

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ОБЩЕЙ ГИГИЕНЫ

А. В. ПАВЛОВ

# ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Методические рекомендации



Минск 2007

УДК 613.14 (075.8)  
ББК 51.20 я 73  
П 12

Утверждено Научно-методическим советом университета  
в качестве методических рекомендаций 28.03.2007 г., протокол № 7

Рецензенты: проф. каф. гигиены и медицинской экологии Белорусской государственной медицинской академии последипломного образования, д-р мед. наук В. И. Тернов; доц. каф. гигиены труда Белорусского государственного медицинского университета, канд. мед. наук В. А. Филонюк

**Павлов, А. В.**

П 12 Гигиеническая оценка показателей вентиляции : метод. рекомендации / А. В. Павлов. – Минск : БГМУ, 2007. – 15 с.

Раскрывается гигиеническое значение вентиляции, рассмотрены основные типы и показатели оценки эффективности вентиляции, методика определения содержания диоксида углерода в воздухе закрытых помещений.

Предназначены для студентов 2-го курса стоматологического и 3-го курса лечебного, педиатрического, медико-профилактического факультетов.

**УДК 613.14 (075.8)**  
**ББК 51.20 я 73**

© Оформление. Белорусский государственный  
медицинский университет, 2007

**Общее время занятий:** 6 учебных часов (2-й курс, специальность «Медико-профилактическое дело»); 3 учебных часа (2-й курс, специальность «Стоматология»); 3-й курс, специальность «Лечебное дело», «Педиатрия»)

## **МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ**

Человек проводит в помещениях жилых и общественных зданий до 80 % суточного времени. По мере пребывания людей в помещении качество воздуха в нем ухудшается. Увеличивается содержание диоксида углерода и других продуктов метаболизма человека, среди которых имеются токсические соединения — антропоксины. Повышается температура и влажность воздуха, увеличивается его бактериальная загрязненность. Поэтому возникает необходимость в вентиляции помещений и важно знать показатели, характеризующие эффективность вентиляции, методы их оценки.

**Цель занятия:** выработать у студентов понимание важности научной оптимизации воздушной среды закрытых помещений с ее физическими факторами и химическим составом.

### **Задачи занятия:**

1. Ознакомить студентов с видами вентиляции.
2. Закрепить знания студентов о составляющих микроклимата закрытых помещений.
3. Закрепить знания студентов о химическом составе и источниках загрязнения воздуха закрытых помещений.
4. Научить студентов определять содержание диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) в воздухе закрытых помещений и рассчитывать объем вентиляции по содержанию  $\text{CO}_2$ .
5. Научить студентов определять скорость движения воздуха в вентиляционном отверстии при помощи прибора термоанемометра и рассчитывать кратность воздухообмена по притоку.

### **Требования к исходному уровню знаний**

Для полного усвоения темы необходимо повторить:

- из *физики* теплообмен организма, пути теплоотдачи;
- *физиологии человека* терморегуляцию организма; состав атмосферного воздуха и выдыхаемой смеси газов.

### **Контрольные вопросы из смежных дисциплин:**

1. Состав атмосферного воздуха.
2. Состав выдыхаемого человеком воздуха.
3. Роль высокого содержания диоксида углерода в атмосферном воздухе в создании парникового эффекта.
4. Виды теплопродукции и пути теплоотдачи организма.

### **Контрольные вопросы по теме занятия:**

1. Воздушная среда закрытых помещений. Физические свойства воздуха. Микроклимат.

2. Газовый состав воздуха закрытых помещений (жилых, общественных и больничных палат). Источники загрязнения воздуха.
3. Что следует понимать под терминами: воздушный куб; объем вентиляции; кратность воздухообмена?
4. Воздушный куб на одного человека в различных помещениях.
5. Чем обеспечивается комфортная воздушная среда закрытых помещений?

