



МОСКОВСКИЙ  
ФИНАНСОВО-  
ЮРИДИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Вентиляц ия

**№ 1. Организация воздухообмена в зданиях**

Автор: Ефремов Герман Иванович, профессор, д.т.н.

Контакты: [efremov\\_german@mail.ru](mailto:efremov_german@mail.ru)

---

Москва – 2018



# Организация воздухообмена в зданиях

## Содержание раздела:

1. Введение.
2. Назначение вентиляции.
3. ПДК загрязняющих веществ в воздухе.
4. Расчетные параметры воздуха.
5. Комфортность микроклимата помещения
6. Классификация систем вентиляции.
7. Тепловой баланс помещений.
8. Задачи воздухообмена.
9. Кратность обмена вентиляции.
10. Расчет приточной вентиляции.
11. Расчет по площади помещения.
12. Вытяжная вентиляция.
13. Естественная вытяжная вентиляция.
14. Номограмма для определения потерь давления на трение в круглых воздуховодах.
15. Сводный график подбора вентиляторов с э/двигателями



Рис. 1 Вентиляция в доме



# Введение

Определение воздухообменов производится по доминирующим видам вредных выделений в производственных цехах и помещениях (по теплоте, водяным парам, вредным газам и парам с учетом их суммации действия на организм человека).

Жизнедеятельность человека и животных, производственные процессы сопровождаются выделением теплоты, вредных газов, паров и пыли, которые с течением времени делают воздух помещения непригодным для дыхания. Обычными вредными выделениями для жилых и гражданских зданий являются тепло- и влагоизбыточность, углекислый газ.

Перечень вредных веществ, выделяющихся в воздух промышленных зданий, состоит из многих тысяч наименований. Среди них есть радиоактивные аэрозоли, канцерогенные вещества (сажа, аэрозоль никеля, диоксин и т.д.), пары и газы, как взрывоопасные, так и воздействующие на кожный покров и слизистые оболочки организма.

Основной задачей вентиляции является поддержание состояния воздушной среды, благоприятной для пребывания в помещении человека и выполнения технологических процессов. В жилых и гражданских зданиях приоритетным является поддержание параметров воздушной среды, благоприятных для пребывания человека. В помещениях производственных зданий требование обеспечения оптимальных условий для проведения технологического процесса

является определяющим и может вступать в противоречие с условиями комфортного пребывания в нем человека.



# Назначение вентиляции

Санитарно-гигиеническое назначение вентиляции состоит в поддержании в помещениях удовлетворяющего требованиям санитарных норм проектирования<sup>1</sup> промышленных предприятий и строительных норм и правил состояния воздушной среды путем ассимиляции избытков тепла и влаги, а также удаления вредных газов, паров и пыли.

Кроме санитарно-гигиенических требований к вентиляции предъявляют технологические требования по обеспечению чистоты, температуры, влажности и скорости движения воздуха в помещении, вытекающие из особенностей технологического процесса в промышленных зданиях и назначения помещения в общественных зданиях. Если эти требования не будут соблюдаться, то в ряде случаев невозможно осуществлять современный технологический процесс (предприятия радиотехнической, электровакуумной, текстильной, химико-фармацевтической промышленности, уникальные общественные здания и сооружения и т. п.).

Организм человека выделяет тепло. Количество тепла, выделяемого человеком, зависит от характера выполняемой им работы и метеорологических условий в помещении. Метеорологические условия характеризуются температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой внутренних поверхностей ограждений и температурой находящихся в помещении предметов. Для нормального самочувствия человека необходимо, чтобы был обеспечен постоянный отвод выделяемого им тепла.



# Характеристика выполняемой человеком работы

**Таблица 1.** Характеристика выполняемой человеком работы и количество выделяемого им при этом тепла

Категория работы	Количество выделяемого тепла, Вт (ккал/ч)	Характеристика работы
Легкая	До 175 (150)	Выполняемая сидя или связанная с ходьбой, но не требующая непрерывного напряжения или поднятия и переноски тяжестей
Средней тяжести	175—290 (150—250)	Связанная с постоянной ходьбой, переноской тяжестей до 10 кг, а также выполняемая стоя
Тяжелая	Более 290 (250)	Требующая непрерывного физического напряжения, передвижения и переноски тяжестей более 10 кг

Выделение тепла происходит в основном с поверхности тела человека путем лучеиспускания, конвекции и испарения. Причем скрытое тепло, выделяемое при испарении пота, может составлять 50—60% и более.



# Влияющие факторы

В условиях производства на самочувствие человека и на производительность труда влияют факторы, зависящие от технологического процесса и характера выполняемой работы. Эти факторы носят название профессиональных вредных выделений («вредностей»). К профессиональным вредным выделениям относятся избыточное конвективное и лучистое тепло, влага (водяные пары), газы и пары вредных веществ и производственная пыль.

**Конвективное тепло** передается воздуху помещения от нагретых поверхностей оборудования (печей, горячих ванн), расплавленного металла и т. п., вызывая повышение температуры как в рабочей, так и в верхней зоне помещения.

**Лучистое тепло** поступает от расплавленного металла, нагретых стенок и свода печей, стенок горячих ванн, нагретых отливок и т. п.

Люди, работающие вблизи нагретых поверхностей оборудования или расплавленного металла, подвергаются воздействию **теплового облучения**. Интенсивность теплового излучения в некоторых случаях может достигать  $2800 \text{ Вт/м}^2$  [ $2400 \text{ ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$ ].

**Влага** (водяные пары) поступает в воздух производственных помещений при промывке изделий в водяных ваннах, при смачивании изделий, обрабатываемых на металлорежущих станках, и при других технологических процессах с применением воды или водяного пара. Выделение водяных паров может происходить при наличии неплотностей в аппаратуре и в коммуникациях, транспортирующих пар или воду. Большое количество водяных паров может поступать в воздух помещений с открытых

поверхностей воды в таких коммунальных и общественных зданиях, как бани, прачечные, плавательные бассейны и т. п. Увеличение влажности в помещениях приводит к



# Влияющие факторы

**Газы и пары** вредных веществ поступают в воздух производственных помещений при различных технологических процессах, и их количество зависит от особенностей самого процесса производства, применяемого сырья, вида промежуточных и конечных продуктов, наличия неплотностей в производственном оборудовании и соединениях трубопроводов и т. д. Одни вещества, поступая в воздух в виде паров, переходят затем в жидкое или твердое состояние, другие остаются в паро- или газообразном состоянии. Попадая даже в небольших количествах в организм человека через дыхательные пути, кожу и пищеварительный тракт, газы и пары вредных веществ могут вызывать профессиональные отравления. Физиологическое воздействие различных газов и паров зависит от их токсичности и концентрации в воздухе производственных помещений, а также от времени пребывания там людей.

Под концентрацией вредных веществ понимается их масса в единице объема воздуха. Концентрацию вредных веществ измеряют в мг на 1 м<sup>3</sup> воздуха (мг/м<sup>3</sup>). Наиболее вредные вещества: окись углерода CO — угарный газ, сернистый газ SO<sub>2</sub> — бесцветный газ с едким запахом, пары растворителей — углеводороды ароматического и жирного ряда, синильная кислота HCN — бесцветная жидкость с запахом горького миндаля, металлы: марганец Mn, свинец Pb, ртуть Hg, аэрозоли (пыли, дымы, туманы).

