

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 (CO_2) в воздухе закрытых помещений и рассчитывать объем вентиляции по содержанию 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 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 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, м³), 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 (СО₂) как косвенного показателя степени чистоты воздуха.

В жилых, общественных помещениях и больничных палатах *норма воздушного куба составляет 25–27 м³, объем вентиляции — 37,7 м³*, 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 СО₂ 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, м³; $П$ — количество СО₂, выдыхаемое человеком в час (22,6 л); N — число людей в помещении; P_1 — максимально допустимое содержание СО₂ в помещении (0,1 % = 1 ‰ = 1 л/м³); P_2 — содержание СО₂ в атмосферном воздухе (0,04 % = 0,4 ‰ = 0,4 л/м³).

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 м³), где находятся 4 больных, содержание СО₂ 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), м^2 ; B — скорость движения воздуха в вентиляционном отверстии, м/с ; C — время проветривания, с ; V — объем помещения, м^3 .

Пример: в палате кубатурой 60 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 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 ($5,5 \times 3,9 \times 2,8$) м^3 , в которой проживает 3 человека. Содержание 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 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 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, 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 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.

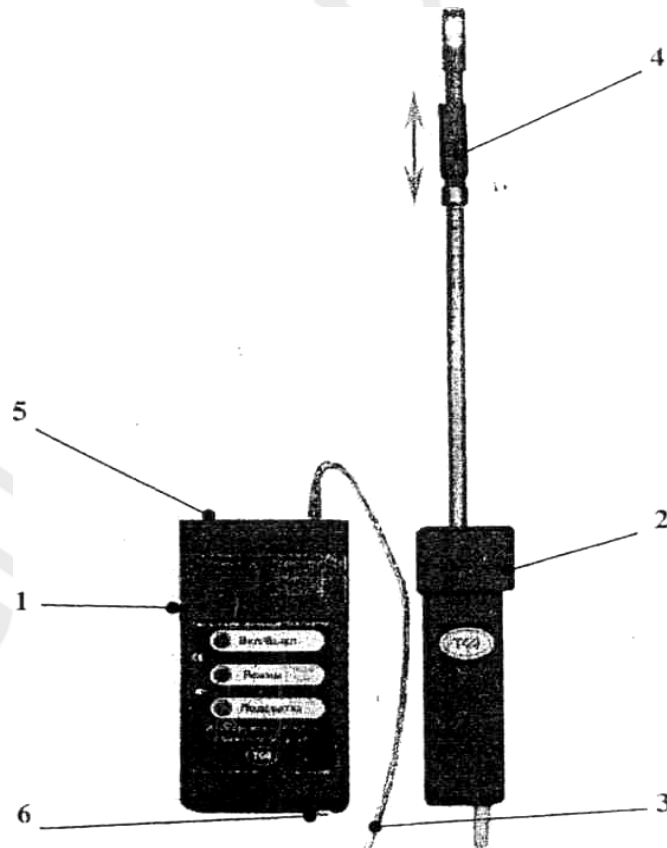


Рис. 1. Внешний вид прибора «ТКА-ПКМ»/50:

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

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ CO₂ 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 NH₄OH + 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

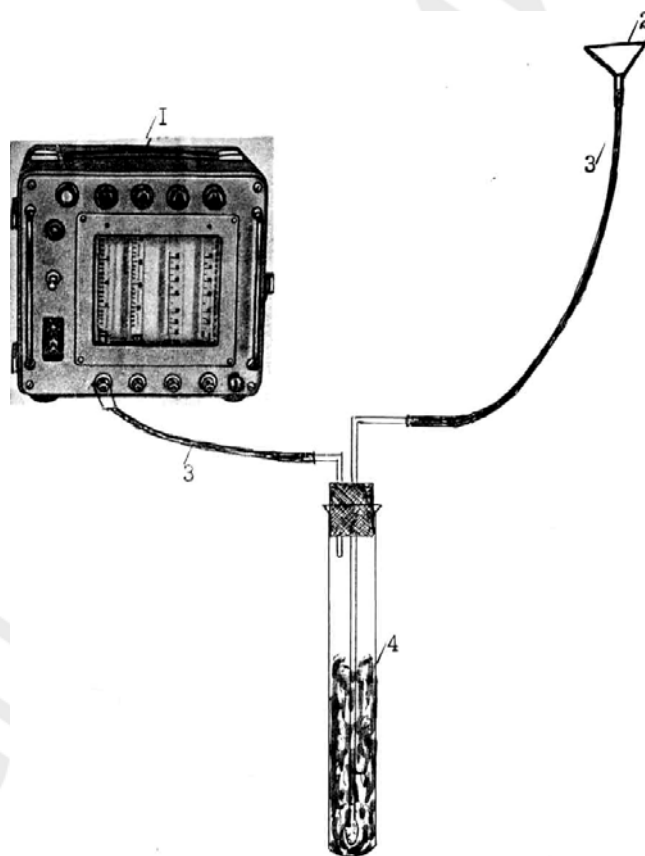


Рис. 2. Схема подсоединения поглотительного сосуда к электроасpirатору при проведении опытов по экспрессному определению CO₂ в воздухе помещения:

- 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 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 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 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 ³	Объем вентиляции	Кратность воздухообмена	
			приток	вытяжка
Жилые комнаты в квартирах, общежитиях и административные помещения	30–40	40 м ³ или 3 м ³ на 1 м ² площади комнаты	1	1
Кухня обычная		25 м ³		3
Кухня газифицированная		60–90 м ³		
Уборные индивидуальные		25 м ³		
Учебные классы		20–30 м ³	1	1,5
Зрительный и лекционный зал	20		1,5	2
Гимнастический зал				3
Гардеробная				2
Палаты для взрослых больных	40–50	40 м ³	80 м ³	80 м ³
Палаты для детей			80 м ³	80 м ³
Операционная		30–180 м ³	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 ³ 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.