## **УЧЕБНЫЙ МАТЕРИАЛ**

Среди факторов внешней среды, оказывающих постоянное и непосредственное воздействие на организм человека, воздух играет наиболее важную роль. Без него невозможно продолжительное сохранение жизненных функций. Воздух необходим человеку для дыхания, он принимает большое участие в тепловом обмене организма. Влияние воздуха на организм может быть не только положительным, но и отрицательным. Воздух плохо вентилируемых жилых и других закрытых помещений вследствие изменений в химическом и бактериальном составе, физических и других свойств способен оказывать вредное влияние на состояние здоровья, вызывая или ухудшая течение заболеваний легких, сердца, почек и т. д.

***Газовый состав воздуха закрытых помещений отличается от атмосферного и определяется:***

- составом атмосферного воздуха, в котором могут быть химические вещества-загрязнители;
- строительными и отделочными материалами, которые, в свою очередь, делятся:
  - а) на поливинилхлоридные материалы, из которых в воздух закрытых помещений выделяются бензол, толуол, этилбензол, циклогексан, ксилол, бутиловый спирт;
  - б) стеклопакеты, которые выделяют ацетон, толуол, бутанол, формальдегид, фенол, стирол;
  - в) лакокрасочные покрытия и клейсодержащие вещества выделяют толуол, бутилацетат, ксилол, стирол, ацетон, бутанол, этиленгликоль;
  - г) ковровые изделия из химических волокон выделяют стирол, изофенол, сернистый ангидрид.

Интенсивность выделения летучих веществ зависит от температуры, влажности, времени эксплуатации, а концентрация их в воздухе закрытых помещений от кратности воздухообмена. Даже в небольших концентрациях эти химические вещества могут стать причиной сенсibilизации организма. Установлено, что в помещениях, насыщенных полимерными материалами, наблюдается большая подверженность людей аллергическими и простудными заболеваниями, гипертонии, неврастении, вегетососудистой дистонии. Наиболее чувствительными являются организмы детей и больных людей.

Кроме того, воздух закрытых помещений загрязняется в результате жизнедеятельности человека и бытовой деятельности. Установлено, что человек в процессе жизнедеятельности выделяет около 400 химических соединений, причем пятая часть из них относится к числу высокотоксичных веществ — антропоксины (второй класс опасности) — это диметиламины, сероводород, диоксид азота, окись этилена, бензол и т. д.

К малотоксичным веществам (третий класс опасности) относятся уксусная кислота, фенол, метилстирол, толуол, метанол, винилацетат и т. д.

Воздушная среда неветилируемых помещений ухудшается пропорционально числу людей и времени их пребывания в помещении. Даже 2–4-часовое пребывание в этих условиях отрицательно сказывается на состоянии умственной работоспособности людей. В состоянии покоя (в процессе основного обмена) взрослый человек выделяет около 10–15 л/ч диоксида углерода, а при небольшой активности — до 20–25 л, в среднем 22,6 л/ч.

*Диоксид углерода* участвует в обменных процессах организма, являясь физиологическим возбудителем дыхательного центра. Вдыхание больших концентраций  $\text{CO}_2$  нарушает окислительно-восстановительные процессы, его накопление в крови и тканях ведет к тканевой гипоксии. ***Содержание диоксида углерода в воздухе закрытых помещений имеет санитарное значение, являясь косвенным показателем чистоты воздуха.*** Дело в том, что параллельно с накоплением  $\text{CO}_2$ , обычно не выше 0,2 %, ухудшаются другие свойства воздуха: повышается температура, влажность, запыленность, содержание микроорганизмов, число тяжелых ионов, появляются антропоксины. Этот комплекс изменившихся физических свойств воздуха, наряду с химическим загрязнением, и вызывает ухудшение самочувствия людей. Такому изменению свойств воздуха соответствует ***содержание углекислоты, равное 0,1 %, и поэтому данная концентрация считается предельно допустимой для воздуха закрытых помещений.***

В последние годы было установлено, что для оценки санитарного состояния воздуха закрытых помещений этого показателя недостаточно, т. к. требуется определение содержания некоторых токсических химических веществ, выделяющихся в воздух из полимерных строительных материалов, широко применяемых для внутренней отделки помещений (фенол, аммиак, формальдегид и т. д.).