При попадании пыли в легкие человека возникают тяжелые заболевания. Так, попадание в легкие пыли, содержащей двуокись кремния или кварц, может



# ПДК загрязняющих веществ в воздухе

**Таблица 2.** Характеристика ПДК загрязняющих веществ в воздухе

Вещество	ПДК в наружном воздухе, мг/м <sup>3</sup>	
	максимальная разовая	среднесуточная
Азота двуокись	0,085	0,04
Пыль нетоксичная	0,5	0,15
Свинец	0,001	0,0003
Сернистый ангидрид	0,5	0,05
Углеводороды (бензол)	0,3	0,1
Углерода окись	5	3
Фенол	0,01	0,003
Углекислый газ*:		
населенная местность (село)	650	650
малые города	800	800
большие города	1000	1000



# РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВНУТРЕННЕГО

# И НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

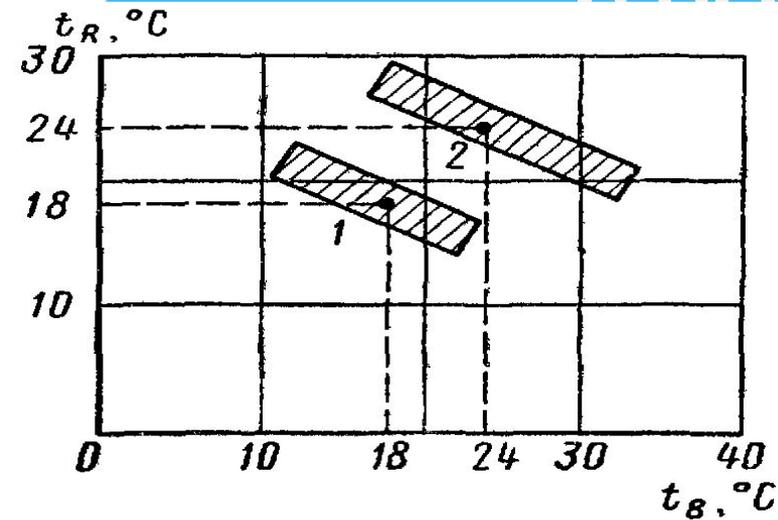
Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий СН 245-71. регламентированы метеорологические условия воздушной среды в рабочей зоне помещений промышленных предприятий и в обслуживаемой зоне общественных и жилых зданий, а также расчетные параметры наружного воздуха. Условно в качестве границы между теплым и холодным периодами года принята температура наружного воздуха, равная  $10^{\circ}\text{C}$ , и для работы вентиляции выделено **три периода года**:

$t_n, ^{\circ}\text{C}$	Период года
$>10$	теплый (летний)
$10$	переходный
$<10$	холодный (зимний)

Микроклимат помещения характеризуется температурой **внутреннего воздуха**  $t_B$ , **радиационной температурой** внутренних поверхностей ограждений  $t_R$ , относительной **влажностью воздуха**  $\phi_B$  и **скоростью** его движения  $v_B$ . Сочетание этих параметров, обеспечивающее наилучшее самочувствие и наивысшую работоспособность человека, называют комфортными условиями. Особенно важно поддерживать в помещении определенные температурные условия ( $t_B$  и  $t_R$ ). Относительная влажность и скорость движения воздуха обычно имеют незначительные колебания.



# РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВНУТРЕННЕГО И НАРУЖНОГО ВОЗДУХА



**Рис. 1.** Зоны комфортных условий для холодного -1 и теплого - 2 периода года.

Наиболее высокую температуру внутреннего воздуха для теплого периода года, как правило, принимают равной  $28^{\circ}\text{C}$ . Если расчетная температура наружного воздуха в теплый период года превышает  $25^{\circ}\text{C}$ , допускается при указанных в нормах значениях относительной влажности повышение температуры воздуха внутри помещения с удельными избытками явного тепла не более  $23\text{ Вт/м}^3$  [ $20\text{ ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м}^3)$ ] на  $3^{\circ}\text{C}$ , но не выше  $31^{\circ}\text{C}$ .

**Расчетные параметры** — температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха — выбирают в зависимости от категории работы (легкая, средней тяжести и тяжелая) и избытков явного тепла (от оборудования, нагретых материалов, солнечной радиации и людей).

Различают помещения, характеризующиеся незначительными удельными избытками явного тепла, —  $23\text{ Вт/м}^3$  [ $20\text{ ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м}^3)$ ] и менее, и помещения со значительными

удельными избытками явного тепла — более  $23\text{ Вт/м}^3$  [ $20\text{ ккал}/(\text{ч}\cdot\text{м}^3)$ ].



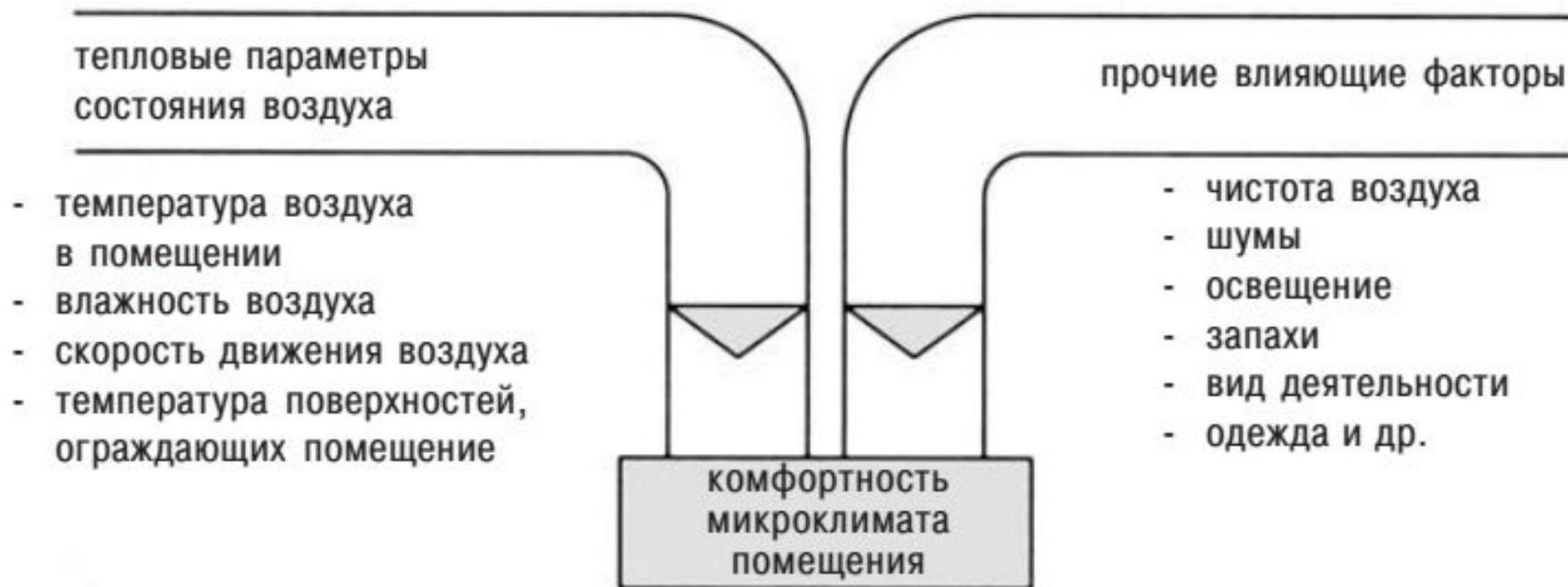
# РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВНУТРЕННЕГО И НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Расчетные оптимальные значения **относительной влажности** принимают в пределах 60—30%, причем большие значения соответствуют меньшим температурам. Допустимая относительная влажность для холодного периода года не должна превышать 75%, а для теплого периода года принимается в зависимости от температуры внутреннего воздуха. Расчетную **скорость движения** воздуха в рабочей зоне на постоянных рабочих местах для холодного периода года принимают в пределах 0,2—0,3 м/с (оптимальная) и 0,3—0,5 м/с (допустимая), а для теплого периода года — соответственно 0,2—0,7 м/с и 0,3—1 м/с.

Кроме санитарно-гигиенических и технологических требований, определяющих необходимые внутренние условия, при проектировании во многих случаях следует учитывать требование обеспеченности заданных внутренних условий. Оно выражается коэффициентом обеспеченности Лоб, который устанавливает необходимое число случаев ( $K_{об}$ ) или необходимую продолжительность отсутствия отклонений условий от расчетных. Значения коэффициента обеспеченности задают в зависимости от уровня требований к поддержанию заданных метеорологических условий в помещениях различного назначения.



