

Федеральное агентство по образованию

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА
В ЗДАНИЯХ
ЗА СЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Методические указания к практическим занятиям

Составитель М.В. Анисимов



Томск – 2008

Обеспечение параметров микроклимата в зданиях за счет естественной вентиляции: методические указания к практическим занятиям / Сост. М.В. Анисимов. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2008. – 21 с.

Рецензент Г.И. Ковалев
Редактор Е.Ю. Глотова

Методические указания к практическим занятиям по дисциплинам «Производственная санитария и гигиена труда», «Безопасность жизнедеятельности», «Современные проблемы микроклимата в рабочей зоне» для студентов всех форм обучения и слушателей ИНО ТГАСУ.

Печатаются по решению методического семинара кафедры охраны труда и окружающей среды, протокол № 10 от 05.02.2008 г.

Утверждены и введены в действие проректором по учебной работе В.В. Дзюбо

с 05.02.2008
до 01.02.2013

Подписано в печать 29.01.2008.
Формат 60x90/16 Бумага офсет. Гарнитура Таймс,
печать офсет. Уч-изд. л. 1,05. Тираж 150 экз. Заказ №

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Общие положения.....	5
1.1. Основные понятия, термины и определения.....	5
1.2. Анализ способов организации естественной вентиляции в зданиях различного назначения....	6
2. Основы проектирования и расчета систем есте- ственной вентиляции.....	12
3. Пример расчета естественной канальной венти- ляции.....	17
4. Задание для самостоятельной работы.....	18
Контрольные вопросы.....	19
Список рекомендуемой литературы.....	20
Приложение	21

ВВЕДЕНИЕ

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека. Метеорологические условия, или микроклимат, зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий отопления и вентиляции.

От эффективности работы вентиляции зависит качество воздуха, которым мы дышим. Недооценка влияния воздухообмена на состояние воздушной среды в жилых и общественных зданиях приводит к существенному понижению качества микроклимата в жилых и рабочих помещениях и ухудшению самочувствия пребывающих в них людей.

Выбор вида проектируемой вентиляции в здании напрямую зависит от метеорологических особенностей воздушной среды в помещениях и от свойств выделяющихся в рабочем процессе веществ. Зачастую, когда это оправдано, в качестве мероприятия по нормализации параметров микроклимата в помещениях различного назначения применяется естественная вентиляция воздуха.

Использование естественной вентиляции воздуха в помещениях является экономически оправданным, т. к. данный вид вентиляции не требует специального оборудования (вентиляторов, нагревателей и фильтров), а также постоянного потребления электроэнергии, связанного с принудительным переносом воздуха. Несомненные достоинства данного вида вентиляции, по сравнению с механическими системами, сделали ее широко используемой в различных зданиях, где не требуется удаления большого объема воздуха из помещений, например, в жилых зданиях.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Основные понятия, термины и определения

Вентиляцией называется организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу на его место свежего, чистого воздуха. Вентиляция является эффективным средством обеспечения чистого воздуха рабочей зоны и допустимых параметров микроклимата производственных помещений.

По способу перемещения воздуха различают системы естественной и механической (искусственной) вентиляции. Система вентиляции, перемещение воздушных масс в которой осуществляется благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри здания, называется *естественной вентиляцией*.

Аэрацией называется организованная естественная общеобменная вентиляция помещения в результате поступления и удаления воздуха через открывающиеся фрамуги окон и фонарей.

Общеобменная вентиляция предназначена для ассимиляции избыточной теплоты, влаги и углекислого газа (CO_2) во всем объеме рабочей зоны помещения.

С помощью **местной (локальной) вентиляции** необходимые метеорологические параметры создаются на отдельных рабочих местах. Примером местной (локальной) вентиляции могут служить конструкции местных отсосов (вытяжные зонты или шкафы, отсасывающие отсеки) или воздушного душирования.

Смешанная система вентиляции является сочетанием элементов общеобменной и местной вентиляции.

Основным достоинством естественной вентиляции является возможность осуществлять большие воздухообмены без затрат механической энергии. Естественная вентиляция, как средство поддержания параметров микроклимата и оздоровления воздушной среды в помещении, применяется для производст-

венных помещений – бытовых (квартир) и помещений, в которых в результате работы человека не выделяются опасные или вредные вещества.