Важнейшим мероприятием по сохранению чистоты воздуха в помещениях является вентиляция.

**Вентиляция** (лат. *ventilatio* — проветривание) — регулируемый воздухообмен, осуществляемый для создания в помещениях воздушной среды, благоприятной для здоровья человека. Вентиляция жилых и общественных зданий обеспечивает своевременное удаление избытка тепла, влаги и вредных газообразных примесей, скапливающихся в воздухе в результате пребывания людей и различных бытовых процессов.

Вентиляцию (воздухообмен) характеризуют ***объем вентиляции и кратность воздухообмена.*** Чистота воздуха закрытых помещений обуславливается обеспечением для каждого человека ***необходимого объема воздуха*** — так называемого ***воздушного куба*** — и его регулярной сменой с наружным воздухом.

Количество потребного для этого вентиляционного воздуха одного человека в 1 час называется **объемом вентиляции**. Объем вентиляции зависит от строительного объема помещения (кубатура помещения, м<sup>3</sup>), числа людей и характера работы, выполняемой в этом помещении. Если в нем производится работа, не связанная с загрязнением воздуха вредными веществами и с изменением микроклиматических условий помещения, а изменения химического состава и физических свойств воздуха обуславливаются только присутствием людей (например, жилые и общественные здания), то объем воздуха, необходимый для вентиляции, определяется, исходя из накопления в помещении диоксида углерода (СО<sub>2</sub>) как косвенного показателя степени чистоты воздуха.

В жилых, общественных помещениях и больничных палатах норма воздушного куба составляет 25–27 м<sup>3</sup>, объем вентиляции — 37,7 м<sup>3</sup>, поэтому необходимо для полного удаления загрязненного воздуха и замены его чистым атмосферным воздухом обеспечить примерно полуторократный обмен комнатного воздуха с наружным в течение 1 ч. Задачей вентиляции в данном случае является обеспечение содержания СО<sub>2</sub> в воздухе закрытого помещения в количествах, **не превышающих норму 0,1 % (1 ‰)**.

А. Расчет объема вентиляции производится по формуле:

$$L = \frac{П \cdot N}{P_1 - P_2},$$

где  $L$  — объем вентиляции, м<sup>3</sup>;  $П$  — количество СО<sub>2</sub>, выдыхаемое человеком в час (22,6 л);  $N$  — число людей в помещении;  $P_1$  — максимально допустимое содержание СО<sub>2</sub> в помещении (0,1 % = 1 ‰ = 1 л/м<sup>3</sup>);  $P_2$  — содержание СО<sub>2</sub> в атмосферном воздухе (0,04 % = 0,4 ‰ = 0,4 л/м<sup>3</sup>).

При делении полученного объема вентиляции на кубатуру помещения определяют необходимую для этого помещения **кратность воздухообмена в 1 ч**.

*Пример:* при санитарно-гигиеническом обследовании воздушной среды в послеоперационной палате хирургического отделения (кубатура 69,7 м<sup>3</sup>), где находятся 4 больных, содержание СО<sub>2</sub> составило 0,12 %. Определяется необходимый и фактический объем вентиляции и кратность воздухообмена.

*Решение:*

$$1. L_{\text{необходимый объем вентиляции}} = \frac{П \cdot N}{P - P_1} = \frac{22,6 \cdot 4}{1 - 0,4} = 150,6 \text{ м}^3.$$

$$\text{Кратность воздухообмена необходимая } K = \frac{150,6 \text{ м}^3}{69,7 \text{ м}^3} = 2,16 \text{ раза.}$$

$$2. L_{\text{фактический объем вентиляции}} = \frac{П \cdot N}{P - P_1} = \frac{22,6 \cdot 4}{1,2 - 0,4} = 113 \text{ м}^3.$$

$$\text{Кратность воздухообмена фактическая } K_1 = \frac{113 \text{ м}^3}{69,7 \text{ м}^3} = 1,62 \text{ раза.}$$

*Заключение:* фактическая кратность воздухообмена (1,62 раза/ч) значительно ниже необходимой (2,16 раза/ч), что свидетельствует о неэффективности вентиляции в обследованной палате.