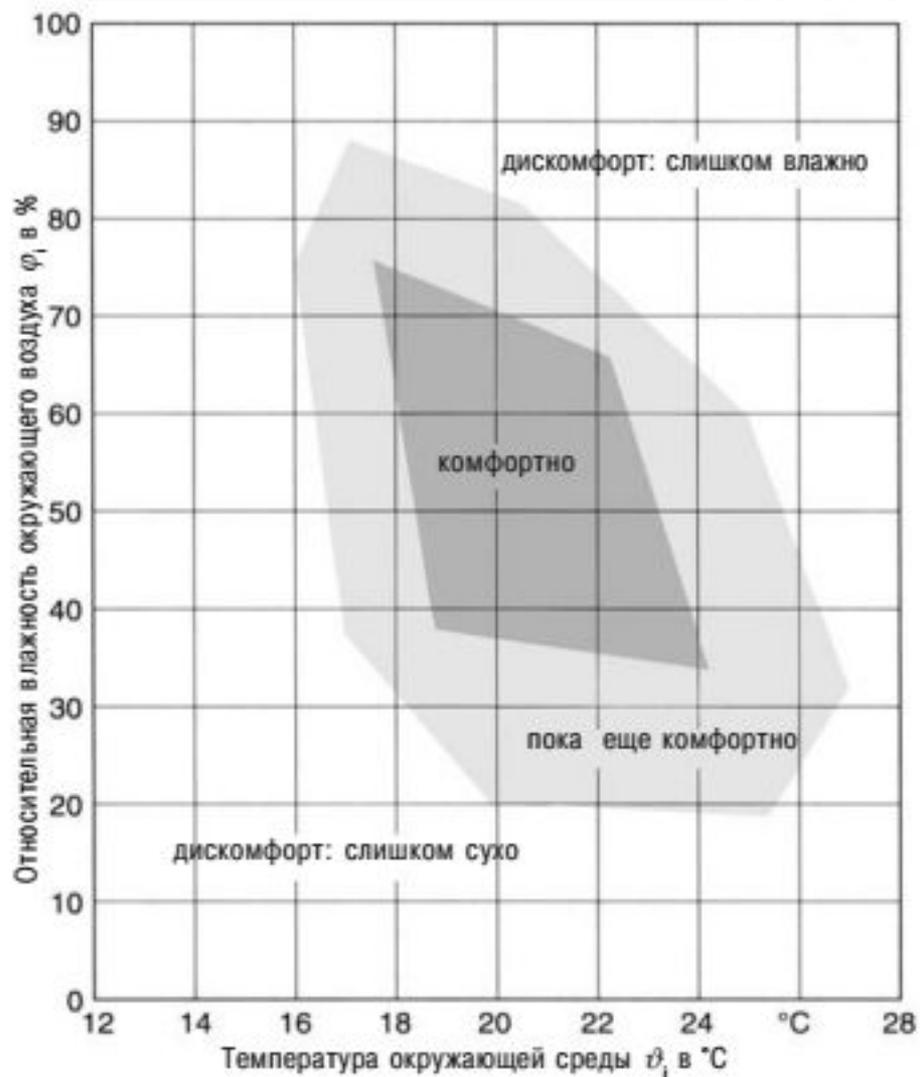
# Комфортность микроклимата помещений



**Рис. 2.** Факторы влияющие на комфортность помещения.



# Комфортность микроклимата помещений



**Рис. 3.** Зона комфортности помещений в зависимости от относительной влажности и температуры.



# ВИДЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Основная **цель вентиляции** — поддержание допустимых параметров воздуха в помещении. Например, для обычного помещения с избытками тепла поддержание необходимых условий можно осуществить и естественным проветриванием (аэрацией), и организацией в помещении воздухообмена с помощью вентиляторов, и подачей в помещение специально обработанного (охлажденного) воздуха. Способы подачи и удаления воздуха весьма разнообразны.

**По назначению** системы вентиляции подразделяются на приточные и вытяжные, обеспечивающие либо общеобменную, либо местную вентиляцию. **Приточные** системы — это системы, подающие воздух в помещение. Системы, удаляющие загрязненный воздух из помещения, называются **вытяжными**. Если вентилируется все помещение или его рабочая зона при наличии рассредоточенных источников вредных выделений, то вентиляция называется **общеобменной**. Удаление воздуха непосредственно от оборудования — источника вредных выделений — или подача воздуха в какую-либо определенную часть помещения носит название **местной** вентиляции. Местная вытяжная вентиляция может быть эффективнее общеобменной, так как удаляет вредные выделения от мест их образования и с большей концентрацией.

**По способу побуждения** движения воздуха системы вентиляции подразделяются на системы с механическим побуждением (с применением вентиляторов, эжекторов и пр.) и системы с естественным побуждением (с использованием естественных сил — воздействия ветра и гравитации). При этом вентиляция помещения может осуществляться через разветвленную сеть каналов (воздуховодов) — **канальные**



# Классификация систем вентиляции



**Рис. 2.** Классификация систем  
вентиляции



# ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОМЕЩЕНИЯ

Во многих помещениях одним из определяющих вредных выделений при воздухообмене является избыточное тепло. При расчете вентиляции таких помещений необходимо составление теплового баланса, т. е. выяснение всех статей поступления и расхода тепла в помещении.

К статьям поступления относится тепло, выделяемое людьми, солнечной радиацией, освещением, нагретым оборудованием и изделиями, расходуемой электроэнергией, механической энергией, переходящей в результате трения в тепловую энергию. Кроме того, тепло может выделяться в помещении в результате конденсации водяных паров, остывания жидкого металла с учетом тепла кристаллизации при его твердении и другими путями.

Расходными статьями являются потери тепла через ограждающие конструкции и с изделиями, если их в нагретом состоянии удаляют из помещения. Кроме того, тепло расходуется на нагрев наружного воздуха, попадающего в помещение в результате инфильтрации через неплотности в ограждениях и через открытые проемы, на нагрев холодных материалов, изделий и транспортных средств, поступающих в помещение.

Тепло помещения тратится также на испарение воды или других жидкостей из ванн, резервуаров, с поверхности мокрого пола, если тепло фазовых превращений не компенсируется специальным подводом энергии к воде.

© 2011 В большинстве помещений тепловые условия близки к стационарным, поэтому при расчете теплового баланса исходят из того, что все ограждения и



# Задачи воздухообмена

В общественных, административно-бытовых и производственных зданиях, оборудованных механическими системами вентиляции, в холодный период года следует, как правило, обеспечивать баланс между расходом приточного и вытяжного воздуха.

В общественных и административно-бытовых зданиях часть приточного воздуха (в объеме не более 50% требуемого воздуха для обслуживаемых помещений) допускается подавать в коридоры или смежные помещения.

В общественных и административно-бытовых зданиях (кроме зданий с влажным и мокрым режимами) в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 40 °С и ниже (параметры Б) в холодный период года следует обеспечивать положительный дисбаланс в объеме однократного воздухообмена в 1 ч в помещениях высотой 6 м и менее и не более 6 м<sup>3</sup> /ч на 1 м<sup>2</sup> пола в помещениях высотой более 6 м.

В производственных зданиях в холодный период года допускается предусматривать при техническом обосновании отрицательный дисбаланс в объеме не более однократного воздухообмена в 1 ч в помещениях высотой 6 м и менее и из расчета 6 м<sup>3</sup> /ч на 1 м<sup>2</sup> пола в помещениях высотой более 6 м.

Для помещений категорий А и Б, а также для производственных помещений, в которых выделяются вредные вещества или резко выраженные неприятные запахи, следует предусматривать отрицательный дисбаланс.



# Задачи воздухообмена

Для «чистых» помещений и помещений с кондиционированием следует предусматривать, как правило, положительный дисбаланс, если в них отсутствуют выделения вредных и взрывоопасных газов, паров и аэрозолей или резко выраженные неприятные запахи.