1.2. Анализ способов организации естественной вентиляции в зданиях различного назначения

Неорганизованная естественная вентиляция — *инфильтрация*, или *естественное проветривание* — осуществляется сменой воздуха в помещениях через неплотности в ограждениях и элементах строительных конструкций благодаря разности давления снаружи и внутри помещения. Такой воздухообмен зависит от случайных факторов — силы и направления ветра, температуры воздуха внутри и снаружи здания, вида ограждений и качества строительных работ. Инфильтрация может быть значительной для жилых зданий и достигать 0,5...0,75 объема помещения в час, а для промышленных предприятий – до 1...1.5 ч⁻¹.

Для постоянного воздухообмена, требуемого по условиям поддержания чистоты воздуха в помещении, необходима организованная вентиляция. Организованная естественная вентиляция может быть вытяжной без организованного притока воздуха (канальная) и приточно-вытяжной с организованным притоком воздуха (канальная и бесканальная аэрация). Канальная естественная вытяжная вентиляция без организованного притока воздуха (рис. 1) широко применяется в жилых и административных зданиях. Расчетное гравитационное давление таких систем вентиляции определяют при температуре наружного воздуха + 5 °С, считая, что все давление падает в тракте вытяжного канала, при этом сопротивление входу воздуха в здание не учитывается.

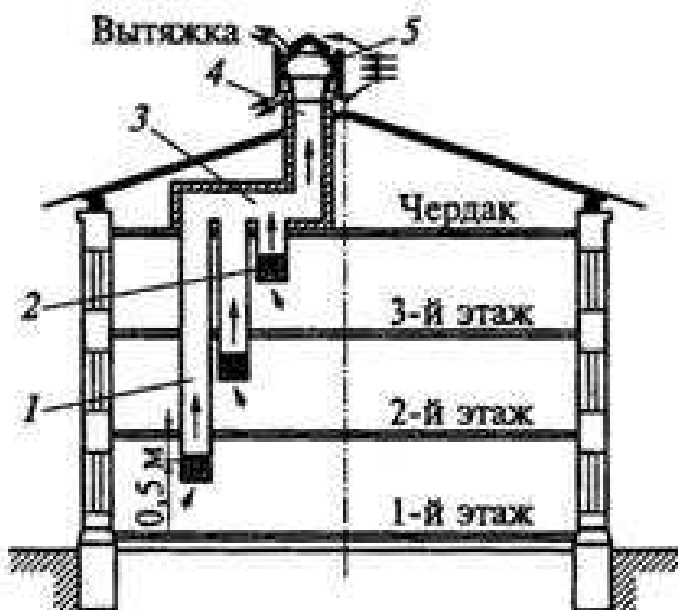


Рис. 1. Канальная система вытяжной вентиляции с естественным побуждением:

1 – вертикальный канал; 2 – вытяжная решетка; 3 – горизонтальный утепленный канал; 4 – утепленная вытяжная шахта; 5 – дефлектор

В жилых зданиях массовой застройки традиционно выполняется естественная вытяжная вентиляция. В начале массового жилищного строительства применялась вентиляция с индивидуальными каналами от каждой вытяжной решетки, которые соединялись с вытяжной шахтой непосредственно или через сборный канал на чердаке. В зданиях до четырех этажей эта схема применяется до сих пор. В высоких домах для экономии места через каждые четыре – пять этажей несколько вертикальных каналов объединялось одним горизонтальным, от которого далее воздух направлялся к шахте по одному вертикальному каналу.

В настоящее время принципиальным решением систем естественной вытяжной вентиляции многоэтажных зданий является схема, включающая в себя вертикальный сборный канал – "ствол" с боковыми ответвлениями-"спутниками". Воздух поступает в боковое ответвление через вытяжное отверстие, расположенное в кухне, ванной комнате или туалете и, как правило, в междуэтажном перекрытии над следующим этажом перепускается в магистральный сборный канал, рис. 2.