**Б.** Расчет объема вентиляции и кратности воздухообмена при естественном воздухообмене.

Кратность воздухообмена при естественной вентиляции можно вычислить по формуле:

$$K = \frac{A \cdot B \cdot C}{V},$$

где  $A$  — площадь вентиляционного отверстия (форточка),  $\text{м}^2$ ;  $B$  — скорость движения воздуха в вентиляционном отверстии,  $\text{м/с}$ ;  $C$  — время проветривания,  $\text{с}$ ;  $V$  — объем помещения,  $\text{м}^3$ .

*Пример:* в палате кубатурой  $60 \text{ м}^3$ , где находятся три человека, проветривание происходит за счет форточки, которую открывают на 10 мин каждый час. Скорость движения воздуха в вентиляционном отверстии —  $1 \text{ м/с}$ , площадь форточки —  $0,15 \text{ м}^2$ . Рассчитывается кратность воздухообмена.

*Решение:* за 10 мин (600 с) в палату поступает:

$$L = a \cdot v \cdot c = 0,15 \text{ м}^2 \cdot 1 \text{ м/с} \cdot 600 = 90 \text{ м}^3.$$

Кратность воздухообмена при этом составляет:  $K_1 = \frac{90}{60} = 1,5$  раза.

Определяется необходимый объем вентиляции и кратность воздухообмена:

$$L = \frac{22,6}{1-0,4} = 123 \text{ м}^3; \quad K = \frac{123}{60} = 2,05 \text{ раза.}$$

*Заключение:* фактическая кратность воздухообмена ниже необходимой для обследуемого помещения. Рекомендуется увеличить время проветривания палаты до 15 мин каждый час.

**В.** Оценка искусственной вентиляции по притоку и вытяжке.

Основным критерием оценки искусственной вентиляции является кратность по притоку и вытяжке. Обычно знаком «+» обозначают кратность воздухообмена по притоку и знаком «-» по вытяжке. *Например:* + 4 – 3.

Преобладание притока над вытяжкой предусматривается в помещениях, где чистота воздуха имеет особое значение (операционные, родовые и т. д.), в палатах для больных с инфекционными или гнойными заболеваниями вытяжка должна превалировать над притоком.

## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

В целях закрепления теоретических знаний и полученных практических навыков на занятиях каждому студенту предлагается самостоятельное решение *ситуационных задач*.

### Задача 1

Определите фактическую и необходимую кратность воздухообмена для жилой комнаты объемом ( $5,5 \times 3,9 \times 2,8$ )  $\text{м}^3$ , в которой проживает 3 человека. Содержание  $\text{CO}_2$  в момент исследования составило  $0,19 \%$ .

Дайте гигиеническую оценку объема вентиляции и кратности воздухообмена.

### **Задача 2**

На кафедре в учебном классе глубиной 6,2 м, длиной 8 м, высотой 3,1 м занимается 14 студентов. К концу занятий концентрация  $\text{CO}_2$  составила 0,18 %.

Каков фактический и необходимый объем вентиляции и кратность воздухообмена?

### **Задача 3**

В аудитории объемом  $(8 \times 15 \times 5) \text{ м}^3$  занимается 80 студентов. Аудитория оборудована приточно-вытяжной вентиляцией.

Определите, какое количество воздуха должно подаваться в аудиторию в течение часа. Какая при этом будет кратность воздухообмена?