Расход воздуха для обеспечения дисбаланса в помещениях следует принимать:

- а) при отсутствии тамбур-шлюза — из расчета создания разности давления не менее 10 Па по отношению к давлению в защищаемом помещении (при закрытых дверях), но не менее 100 м<sup>3</sup> /ч на каждую дверь защищаемого помещения;
- б) при наличии тамбур-шлюза — равным расходу, подаваемому в тамбур-шлюз.

В помещениях жилых, общественных и административно-бытовых зданий приточный воздух следует подавать, как правило, из воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне. В помещениях общественного назначения с избытками теплоты высотой более 3 м возможно применение вытесняющей вентиляции (подача приточного охлажденного воздуха с пола через специальные воздухораспределители в обслуживаемую зону и удаление воздуха из верхней зоны помещения).

В помещениях со значительными влаговыведениями при тепловлажностном отношении 4000 кДж/кг и менее следует, как правило, подавать часть приточного



# Задачи воздухообмена

В производственные помещения приточный воздух следует подавать в рабочую зону из воздухораспределителей:

- а) горизонтальными струями, выпускаемыми в пределах или выше рабочей зоны, в том числе при вихревой воздухоподаче;
- б) наклонными (вниз) струями, выпускаемыми на высоте 2 м и более от пола;
- в) вертикальными струями, выпускаемыми на высоте 4 м и более от пола.

При незначительных избытках теплоты приточный воздух допускается подавать из воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне производственных помещений.

В помещениях с выделениями пыли приточный воздух следует, как правило, подавать струями, направленными сверху вниз из воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне.

Приточный воздух следует подавать на постоянные рабочие места, если они находятся вблизи источников вредных выделений, у которых невозможно устройство местных отсосов.

Удаление воздуха из помещений системами вентиляции следует предусматривать из зон, в которых воздух наиболее загрязнен или имеет наиболее высокую температуру или энтальпию. При выделении пыли и аэрозолей удаление воздуха системами общеобменной вентиляции следует предусматривать из нижней зоны.



# Задачи воздухообмена

В производственных помещениях с выделениями вредных или горючих газов или паров загрязненный воздух следует удалять из верхней зоны в объеме не менее однократного воздухообмена в 1 ч, а в помещениях высотой более 6 м не менее  $6 \text{ м}^3 / \text{ч}$  на  $1 \text{ м}^2$  помещения.

Приемные отверстия для удаления воздуха системами общеобменной вытяжной вентиляции из верхней зоны помещения следует размещать:

- а) под потолком или покрытием, но не ниже 2 м от пола до низа отверстий — для удаления избытков теплоты, влаги и вредных газов;
- б) не ниже 0,4 м от плоскости потолка или покрытия до верха отверстий — для удаления взрывоопасных смесей газов, паров и аэрозолей (кроме смеси водорода с воздухом);
- в) не ниже 0,1 м от плоскости потолка или покрытия до верха отверстий в помещениях высотой 4 м и менее или не ниже 0,025 высоты помещения (но не более 0,4 м) в помещениях высотой более 4 м — для удаления смеси водорода с воздухом.

Приемные отверстия для удаления воздуха системами общеобменной вентиляции из нижней зоны следует размещать на уровне до 0,3 м от пола до низа отверстий.

Расход воздуха через местные отсосы, размещенные в пределах рабочей зоны, следует учитывать как удаление воздуха из этой зоны



# Кратность обмена вентиляции

**Цель расчета** вентиляции – определить, сколько чистого воздуха требуется подавать в каждое помещение и какое количество отработанного удалять из него. После этого выбирают способ организации воздухообмена и для холодного времени года рассчитывают тепловую мощность, которую нужно затратить для подогрева притока с улицы. Для начала нужно определить кратность обмена для каждой комнаты жилого дома.

**Кратность обмена** – число, показывающее сколько раз во всем объеме помещения полностью обновится воздух в течение 1 часа.

Значения величины кратности для кабинетов и комнат различного назначения прописаны в СНиП 31–01–2003, для удобства они приведены в Таблице 3.

**Таблица 3.** Расход воздухообмена вентиляции.

Назначение помещения	Гостиная, спальная, детская	Кабинет	Кладовая	Кухня с электрической плитой	Помещение с газовыми установками	Котельная на твердом топливе	Туалет, санузел	Постирочная	Бильярдная, спортзал
Кратность и (или) расход в м <sup>3</sup> /ч	1.0	0.5	0.2	60 м <sup>3</sup> /ч	1 + 100 м <sup>3</sup> /ч	1 + 100 м <sup>3</sup> /ч	25 м <sup>3</sup> /ч	90 м <sup>3</sup> /ч	80 м <sup>3</sup> /ч



# Кратность обмена вентиляции

Помещение	Норма минимального воздухообмена	
	в режиме обслуживания	в нерабочем режиме
Спальная, общая или детская комната	1,0 об/ч	0,2 об/ч
Библиотека или кабинет	0,5 об/ч	0,2 об/ч
Кладовая, бельевая, гардеробная	0,2 об/ч	0,2 об/ч
Тренажерный зал, бильярдная	80 м <sup>3</sup> /ч	0,2 об/ч
Постирочная, гладильная, сушильная	90 м <sup>3</sup> /ч	0,5 об/ч
Кухня с электроплитой	60 м <sup>3</sup> /ч	0,5 об/ч
Помещение с газоиспользующим оборудованием	1,0 + 100 м <sup>3</sup> /ч на плиту	1,0 об/ч
Помещение с котлами и печами на твердом топливе	1,0 + 100 м <sup>3</sup> /ч на плиту	0,5 об/ч
Ванная, душевая, уборная, совмещенный санузел	25 м <sup>3</sup> /ч	0,5 об/ч
Сауна	10 м <sup>3</sup> /ч на 1 чел.	0,5 об/ч
Машинное отделение лифта	По расчету *	-
Автостоянка	По расчету *	1,0 об/ч
Мусоросборная камера	1,0 об/ч	1,0 об/ч

**Таблица 4.** Кратность обмена вентиляции для различных помещений.



# Расчет приточной вентиляции

Строительными нормами допускается производить расчет приточной вентиляции для воздухообмена помещения несколькими способами:

1. По **кратности обмена**, величина которой для каждого помещения закреплена нормами.
2. По нормируемому **удельному расходу** воздушных масс на 1 м<sup>2</sup> комнаты.
3. По **удельному объему** свежей воздушной смеси на 1 человека, находящегося в доме свыше 2 часов ежедневно.

В соответствии со СНиП 41–01-2003 «Вентиляция и кондиционирование» для жилых зданий применяется следующая формула расчета вентиляции по нормируемой кратности:

$$L = V \cdot n \quad (1)$$

L – необходимое количество приточного воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

V – объем кабинета или комнаты, м<sup>3</sup>;

n – расчетная кратность воздухообмена (Табл. 4).

Объем каждой комнаты определяют обмерами ее габаритов либо, в случае строящегося дома, по чертежам, входящим в проект. Расход притока для некоторых помещений имеет определенное нормированное значение, например, в санузлах или постирочных. Тогда габариты определять не требуется, принимается ее фиксированная величина.



# Расчет приточной вентиляции

После просчета каждой комнаты результаты суммируются и получается общее количество приточного воздуха, необходимое для всего дома.

Определение притока по **удельному расходу** свежей воздушной смеси на каждого человека осуществляется таким методом:

$$L = N \cdot m \quad (2)$$

В этой формуле:

L – необходимое количество приточного воздуха, что в предыдущей формуле, м<sup>3</sup>/ч;

N – число людей, находящихся в здании более 2 часов в течение суток, чел;

m – удельное количество приточного воздуха на 1 человека, м<sup>3</sup>/ч (Табл.5).

Данный метод допускается применять не только для жилых, но и административных зданий, в офисах которых трудится много людей. В этом случае величина удельн

41–01-2003, что отраженс

**Таблица 5.**

Удельный расход

Воздуха.

