ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р ИСО 16000-26— 2015**

# ВОЗДУХ ЗАМКНУТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

## Часть 26

## Отбор проб при определении содержания диоксида углерода ($CO_2$)

**ISO 16000-26:2012**
**Indoor air – Part 26: Sampling strategy for carbon dioxide (CO2)**

**(IDT)**

**Издание официальное**

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 457 «Качество воздуха»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 октября 2015 г. № 1542-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 16000-26:2012 «Воздух замкнутых помещений. Часть 26. Отбор проб при определении содержания диоксида углерода ($CO_2$)» [ISO 16000-26:2012 «Indoor air – Part 26: Sampling strategy for carbon dioxide ($CO_2$)]].

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)*

© Стандартинформ, 2016

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Введение

В ИСО 16000-1 приведены общие требования, относящиеся к измерению загрязняющих веществ в воздухе замкнутых помещений, а также описаны важные условия, которые необходимо соблюдать до и во время отбора проб отдельных загрязняющих веществ или групп загрязняющих веществ.

В настоящем стандарте приведены основные положения, которые необходимо учитывать при отборе проб для определения содержания диоксида углерода в воздухе замкнутых помещений. Он является связующим звеном между ИСО 16000-1 и аналитическими процедурами.

Применение настоящего стандарта предполагает предварительное ознакомление с ИСО 16000-1.

Настоящий стандарт распространяется на замкнутые помещения, описанные в ИСО 16000-1 и [1]: жилые дома с гостиными, спальнями, мастерскими, комнатами отдыха, подвалами, кухнями и ванными комнатами; рабочие помещения и рабочие места в зданиях, не подлежащие контролю со стороны комиссий по безопасности и охране труда и здоровья в отношении загрязняющих веществ (например, офисы и торговые помещения); общественные здания (например, больницы, школы, детские сады, спортивные залы, библиотеки, рестораны и бары, театры, кинотеатры и помещения другого назначения); кабины транспортных средств и общественного транспорта.

Методология проведения отбора проб, приведенная в настоящем стандарте, основана на VDI 4300, часть 9 [11].

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# ВОЗДУХ ЗАМКНУТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

## Часть 26

## Отбор проб при определении содержания диоксида углерода ($CO_2$)

Indoor air. Part 26. Sampling strategy for carbon dioxide ($CO_2$).

**Дата введения — 2016—12—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные положения, которые необходимо учитывать при планировании измерений содержания диоксида углерода в воздухе замкнутых помещений. В случае измерений, проводимых для оценки качества воздуха замкнутых помещений, тщательное планирование отбора проб и всей методологии измерений имеет особое значение, поскольку результат измерения может иметь далеко идущие последствия, например указывать на необходимость ремонта помещения или успешность его выполнения.

Неподходящая методика измерений может привести к искаженному представлению об истинных условиях или, что хуже, получению ошибочных результатов.

Настоящий стандарт не применяют при проведении измерений содержания монооксида углерода (CO) в воздухе замкнутых помещений.

Примечание – См. 5.1.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующий стандарт:

ИСО 16000-1:2004 Воздух замкнутых помещений. Часть 1. Отбор проб. Общие положения (ISO 16000-1:2004, Indoor air — Part 1: General aspects of sampling strategy)