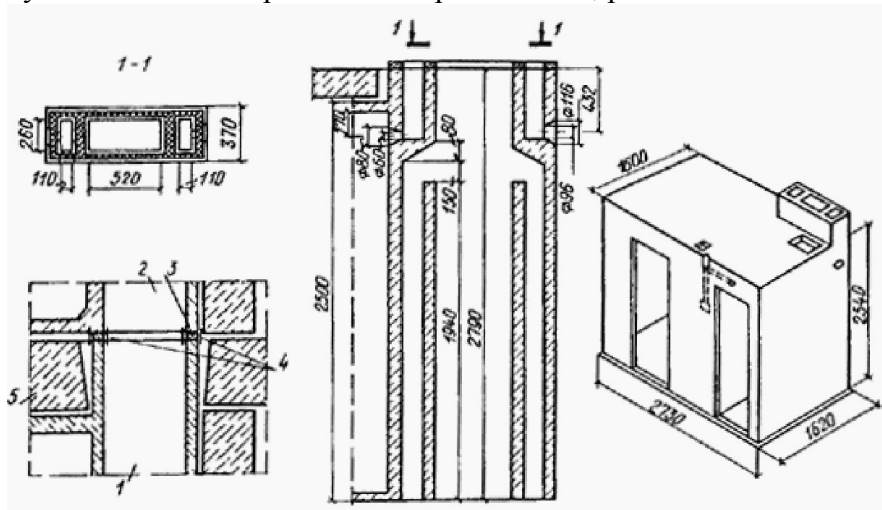


Рис. 2. Схема объединенного вентблока:

1 – вентблок; 2 – днище сантехкабины; 3 – уплотнительная прокладка; 4 – проволочные ограничители; 5 – межэтажное перекрытие

Такая схема значительно компактнее системы с индивидуальными каналами, может быть аэродинамически устойчивой и отвечает требованиям противопожарной безопасности.

При расчете сети воздуховодов прежде всего производят ориентировочный подбор их сечений, исходя из допустимых скоростей движения воздуха, в каналах верхнего этажа – 0,5...0,8 м/с, в каналах нижнего этажа и сборных каналах верхнего этажа – 1,0 м/с и в вытяжной шахте – 1...1,5 м/с.

Для увеличения располагаемого давления в системах естественной вентиляции на устье вытяжных шахт устанавливают насадки – дефлекторы (рис. 3).

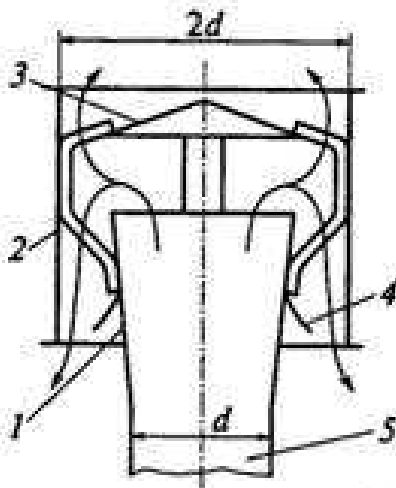


Рис. 3. Принципиальная схема дефлектора:
1 – диффузор; 2 – обечайка; 3 – защитный колпак; 4 – конус; 5 – воздуховод

Усиление тяги происходит благодаря разрежению, возникающему при обтекании дефлектора ЦАГИ. Разрежение, создаваемое дефлектором, и количество удаляемого воздуха зависят от скорости ветра и могут быть определены с помощью номограмм.

Аэрацией называется организованная естественная общеобменная вентиляция помещений в результате поступления и удаления воздуха через открывающиеся фрамуги окон и фонарей. Воздухообмен в помещении регулируют различной степенью открывания фрамуг (в зависимости от температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра). Как способ

вентиляции аэрация нашла широкое применение в промышленных зданиях, характеризующихся технологическими процессами с большими тепловыделениями (прокатных цехах, литейных, кузнечных).

Аэрация имеет большое значение, особенно там, где нужна высокая кратность воздухообмена, требующая при механической вентиляции значительных затрат электроэнергии (например, в термических, литейных, кузнечных и других цехах). В теплый период года приток воздуха осуществляется через все нижние аэрационные проемы в стеновых ограждениях, а также ворота и входные двери. В холодный и переходный периоды года воздух в необходимом объеме притекает через проемы в стеновых ограждениях, расположенных не ниже 4 м от уровня пола (до низа проема). Вытяжка в любой из периодов года осуществляется через фрамуги фонарей, а также через шахты и дефлекторы. В холодный и переходный периоды года фрамуги фонарей открывают лишь на участках, расположенных над источником тепловыделений или вблизи них.