Минимальное количество свежего воздуха на 1 чел.	Административные и общественные здания	Жилые дома
Комнаты с возможностью естественного проветривания	40 м <sup>3</sup> /ч	30 м <sup>3</sup> /ч
Естественное проветривание отсутствует	60 м <sup>3</sup> /ч	60 м <sup>3</sup> /ч



# Расчет по площади помещения

Если в пересчете на 1 жильца приходится менее 20 м<sup>2</sup> общей площади жилого дома, то производится расчет по площади помещения:

$$L = A \cdot k \quad (3)$$

L – необходимая величина притока, м<sup>3</sup>/ч;

A – площадь кабинета или комнаты, м<sup>2</sup>;

k – удельный расход чистого воздуха, подаваемого на 1 м<sup>2</sup> площади комнаты.

СНиП 41–01-2003 устанавливает значение k в размере 3 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> жилой площади. То есть, в спальню площадью 10 м<sup>2</sup> понадобится подавать как минимум 10 x 3 = 30 м<sup>3</sup>/ч свежей воздушной смеси.

После того как потребность в притоке и вытяжке для всех комнат дома вычислена одним из вышеописанных методов, следует выбрать тип общеобменной вентиляции: с естественным или механическим побуждением. Первый тип подойдет для квартир, небольших частных домов и офисов. Здесь главную роль будет играть естественная вытяжка, поскольку именно она создает разрежение внутри дома и побуждает воздушные массы перемещаться в свою сторону, затягивая свежие с улицы. В этом случае расчет естественной вентиляции помещения сводится к вычислению высоты вертикальной вытяжной



# Вытяжная вентиляция

**Вытяжная естественная** канальная вентиляция состоит из вертикальных внутристенных или приставных каналов с отверстиями, закрытыми жалюзийными решётками, сборных горизонтальных воздуховодов и вытяжной шахты. Загрязнённый воздух из помещений поступает через жалюзийную решётку в канал, поднимается вверх, достигая сборных воздуховодов, и оттуда выходит через шахту в атмосферу.

Вытяжка из помещений регулируется жалюзийными решётками в вытяжных отверстиях, а также дроссель-клапанами или задвижками, устанавливаемыми в сборном воздуховоде и в шахте. Вытяжная естественная канальная вентиляция осуществляется преимущественно в жилых и общественных зданиях для помещений, не требующих воздухообмена больше однократного. В производственных зданиях, согласно СНиП 41-01–2003, естественную вентиляцию следует проектировать, если она обеспечит нормируемые условия воздушной среды в помещениях и если она допустима по технологическим требованиям.

В жилых зданиях и в некоторых помещениях общественных и административно-бытовых зданий предусматривается вентиляция с естественным побуждением. В таких системах неорганизованное поступление наружного воздуха осуществляется через неплотности в ограждениях, открываемые периодически форточки, окна, наружные и балконные двери здания или специальные устройства, располагаемые в стенах, окнах. Удаление воздуха из помещений, как правило, предусматривается через вытяжные шахты, каналы, воздуховоды и воздухоприёмные устройства. Организованный воздухообмен, при котором воздух поступает в помещение и удаляется из него через специально предусмотренные расчётом отверстия в наружных ограждениях (окна, форточки), осуществляется с помощью количества поступающего и удаляемого воздуха



# Вытяжная вентиляция санузла



Рис. 3 Вытяжная вентиляция санузла .



# Естественная вытяжная вентиляция

Для нормальной работы системы естественной вентиляции необходимо, чтобы было сохранено равенство

$$\sum (RL\beta + Z) \alpha = \Delta p, (4)$$

где  $R$  – удельная потеря давления на трение, Па/м;  $L$  – длина воздуховодов (каналов), м;  $RL$  – потеря давления на трение расчётной ветви, Па;  $Z$  – потеря давления на местные сопротивления, Па;  $\Delta p$  – располагаемое давление, Па;  $\alpha$  – коэффициент запаса, равный 1,1...1,15;  $\beta$  – поправочный коэффициент на шероховатость поверхности газохода.

Расчёту воздуховодов (каналов) должна предшествовать следующая расчётно-графическая работа:

1. Определение воздухообменов для каждого помещения по кратностям (согласно СНиП соответствующего здания).
2. Компоновка систем вентиляции. В одну систему объединяют только одноимённые или близкие по назначению помещения. Системы вентиляции квартир, общежитий и гостиниц не совмещают с системами вентиляции детских садов и яслей, торговых и других учреждений, находящихся в том же здании. Санитарные узлы во всех случаях обслуживаются самостоятельными системами и при пяти унитазах и более оборудуются механическими побудителями. В детских садах и яслях рекомендуется устраивать вытяжные системы естественной вентиляции, самостоятельные для каждой группы детей, объединяя помещения с учётом их назначения. В курительных комнатах, как правило, осуществляется механическая вентиляция. Вытяжку из комнат жилого дома с окнами, выходящими



# Естественная вытяжная вентиляция

3. Графическое изображение на планах этажей и чердака элементов системы (каналов и воздуховодов, вытяжных отверстий и жалюзийных решёток, вытяжных шахт). Против вытяжных отверстий помещений указывается количество воздуха, удаляемого по каналу. Транзитные каналы, обслуживающие помещения нижних этажей, рекомендуется обозначать римскими цифрами (I, II, III и т.д.). Все системы вентиляции должны быть пронумерованы.

4. Вычерчивание аксонометрических схем в линиях, или, что лучше, с изображением внешних очертаний всех элементов системы (рис. 4). На схемах в кружке у выносной черты проставляется номер участка, над чертой указывается нагрузка участка, м<sup>3</sup>/ч, а под чертой – длина участка, м.

Аэродинамический расчёт воздуховодов (каналов) выполняют по таблице или номограммам, составленным для стальных воздуховодов круглого сечения при  $\rho_v = 1,205 \text{ кг/м}^3$ ,  $t_v = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . В них взаимосвязаны входящие величины  $L$ ,  $R$ ,  $v$ ,  $h_v$  и  $d$ .

Аэродинамический расчёт воздуховодов системы вентиляции включает в себя:

- определение размеров воздуховодов, каналов отдельных участков сети, обеспечивающих перемещение требуемого количества воздуха;

- определение суммарного сопротивления, возникающего при движении воздуха в магистральной сети для определения в дальнейшем расчётного



# Естественная вытяжная вентиляция

Наименьшая скорость движения воздуха в системах с механическим побуждением, с учётом акустических требований, принимается на участках перед обслуживаемыми помещениями (3...5 м/с), наибольшая – в магистральных воздуховодах перед вентиляционными установками (до 7...9 м/с).