## 3 Свойства, происхождение и распространение диоксида углерода

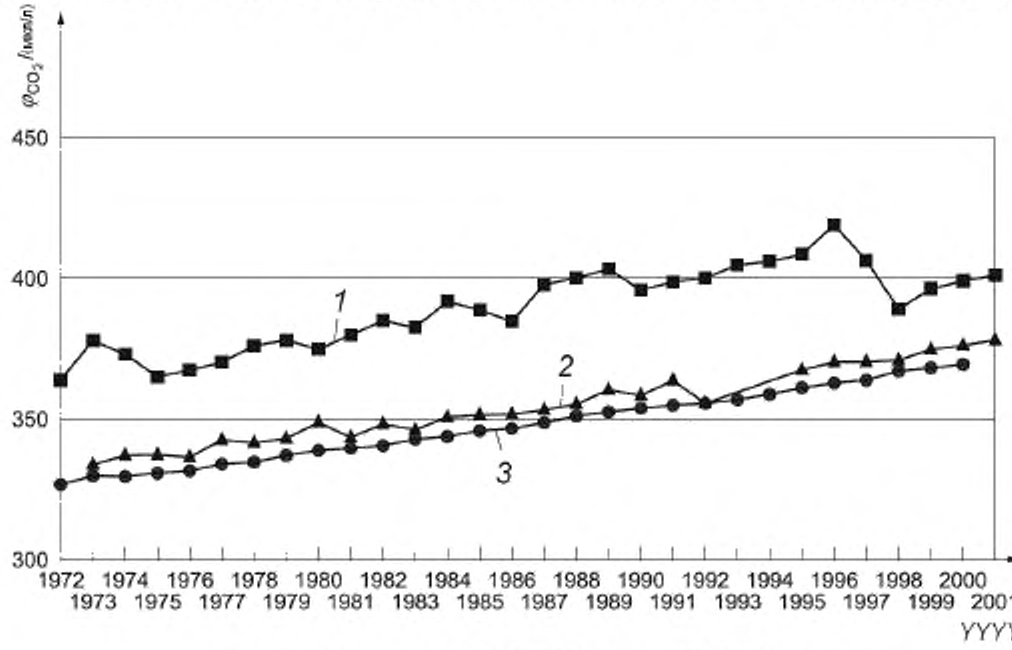
Диоксид углерода ($CO_2$, CAS № 124-38-9) является природным компонентом атмосферного воздуха, в котором его присутствие, оцениваемое в единицах объемной доли, в среднем составляет немногим более 0,03 % (что соответствует приблизительно массовой концентрации 600 мг·м$^{-3}$). Измеренное содержание $CO_2$ в воздухе обычно приводят в миллионных долях (1 млн$^{-1}$, как объемная доля в 1 мкмоль·моль$^{-1}$), объемная доля 0,03 % эквивалентна 300 млн$^{-1}$. В среде замкнутого помещения некоторое количество $CO_2$ реагирует с влагой в атмосферном воздухе с образованием угольной кислоты. $CO_2$ – бесцветный газ, не имеющий запаха и вкуса, легко растворим в воде и химически стабилен при нормальных условиях. Молекула $CO_2$ может поглотить часть инфракрасного излучения, отраженного поверхностью Земли в виде теплового излучения, и это способствует протеканию процесса, определенного как "парниковый эффект", который вызывает глобальное потепление.

Углекислый газ ($CO_2$) играет основную роль в процессах жизнедеятельности на Земле. В результате жизнедеятельности растений (из углекислого газа и воды под действием солнечного света в присутствии хлорофилла в качестве катализатора), а также органических соединений (в основном углеводов) образуется кислород, необходимый для жизни на Земле. Более или менее обратным этому будет процесс, при котором $CO_2$ образуется в воздухе в качестве одного из конечных продуктов (в дополнение к воде) горения углеводородов. Этот процесс происходит, во-первых, во всех типах устройств, в том числе в печах, в которых происходит горение, и, во-вторых, он играет важную роль в метаболизме живых организмов. При этом $CO_2$, образующийся в метаболических процессах, поступает в атмосферный воздух.

**Издание официальное**

У человека выдыхаемое количество $CO_2$ зависит от степени физической активности. Для взрослых лиц можно предположить порядок выдыхаемого объема $CO_2$ по данным, приведенным в таблице А. 1 (см. приложение А для более подробного объяснения).

С момента начала индустриализации содержание $CO_2$ в атмосферном воздухе непрерывно повышается. Места измерения $CO_2$ в прошлом обычно выбирались рядом с метеорологическими станциями и были расположены в регионах с чистым воздухом. Одно из самых известных мест измерения $CO_2$ находится на Мауна-Лоа на Гавайях. Там, независимо от местных выбросов $CO_2$, содержание увеличилось, например, от 316,0 млн$^{-1}$ в 1959 году до 369,4 млн$^{-1}$ в 2000 году [13]. Это значит, что увеличение было на 53,4 млн$^{-1}$, или прирост за год составил 4,1 ‰. Так как $CO_2$ является соединением, влияющим на климат (парниковый эффект), рост его содержания вызывает большое беспокойство. Вблизи источников выбросов, например в больших городах с интенсивным движением транспорта и бытовыми пожарами или промышленными установками горения, может встречаться значительно более высокое содержание углекислого газа. По этой причине содержание $CO_2$ в Кельне, равное приблизительно 400 млн$^{-1}$, в среднем примерно на 10 % выше, чем на Гавайях (см. рис. 1).