### **Задача 4**

В больничной палате объемом  $60 \text{ м}^3$  находятся 4 больных. Проветривают ее путем открытия форточки на 10 мин через каждый час. Площадь форточки  $0,15 \text{ м}^2$ . Скорость движения воздуха 1 м/с.

Рассчитать фактическую и необходимую кратность воздухообмена и оценить полученные данные.

### **Правильные ответы на ситуационные задачи**

Номер задачи	Объем вентиляции, $\text{м}^3$		Кратность воздухообмена, раз	
	необходимый	фактический	необходимая	фактическая
1	37,6	22,6	4,6	1,8
2	37,6	16,1	3,4	1,4
3	37,6	7,5		5
4	40 (на 1 койку)	22,5	2,5	1,5

## **ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

1. Определить содержание диоксида углерода  $\text{CO}_2$  в воздухе учебного класса кафедры.
2. Рассчитать фактический и необходимый объем вентиляции и кратность воздухообмена.
3. Решить ситуационные задачи.

## ЛИТЕРАТУРА

### *Основная:*

1. *Габович, Р. Д.* Гигиена / Р. Д. Габович. Киев : Вища школа, 1984.
2. *Лакшин, А. М.* Общая гигиена с основами экологии человека / А. М. Лакшин, В. А. Катаева. М. : Медицина, 2004.
3. *Минх, А. А.* Общая гигиена / А. А. Минх. М. : Медицина, 1994.
4. *Руководство к лабораторным занятиям по общей гигиене / Ю. П. Пивоваров [и др.].* М. : Медицина, 1983.

### *Дополнительная:*

1. *Больничная гигиена / В. Войффен [и др.].* Минск : 1984.
2. *Санитарные правила и нормы Сан Пин.*

## Определение скорости движения воздуха с помощью термоанемометра

*Назначение прибора:* предназначен для измерения скорости движения воздуха (м/с) (рис. 1).

*Порядок работы:*

- включить прибор (на дисплее появятся показатели напряжения электрического питания и обратного отсчета времени, по окончании которого прибор готов к работе);
- сдвинуть вниз защитный колпачок;
- поместить зонд с датчиками в зону измерения (во время измерения держать зонд так, чтобы цветной знак на головке зонда был направлен навстречу измеряемому потоку воздуха, изменяя положение измерительной головки — поворотом вокруг оси — добейтесь регистрации максимальных показаний);
- при нажатии кнопки РЕЖИМ на экране фиксируется показатель скорости движения воздуха (режим «HOLD») и запускается таймер, отсчитывающий период времени, равный 100 с, при этом прибор не перестает измерять скорость движения воздуха, регистрируя значения без вывода на экран; по окончании отсчета времени на экране появляется средняя величина скорости движения воздуха.