Технологическое оборудование и трубопроводы выделяют избыточную теплоту. В помещениях с избытками явной теплоты температура воздуха внутри помещения выше, чем наружного, а плотность, соответственно, меньше, что обуславливает наличие разности давлений наружного и внутреннего воздуха. На определенной высоте помещения, в так называемой плоскости равных давлений, эта разность равна нулю (рис. 4). Ниже плоскости равных давлений существует разрежение, что обуславливает приток наружного воздуха, а выше – некоторое избыточное давление, за счет которого нагретый воздух удаляется наружу. Поступление наружного воздуха в цех в холодный период года организуют так, чтобы холодный воздух не попадал в рабочую зону.



Рис. 4. Схема распределения давления воздуха при естественной вентиляции в промышленном здании

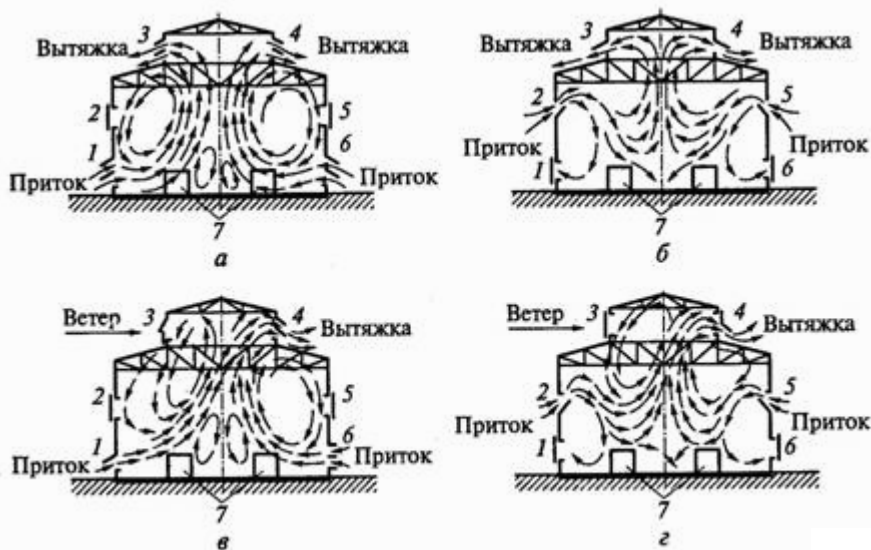


Рис. 5. Принципиальная схема аэрации промышленных зданий:
а – при безветрии в теплое время года; *б* – при безветрии в холодное время года; *в* – при боковом ветре в теплое время года; *г* – при боковом ветре в холодное время года; 1, 6 – нижние створки; 2, 5 – верхние створки; 3, 4 – створки в аэрационных фонарях кровли; 7 – источники теплоты

Для этого наружный воздух подают в помещение через проемы, расположенные не ниже 4,5 м от пола, в теплый период года приток наружного воздуха ориентируют через нижний ярус оконных проемов ($h = 1,5...2$ м), как показано на рис. 5.

При расчете аэрации определяют требуемую площадь проходного сечения проемов и аэрационных фонарей для подачи и удаления необходимого количества воздуха. Исходными данными являются конструктивные размеры помещений, проемов и фонарей, величины теплопродукции в помещении, параметры наружного воздуха. Согласно СНиП [1] расчет рекомендуется выполнять на действие гравитационного давления.

Ветровой напор надлежит учитывать только при решении вопросов защиты вентиляционных проемов от задувания.

Основным достоинством аэрации является возможность осуществлять большие воздухообмены без затрат механической энергии. К недостаткам аэрации следует отнести то, что в теплый период года эффективность аэрации может существенно падать вследствие повышения температуры наружного воздуха и, кроме того, поступающий в помещение воздух не очищается и не охлаждается.

2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА СИСТЕМ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Проектирование и расчет систем вентиляции состоит из следующих этапов:

1. Определение потребного воздухообмена;
2. Составление принципиальной схемы вентиляции помещения;
3. Аэродинамический расчет воздуховодов.

Определение воздухообмена осуществляется в соответствии с требованиями соответствующих СНиП [2 – 4]. В ряде случаев, например, для жилых помещений, расход удаляемого и

приточного воздуха изначально задается для конкретных помещений (см. табл. 1, прил.).

