учесть, что воздух выдавливается из рабочего проема

$$V = 3600 F_p w_p k_{зан} + V_{матер}$$

Скорость движения воздуха в рабочем проеме колеблется от 2 до 4 м/с.

Для укрытий у шлифовально-полировальных станков:

$$V = V_{уд} d_{круга}$$

Для шлифовальных кругов:  $V_{уд} = f(d_{круга})$

Для полировальных кругов:  $V_{уд} = f(материал)$