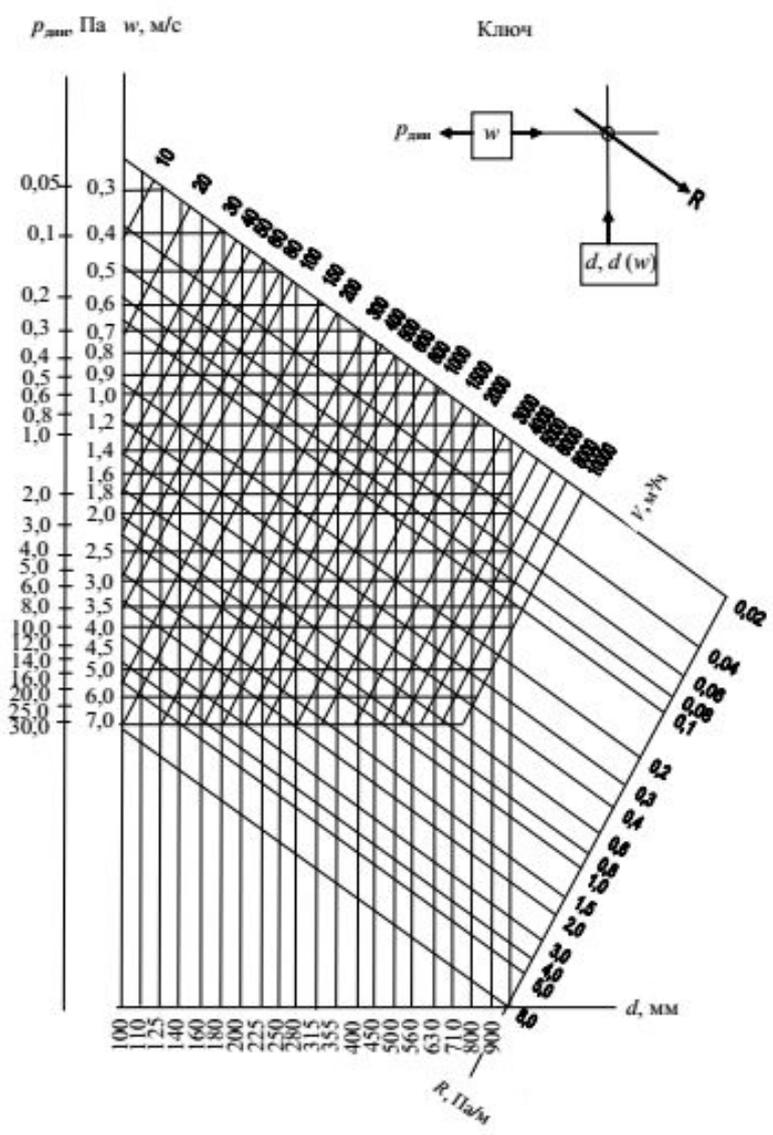
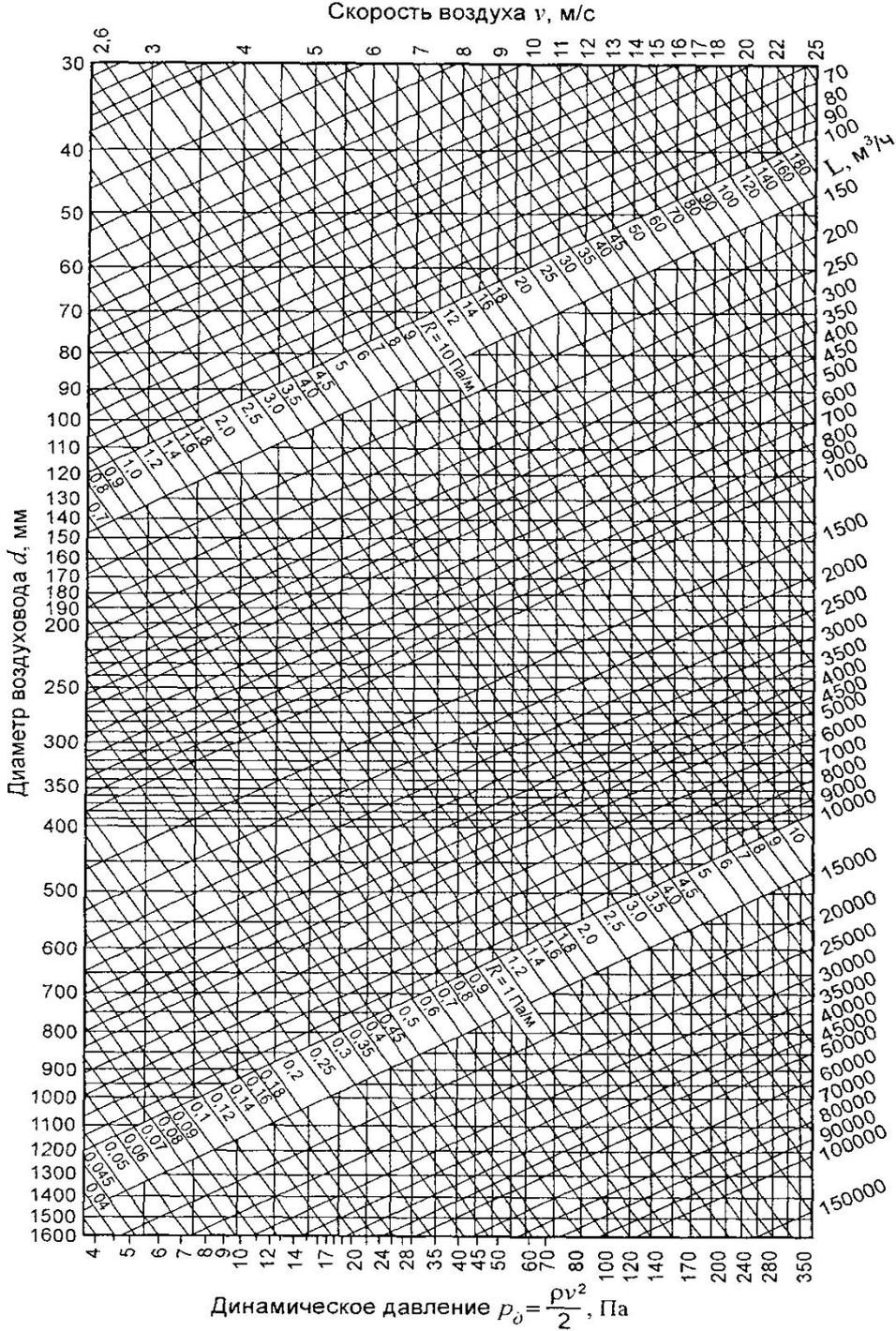
В системах естественной вентиляции скорость движения воздуха, как правило, не превышает 0,9...1,1 м/с.

Аэродинамический расчёт ведётся преимущественно по методу удельных потерь. Расчётная потеря давления в наиболее протяжённой и нагруженной магистральной сети воздуховодов  $\Delta p_p$  представляет сумму потерь давления на каждом расчётном участке магистрали

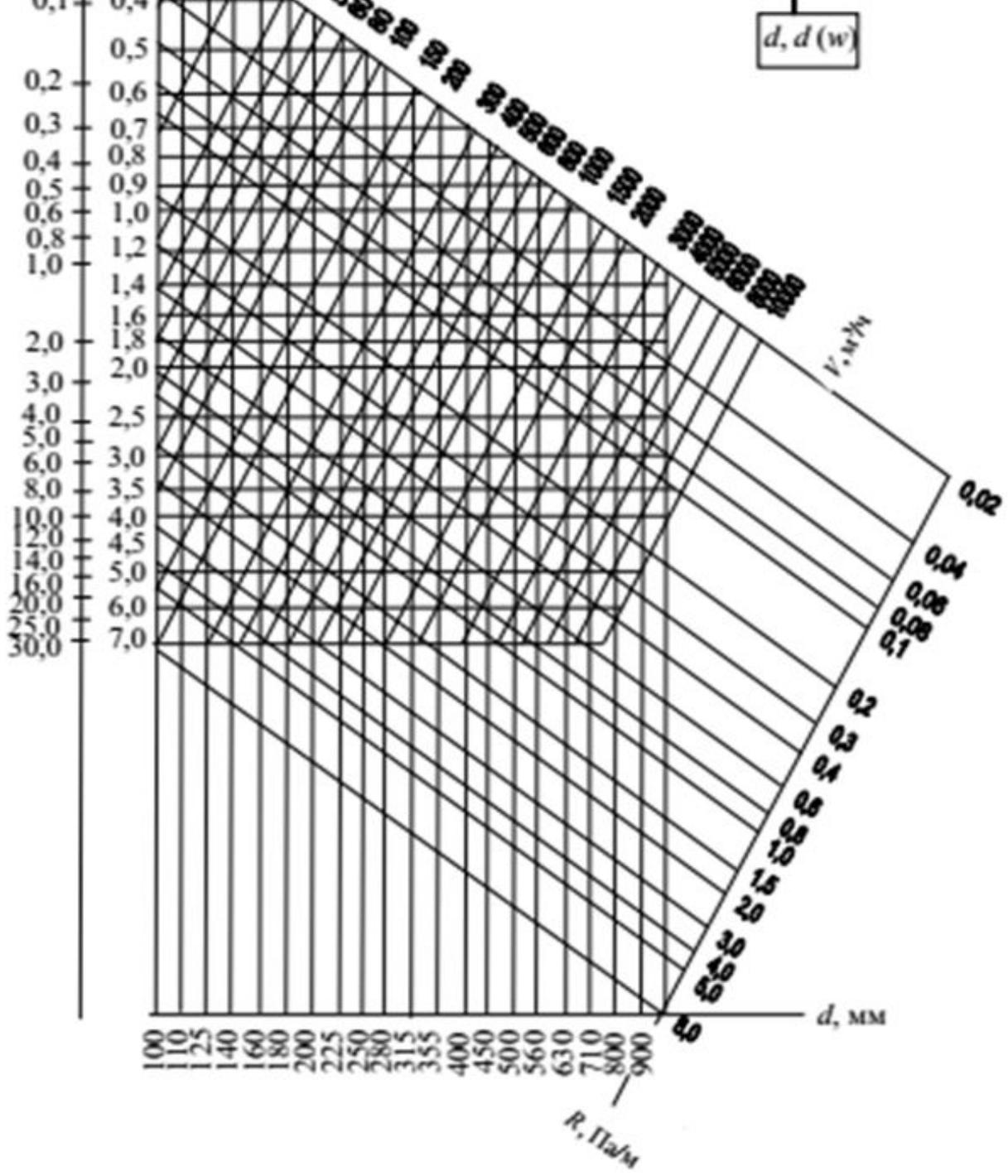
$$\Delta p_p = \sum (\Delta p_{тр} + \Delta p_{мс}) = \sum [R_{тр} L \cdot \beta_{ш} + \sum \xi (\rho \cdot v^2 / 2)], \text{ Па} \cdot (\text{кг/м}^2), \quad (5)$$