Составление принципиальной схемы вентиляции помещения производится на основании строительных чертежей.

Изначально необходимо установить, каким образом осуществляется перенос воздуха – либо через металлические приставные вертикальные воздуховоды, либо через каналы в стене, имеющие заданные геометрические размеры.

На рис. 6 приведена расчетная схема естественной канальной вентиляции.

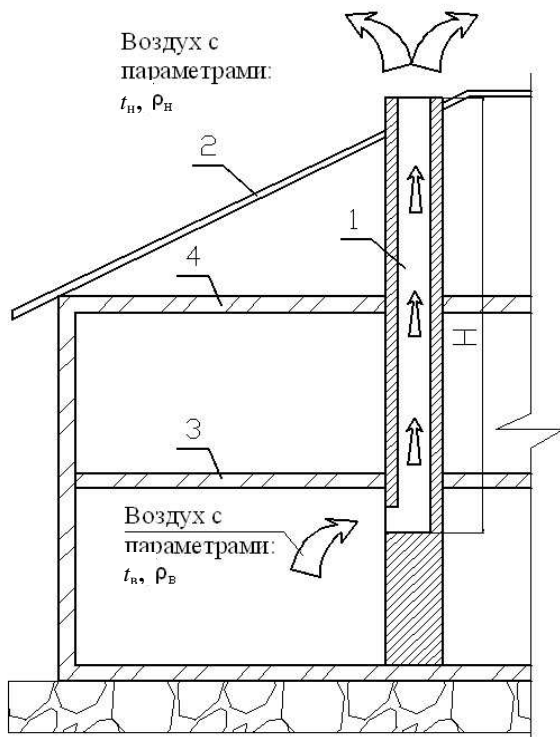


Рис. 6. Расчетная схема естественной канальной вентиляции:

1 – вентиляционный канал; 2 – кровля здания; 3 – межэтажное перекрытие; 4 – чердачное перекрытие

Расчетной схемой вентиляции является ее аксонометрия. Система вентиляции представляет собой систему ветвей. Каждая ветвь начинается от жалюзийной решетки и заканчивается устьем шахты (рис. 6). Таким образом, ветви имеют разную длину, наибольшую для ветвей, начинающихся на первом этаже, и наименьшую на последнем. Воздух в системе перемещается под действием естественного давления, возникающего вследствие разности плотностей холодного наружного и теплого внутреннего воздуха, а так же ветрового напора.

Естественное располагаемое давление для каждой расчетной ветви обусловлено разностью плотностей наружного и внутреннего воздуха (гравитационное давление, или тепловой напор ΔP_T) и ветровым напором ΔP_B , действующим на здание. Расчетный тепловой напор, Па

$$\Delta P_T = g \cdot H \cdot (\rho_n - \rho_v), \quad (1)$$

где g — ускорение свободного падения, м/с^2 ; H — вертикальное расстояние между центрами приточного и вытяжного отверстий, м; ρ_n , ρ_v — плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м^3 .

Плотность воздуха с удовлетворительной точностью, можно определить по следующей зависимости:

$$\rho = \frac{353}{T_B}, \quad (2)$$

где T_B — температура воздуха, К.

Расчетная температура наружного воздуха t_n принимается равной $+5$ °С. При более низкой температуре действующее давление в вентиляции увеличивается, а при более высокой температуре вентиляцию можно усилить открытием форточек или створок.

Расчет систем естественной вентиляции (без учета ветрового напора) проводится по основным формулам, представленным ниже.

Суммарные потери давления в воздуховодах складываются из потерь давления на трение и потерь давления на местные сопротивления $Rl + z$, Па.

Потери давления на трение находятся по формуле, Па,

$$P_{\text{тр.}} = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (3)$$

где l – длина участка воздуховода, м (на рис. 5 – H , м); d – диаметр воздуховода на участке, м; v – скорость воздуха на участке, м/с, принимается в соответствии с [1]; ρ – плотность воздуха в помещении ($1,2 \text{ кг/м}^3$); λ – коэффициент трения, зависящий от диаметра воздуховода, скорости и шероховатости воздуховода.