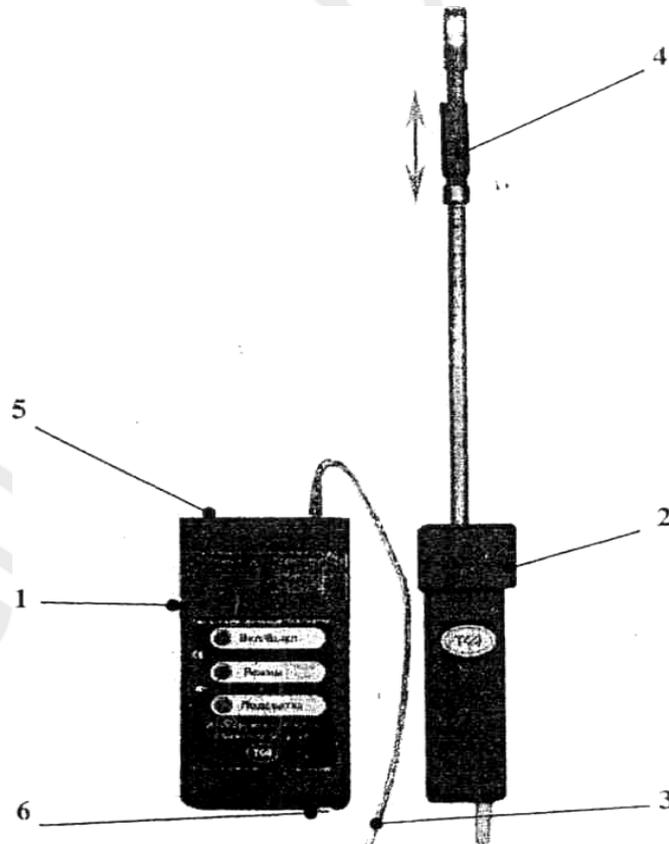


Рис. 1. Внешний вид прибора «ТКА-ПКМ»/50:

1 — блок обработки сигналов; 2 — измерительная головка; 3 — кабель связи; 4 — защитный колпачок; 5 — разъем RS232; 6 — разъем зарядного устройства

## ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ CO<sub>2</sub> В ВОЗДУХЕ ПОМЕЩЕНИЙ

### Приборы и реактивы:

1. Электроасpirатор.
2. Поглотительный сосуд.
3. Секундомер.
4. Полипропиленовые шланги.
5. Воронка стеклянная.
6. Индикаторный раствор — свежеприготовленный (500 мл дистиллированной воды + 1 капля 25%-ного NH<sub>4</sub>OH + 5–7 капель 1%-ного раствора фенолфталеина, раствор имеет розовый цвет).

### Методика проведения исследования:

В поглотительный сосуд (рис. 2), в который впаяны две трубки (длинная, достигающая дна сосуда, и короткая), заливают 10 мл индикаторного раствора. Короткую трубку соединяют с электроасpirатором, а к длинной трубке подсоединяют полипропиленовый шланг с воронкой (длина шланга 3–4 м) для забора воздуха на рабочем месте в центре комнаты и атмосферного воздуха за

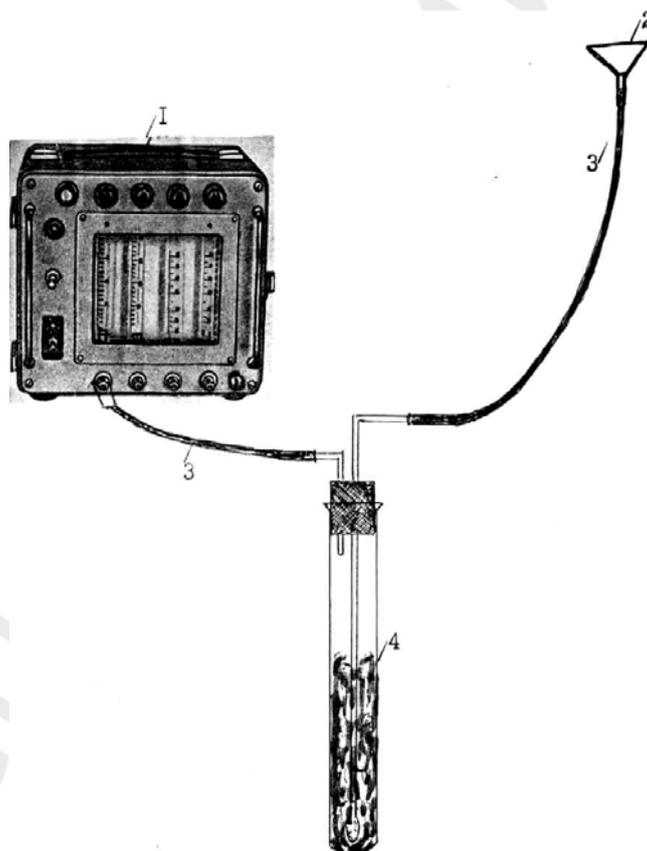


Рис. 2. Схема подсоединения поглотительного сосуда к электроасpirатору при проведении опытов по экспрессному определению CO<sub>2</sub> в воздухе помещения:

- 1 — электроасpirатор; 2 — воронка; 3 — полипропиленовые шланги;  
4 — поглотительный сосуд

окном. Включают электроасpirатор, устанавливают ротаметром количество аспирированного воздуха (10 л/мин). Секундомером засекают время от начала

работы до полного обесцвечивания индикаторного раствора. Аналогичным образом проводят исследование атмосферного воздуха, только конец шланга с воронкой размещают за окном, как можно дальше от форточки, чтобы исключить возможность подсоса воздуха, удаляемого из комнаты.