где  $\Delta p_{тр}$  и  $\Delta p_{мс}$  – потери давления, Па (кг/м<sup>2</sup>), на расчётном участке соответственно по длине  $L$ , м, и в местных сопротивлениях;  $R_{тр}$  – удельная потеря на трение, Па/м (кг/м<sup>2</sup> · м), определяемая по таблицам, номограммам [10] или расчётным путём;  $\beta_{ш}$  – коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности воздуховода, канала;  $\sum \xi$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений в долях динамического давления, определяемых экспериментально и принимаемых по таблицам в справочной литературе;  $v$  – скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с;  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.





**Рис. 5.** Номограмма для определения потерь давления на трение в круглых воздуховодах ( $K = 0,1 \text{ мм}$ ) в диапазоне скоростей  $2,0 \text{--} 25 \text{ м/с}$  [1]



вления на  
проводах ( $K =$   
ростей

**Таблица 8.4.** Удельные сопротивления трения  $R$  (Па/м) в каналах из листового металла с круглым поперечным сечением

$d^2$	140	160	180	200	240	280	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
$R$ , Па/м	Верхняя строка: объемный расход $V$ в м <sup>3</sup> /с. Нижняя строка: скорость воздуха $v$ в м/с, причем для ступенчатого поля действительна та же скорость.																
0,08	0,011 0,7	0,016 0,8	0,022 0,9	0,030 1,0	0,049 1,0	0,075 1,2	0,091 1,2	0,137 1,4	0,20 1,6	0,27 1,8	0,36 1,8	0,46 2,0	0,58 2,0	0,72 2,25	0,88 2,25	1,07 2,5	1,25 2,5
0,10	0,013 0,8	0,018 0,9	0,025 1,0	0,034 1,0	0,055 1,2	0,084 1,4	0,102 1,4	0,153 1,6	0,22 1,8	0,30 1,8	0,40 2,0	0,52 2,25	0,66 2,25	0,82 2,5	0,99 2,5	1,20 2,75	1,42 2,75
0,12	0,014 0,9	0,020 1,0	0,028 1,0	0,037 1,2	0,061 1,4	0,093 1,6	0,113 1,6	0,17 1,8	0,24 2,0	0,33 2,0	0,44 2,25	0,57 2,5	0,73 2,5	0,90 2,75	1,09 2,75	1,32 3,0	1,57 3,0
0,14	0,015 1,0	0,022 1,0	0,031 1,2	0,041 1,2	0,064 1,4	0,102 1,6	0,123 1,8	0,186 2,0	0,27 2,0	0,36 2,25	0,48 2,5	0,62 2,75	0,79 2,75	0,99 3,0	1,18 3,0	1,43 3,5	1,72 3,5
0,17	0,017 1,2	0,25 1,2	0,034 1,4	0,046 1,4	0,075 1,6	0,113 1,8	0,137 2,0	0,207 2,25	0,30 2,25	0,40 2,5	0,54 2,75	0,69 3,0	0,88 3,0	1,09 3,5	1,33 3,5	1,60 3,5	1,90 3,5
0,21	0,019 1,2	0,028 1,4	0,038 1,6	0,051 1,6	0,085 1,8	0,127 2,0	0,154 2,25	0,233 2,5	0,33 2,75	0,45 3,0	0,61 3,0	0,78 3,5	0,99 3,5	1,23 3,5	1,50 4,0	1,80 4,0	2,15 4,0
0,25	0,021 1,4	0,031 1,6	0,042 1,6	0,057 1,8	0,094 2,0	0,17 2,25	0,14 2,25	0,257 2,5	0,37 3,0	0,50 3,0	0,67 3,5	0,86 3,5	1,08 4,0	1,37 4,0	1,65 4,5	1,97 4,5	2,36 4,5
0,31	0,024 1,6	0,035 1,8	0,048 1,8	0,064 2,0	0,105 2,25	0,158 2,5	0,192 2,75	0,289 3,0	0,41 3,5	0,56 3,5	0,76 4,0	0,97 4,0	1,23 4,5	1,53 4,5	1,86 5	2,22 5	2,66 5
0,37	0,027 1,8	0,039 2,0	0,053 2,0	0,071 2,25	0,116 2,5	0,175 2,75	0,212 3,0	0,32 3,5	0,46 3,5	0,62 4,0	0,83 4,0	1,07 4,5	1,36 5	1,68 5	2,04 5	2,45 6	2,91 6
0,45	0,030 2,0	0,43 2,25	0,059 2,25	0,079 2,5	0,13 3,0	0,196 3,0	0,236 3,5	0,356 3,5	0,51 4,0	0,69 4,0	0,93 4,5	1,18 5	1,50 5	1,87 6	2,28 6	2,72 6	3,25 6
0,55	0,034 2,25	0,048 2,5	0,066 2,75	0,089 2,75	0,145 3,0	0,219 3,5	0,265 4,0	0,396 4,5	0,57 4,5	0,78 5	1,03 5	1,33 6	1,68 6	2,09 6	2,54 7	3,04 7	3,62 7
0,67	0,038 2,5	0,054 2,75	0,074 3,0	0,099 3,0	0,162 3,5	0,254 4,0	0,295 4,0	0,443 4,5	0,64 5	0,87 6	1,15 6	1,48 6	1,88 7	2,33 7	2,83 7	3,38 8	4,03 8
0,81	0,042 2,75	0,060 3,0	0,083 3,5	0,111 3,5	0,18 4,0	0,272 4,5	0,327 4,5	0,491 5	0,71 5	0,96 6	1,27 6	1,65 7	2,08 7	2,58 8	3,15 8	3,76 9	4,48 9
1,0	0,047 3,0	0,068 3,5	0,094 3,5	0,125 4,0	0,202 4,5	0,31 5	0,37 5	0,56 6	0,80 6	1,08 7	1,45 7	1,86 8	2,36 8	2,90 9	3,51 9	4,22 10	5,0 10
1,2	0,056 3,5	0,076 4,0	0,104 4,0	0,138 4,5	0,225 5	0,34 5	0,41 6	0,62 6	0,89 7	1,20 8	1,60 8	2,06 9	2,60 9	3,21 10	3,9 10	4,68 10	5,6 12
1,4	0,058 4,0	0,083 4,0	0,114 4,4	0,152 5	0,246 5	0,37 6	0,445 6	0,67 7	0,96 8	1,31 8	1,75 9	2,25 9	2,82 10	3,5 10	4,24 12	5,1 12	6,0 12
1,7	0,064 4,0	0,093 4,5	0,126 5	0,168 5	0,273 6	0,411 7	0,495 7	0,74 8	1,07 9	1,45 9	1,95 10	2,50 10	3,13 12	3,88 12	4,71 12	5,6 12	6,7 14
2,1	0,072 4,5	0,104 5	0,142 6	0,19 6	0,307 7	0,464 8	0,56 8	0,84 9	1,20 10	1,64 10	2,18 12	2,80 12	3,51 12	4,35 14	5,3 14	6,3 14	7,5 14
2,5	0,08 5	0,115 6	0,156 6	0,209 7	0,339 8	0,51 8	0,61 8	0,93 10	1,32 10	1,8 12	2,39 12	3,08 12	3,86 14	4,79 14	5,8 16	6,9 16	8,3 16
3,1	0,09 6	0,129 6	0,177 7	0,235 7	0,381 8	0,57 9	0,69 10	1,03 10	1,48 12	2,03 12	2,69 14	3,45 14	4,33 16	5,4 16	6,5 16	7,8 18	9,3 18