Потери давления на местные сопротивления определяются по формуле, Па,

$$P_{\text{м.с.}} = \sum \xi \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (4)$$

где v – скорость воздуха на участке, м/с, принимается в соответствии с [1]; $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке (принимается по табл. 2, прил.).

Зная площадь поперечного сечения канала (воздуховода), м^2 , и расход воздуха на участке, $\text{м}^3/\text{ч}$, можно определить скорости движения воздуха в канале (воздуховоде), м/с:

$$v = \frac{L}{F \cdot 3600}, \quad (5)$$

где L – расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$ (принимается по соответствующим СНиП, пример табл.1, прил.); F – площадь сечения, м^2 .

Рассчитанная скорость движения воздуха в канале подставляется в формулы (3) и (4).

В случае, когда канал имеет прямоугольное сечение, значение d в зависимости (3) определяется по формуле

$$d = 2a \cdot b / (a + b), \quad (6)$$

где a и b – геометрические размеры канала (воздуховода), м.

СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [1] регламентирует размеры каналов и воздуховодов стандартными (типовыми) размерами и их толщину стенки. В табл. представлены типовые размеры сторон воздуховодов и соответствующие толщины стенок.

Типовые размеры сторон вентиляционных воздуховодов

№	Поперечное сечение (диаметр, высота или ширина по наружному измерению) металлических воздуховодов, мм	Толщина листовой стали стенок воздуховодов, мм
1	50 56 63 71 80 90 100 112 125 140 160 180 200 224 250 280	0,5
2	315 355 400 450 500 560 630 710 800 900 1000	0,7
3	1120 1250 1400 1600 1800 2000	0,9

После проведения расчетов по зависимостям (3) и (4) вычисляют суммарные потери давления в канале (воздуховоде), Па

$$\sum P = P_{\text{тр}} + P_{\text{м.с}} \quad (7)$$

Задачей проводимого аэродинамического расчета является подбор таких сечений каналов (воздуховодов), при которых суммарные потери давления в расчетной ветви $\sum P$ будут равны или меньше действующего давления расчетного теплового напора, рассчитанного по зависимости (1), т.е. обязательно выполнение следующего условия:

$$\sum P \leq \Delta P_T . \quad (8)$$

По окончании проведения расчетов необходимо проверить условие (8). Если с первой попытки неравенство (8) не сошлось, то необходимо увеличить размеры вентиляционного канала (пользуясь данными табл.) и повторить расчеты, пока неравенство (8) не сойдется.

3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ЕСТЕСТВЕННОЙ КАНАЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

К примеру, рассчитаем геометрические размеры канала естественной вентиляции в стене жилого здания высотой $H = 12$ м. Вытяжка воздуха производится из кухни с электроплитой.

1. По табл. 2 приложения определяем необходимый расход удаляемого воздуха и его температуру ($L = 60$ м³/ч, $t_b = 15$ °С).

2. По формуле (1) определяем расчетный тепловой напор, (Па):

$$\Delta P_T = 9,8 \cdot 12 (1,27 - 1,22) = 5,21,$$

где ρ_n, ρ_b – плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м³, рассчитанные по зависимости (2) для $t_b = 15$ °С и $t_n = 5$ °С.

3. Принимая геометрические размеры канала 160×160 мм можно определить скорости движения воздуха в канале по (5), м/с:

$$v = \frac{60}{0,025 \cdot 3600} = 0,65.$$

4. Рассчитаем потери давления в канале на трение по формуле (3), Па:

$$P_{\text{тр}} = 0,1 \frac{12}{0,16} \frac{1,22 \cdot 0,65^2}{2} = 1,93.$$

Т. к. канал имеет квадратное сечение, то значение d в зависимости (3) определяем по формуле (6)

$$d = 2a \cdot b / (a + b) = 2 \cdot 0,16 \cdot 0,16 / (0,16 + 0,16) = 0,16 \text{ м.}$$

5. Потери давления на местные сопротивления определяются по зависимости (4), Па,

$$P_{\text{м.с.}} = 3,3 \frac{1,22 \cdot 0,65^2}{2} = 0,85,$$

где $\Sigma \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке (принимается по табл.2, прил.).