Расчет концентрации  $\text{CO}_2$  проводят по формуле:

$$C = \frac{A \cdot 0,04}{B},$$

где  $A$  — время (с), за которое произошло полное обесцвечивание индикаторного раствора при пропускании через него атмосферного воздуха;  $B$  — время (с), за которое произошло полное обесцвечивание индикаторного раствора при пропускании через него воздуха помещения; 0,04 % — содержание  $\text{CO}_2$  в атмосферном воздухе.

*Пример расчета:* обесцвечивание индикаторного раствора в поглотительном сосуде произошло через 360 с при пропускании атмосферного воздуха и через 120 с при пропускании воздуха помещения. Концентрация  $\text{CO}_2$  в помещении будет равна:

$$C = \frac{360 \cdot 0,04}{120} = \frac{14,4}{120} = 0,12 \text{ \%}.$$

**ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ  
К ВЕНТИЛЯЦИОННОМУ РЕЖИМУ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ,  
УЧЕБНЫХ КЛАССАХ, КЛУБАХ, СТОЛОВЫХ,  
ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ**

Наименование помещений	Минимальный объем помещений, м <sup>3</sup>	Объем вентиляции	Кратность воздухообмена	
			приток	вытяжка
Жилые комнаты в квартирах, общежитиях и административные помещения	30–40	40 м <sup>3</sup> или 3 м <sup>3</sup> на 1 м <sup>2</sup> площади комнаты	1	1
Кухня обычная		25 м <sup>3</sup>		3
Кухня газифицированная		60–90 м <sup>3</sup>		
Уборные индивидуальные		25 м <sup>3</sup>		
Учебные классы		20–30 м <sup>3</sup>	1	1,5
Зрительный и лекционный зал	20		1,5	2
Гимнастический зал				3
Гардеробная				2
Палаты для взрослых больных	40–50	40 м <sup>3</sup>	80 м <sup>3</sup>	80 м <sup>3</sup>
Палаты для детей			80 м <sup>3</sup>	80 м <sup>3</sup>
Операционная		30–180 м <sup>3</sup>	10	8
Перевязочная, процедурная			2	2,5
Кабинеты врачей			1	1
Палаты инфекционного отделения боксы и полубоксы			2,5	3,5
Помещения для санитарной обработки больных			3	5
Клизменная				5
Уборные и умывальные для больных		50 м <sup>3</sup> на унитаз		
Рентгенодиагностический кабинет			6	10
Лаборатории			1	3
Парикмахерские			2	3
Курительные				10

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы	3
Учебный материал	4
Самоконтроль усвоения темы	7
Задание для самостоятельной работы	8
Литература	9
Приложения	10

Репозиторий БГМУ

Учебное издание

**Павлов Александр Васильевич**

# **ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Методические рекомендации

Ответственный за выпуск А. В. Павлов  
Редактор А. И. Кизик  
Корректор Ю. В. Киселева  
Компьютерная верстка О. Н. Быховцевой

Подписано в печать 29.03.07. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Кюм Люкс».  
Печать офсетная. Гарнитура «Times».  
Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,48. Тираж 100 экз. Заказ 587.  
Издатель и полиграфическое исполнение –  
Белорусский государственный медицинский университет  
ЛИ № 02330/0133420 от 14.10.2004; ЛП № 02330/0131503 от 27.08.2004.  
220030, г. Минск, ул. Ленинградская, 6.