**Табл. 6.** Удельные сопротивления в круглых воздуховодах[1].

**Пример:** Круглая вентиляционная труба, объемный расход 5000 м<sup>3</sup>/час;  $v$  допускается равной 6 м/с; длина составляет 25 м. Найти: потерю давления в результате трения в канале.  
 $\Rightarrow V = 5000 \text{ м}^3/\text{час} = 1,39 \text{ м}^3/\text{с}$ ; при 6 м/с  $\Rightarrow$  диам. 550 мм  $\Rightarrow R = 0,67 \text{ Па/м} \Rightarrow$   
 $R \cdot l = 0,67 \text{ Па/м} \cdot 25 \text{ м} = 16,75 \text{ Па}$ .

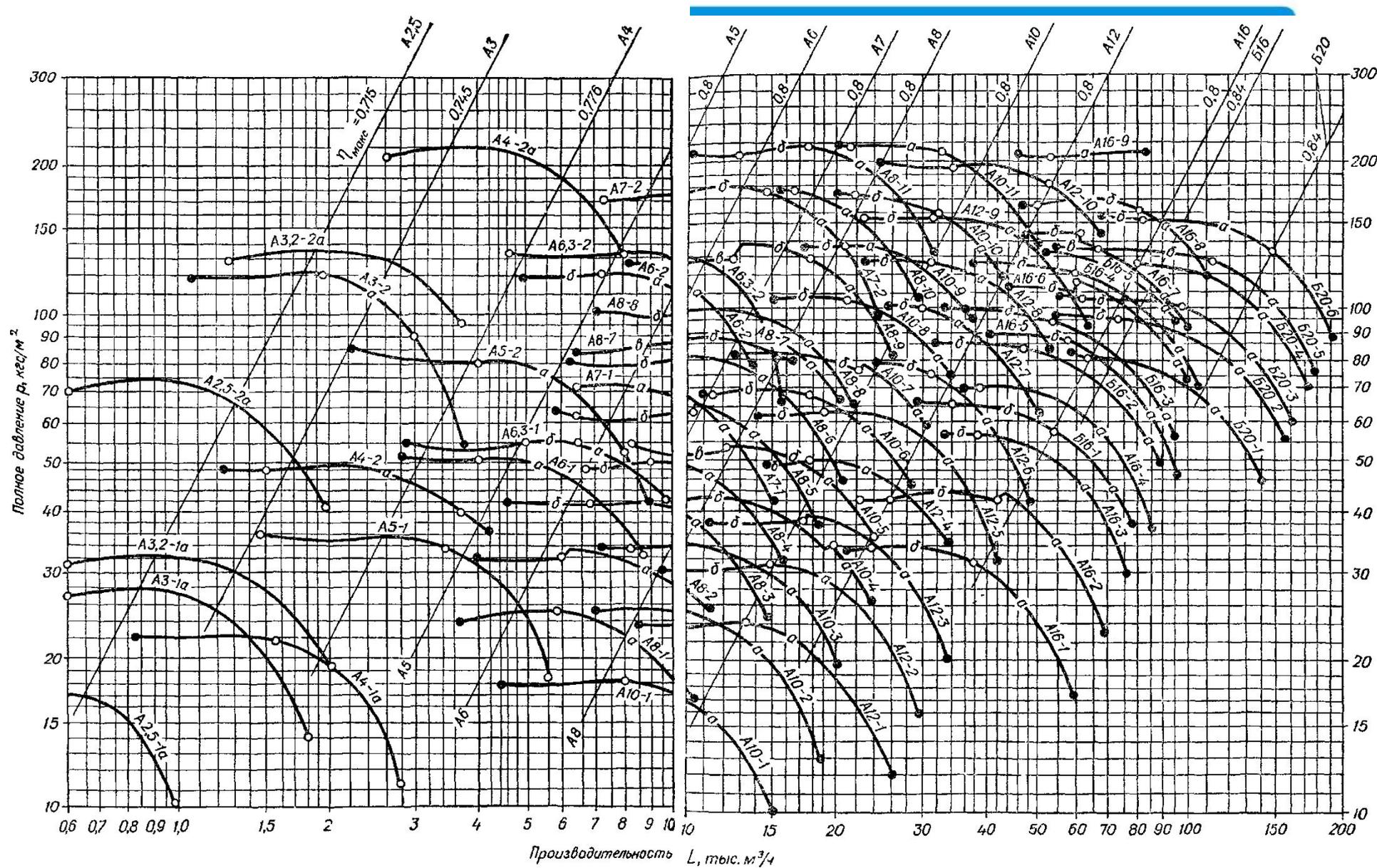


Рис. 8 Сводный график подбора вентиляторов с двигателями.



# ЛИТЕРАТУРА

## Основная литература:

1. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: учеб. для вузов/ К.В. Тихомиров, Э.С. Сергеенко.– М.: Стройиздат, 2007.– 480 с.
2. Отопление и вентиляция жилого здания: учеб. пособие /В. Ф. Васильев, Ю. В. Иванова, И. И. Суханова; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 72 с.
3. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление М.: АСВ, 2002. 576 с.
4. Амерханов Р.А., Драганов Б.Х. Теплотехника. Учебник для ВУЗов— 2-е изд., Энергоатомиздат.—М.: 2006. — 432 с.
5. СП 41-104-2000. Проектирование автономных источников теплоснабжения.
6. СП 41-108-2004 ПОКВАРТИРНОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ТЕПЛОГЕНЕРАТОРАМИ НА ГАЗОВОМ ТОПЛИВЕ.
7. Шарапов В.И. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения [Электронный ресурс]: монография/ Шарапов В.И., Ротов П.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Новости теплоснабжения, 2007.— 165 с.



# ЛИТЕРАТУРА

## Дополнительная литература:

1. Каменев П.Н., Тертичник Е.И. Вентиляция. Учебное пособие. - М., Изд-во АСВ, 2008. - 624 с.
2. Справочника проектировщика», ч. 3, «Вентиляция и кондиционирование воздуха», книга 2, -М: Стройиздат, 1992.
3. ГОССТРОЙ РОССИИ. ТОРГОВЫЙ ДОМ «ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ». ПОСОБИЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АВТОНОМНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ОДНОКВАРТИРНЫХ И БЛОКИРОВАННЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ (водоснабжение, канализация, теплоснабжение и вентиляция, газоснабжение, электроснабжение). МДС 40-2.2000. М.: 2004. – 104 с.
4. Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. —М.: КНОРУС, 2014. — 408 с.
5. Ефремов Г.И. Моделирование химико-технологических процессов. Учебник, М., ИНФРА-М, 2016.—255 с.
6. Kotlomania.ru Путеводитель по отоплению.
7. Майдалян Т. Современные системы отопления. М., ИКТЦ «Лада», 2011, 256 с.