После проведения расчетов по зависимостям (3) и (4) считаем суммарные потери давления в канале, Па

$$\sum P = P_{\text{тр}} + P_{\text{м.с.}} = 1,93 + 0,85 = 2,78.$$

6. Проверяем выполнение обязательного условия корректной работы естественной вентиляции (8):

$$\begin{aligned} \sum P &\leq \Delta P_{\text{T}}, \\ 2,78 &\leq 5,21. \end{aligned}$$

Выполнение условия подтверждает корректность выбора геометрических размеров канала естественной вентиляции.

4. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Рассчитать, пользуясь формулами (1) – (8), геометрические размеры и площадь сечения каналов естественной вентиляции в стене жилого здания, пользуясь данными представленной выше табл. и табл. 2 приложения.

Данные для расчета:

№ вариан- та	Категория помещения	Высота канала, <i>H</i> , м
1	Кухня с электроплитой	10
2	Кухня с 4-конфорочной газовой плитой	8
3	Ванная	12
4	Уборная индивидуальная	15
5	Совмещенный санузел	18
6	Кухня с электроплитой	8
7	Кухня с 4-конфорочной газовой плитой	12
8	Ванная	14
9	Уборная индивидуальная	16
10	Совмещенный санузел	20
11	Кухня с электроплитой	6
12	Кухня с 4-конфорочной газовой плитой	9
13	Ванная	10
14	Уборная индивидуальная	11
15	Совмещенный санузел	14
16	Кухня с 4-конфорочной газовой плитой	14
17	Ванная	18
18	Уборная индивидуальная	10
19	Совмещенный санузел	22
20	Кухня с электроплитой	16
21	Кухня с 4-конфорочной газовой плитой	19
22	Ванная	14
23	Уборная индивидуальная	13
24	Совмещенный санузел	18
25	Кухня с 4-конфорочной газовой плитой	16
26	Ванная	15
27	Уборная индивидуальная	19

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие существуют основные термины вентиляции различных помещений, перечислите их.
2. В каких категориях зданий обычно используется естественная вентиляция?
3. Какая температура наружного воздуха принимается при определении расчетного гравитационного давления естественной системы вентиляции?
4. Что называют аэрацией? Охарактеризуйте принцип ее действия.
5. Какими достоинствами обладает система естественной вентиляции? Перечислите их.
6. Какими недостатками обладает система естественной вентиляции? Перечислите их.
7. Подумайте, почему естественная вентиляция хуже всего работает в переходные периоды (весной и осенью), а лучше всего зимой?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 41-01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – Взамен СНиП 2.04.05 – 91*. – Введ. 01.01.2004. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 54 с. (отказано в госрегистрации).
2. СНиП 31-02–2001. Дома жилые одноквартирные. – Введ. 22.03.2001. - М. : ГП ЦПП, 2002. – 14 с. (отказано в госрегистрации).
3. СНиП 31-01–2003. Здания жилые многоквартирные. Взамен СНиП 2.08.01–89*. – Введ. 10.01.2003. – М. : ФГУП ЦНС, 2003. – 25 с. (отказано в госрегистрации).
4. СНиП 31-05–2003. Общественные здания административного назначения. Взамен СНиП 2.08.02–89*. – Введ. 01.09.2003. – М. : ФГУП ЦНС, 2003. – 29 с. (отказано в госрегистрации).

**Расчетные параметры микроклимата
в жилых помещениях**

Помещение	Расчетная температура в холодный период года $t_{вн}, ^\circ\text{C}$	Воздухообмен (вы- тяжка), $\text{м}^3/\text{ч}$
Жилая комната	18	3 на 1 м^2 пола
То же при $t_n^B \leq -31 ^\circ\text{C}$	20	То же
Кухня с электроплитами	15	Не менее 60
Кухня с 4-комфорочными газовыми плитами	15	90
Ванная	25	25
Уборная индивидуальная	12	25
Совмещенный санузел	25	50
Лестничная клетка	12	-

Таблица 2.П

**Приближенные значения коэффициентов
местных сопротивлений**

Место сопротивления	Коэффициент местного сопро- тивления, $\sum \xi$
Отверстие (решетка) для забора или вы- пуска воздуха	2,0
Воздухораспределитель	1,3
Колено 90° круглого сечения	0,35
Колено 45° круглого сечения	0,23
Тройник проходной	0,6
Тройник на ответвление	0,4
Переход вентилятора	0,1
Вытяжная шахта с зонтом	1,3
Приточная шахта с зонтом	1,3