$\varphi_{CO_2}$ - объемная доля $CO_2$, *YYYY* – год, 1 – Кёльн (Германия),

2 – Вестерланд (Германия), 3 – Гавайи (США)

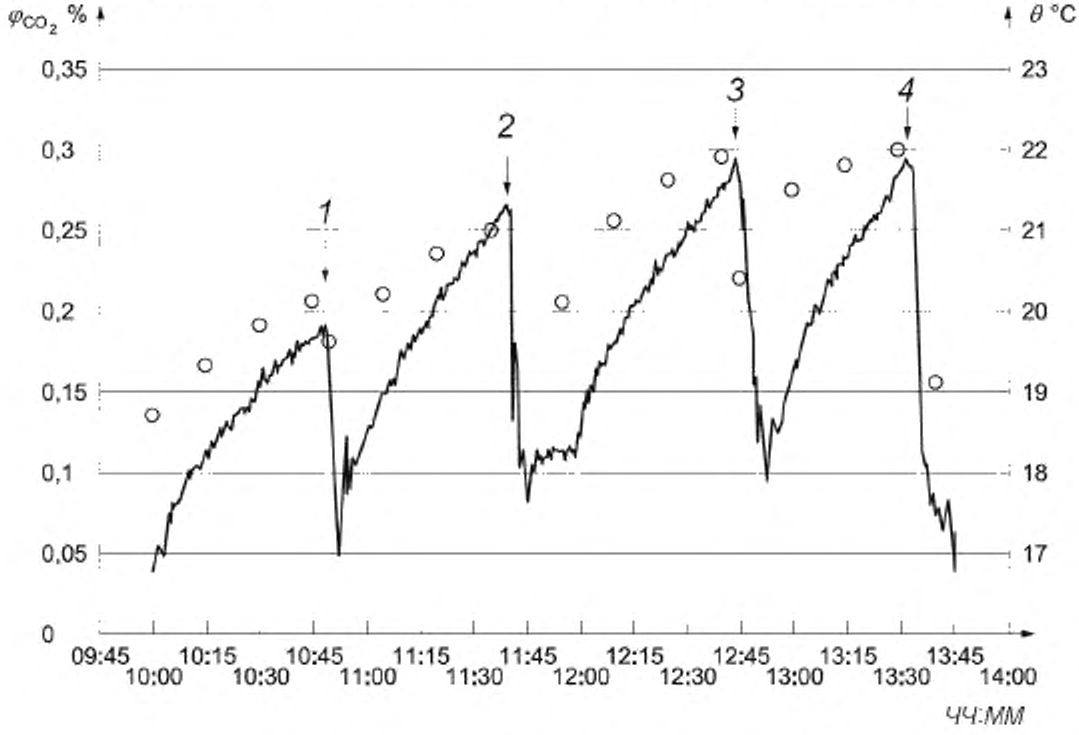
Рисунок 1 – Среднегодовые значения содержания $CO_2$ в атмосферном воздухе в различных местах

Такие уровни содержания $CO_2$ в атмосферном воздухе не оказывают прямого неблагоприятного воздействия на здоровье людей. Объективно измеримые воздействия не наблюдаются при содержании $CO_2$ от приблизительно 5000 до 10000 млн$^{-1}$. Проявляющиеся воздействия при таком содержании $CO_2$ заключаются в увеличении частоты дыхания, изменениях pH крови и снижении физической активности. При содержании $CO_2$ в окружающем воздухе более 15000 млн$^{-1}$ становится труднее дышать, а содержание $CO_2$ выше 30000 млн$^{-1}$ может вызвать головные боли и головокружение. При содержании $CO_2$ в воздухе от 60000 до 80000 млн$^{-1}$ могут наблюдаться потеря сознания и смерть [14].

В воздухе замкнутых помещений вследствие воздухообмена через вентиляцию будет то же содержание $CO_2$, что и в атмосферном воздухе. Однако это применимо только если в комнате нет поглотителей или источников $CO_2$. Поглотителем углекислого газа является, например, кирпичная кладка с щелочными соединениями в составе. Главным источником $CO_2$ в помещении обычно являются люди. Содержание $CO_2$ зависит от количества людей в помещении и от интенсивности вентиляции в нем. Например, в случае десяти различных измерений в течение ночи в закрытой спальне, где находятся два человека, максимальное содержание $CO_2$ было между 1200 и 4300 млн$^{-1}$ [15]. С закрытыми окнами и полуоткрытой дверью максимальное содержание $CO_2$ составило только

1700 млн$^{-1}$. В воздухе офисов было измерено содержание $CO_2$ в 630 точках, и оно составило от 350 до 2350 млн$^{-1}$ (в среднем: 555 млн$^{-1}$), были найдены существенные различия между естественно проветриваемыми зданиями (в среднем: 750 млн$^{-1}$ $CO_2$, $n$ = 300) и зданиями, оборудованными кондиционерами (в среднем: 465 млн$^{-1}$ $CO_2$, $n$ = 330) [16]. В воздухе офисов было также получено содержание $CO_2$ от 400 до 800 млн$^{-1}$ [17]. Если в классе объемом 200 м$^3$ занимались 45 человек с закрытыми окнами и кратностью воздухообмена приблизительно 1 ч$^{-1}$, то по прошествии 1 ч содержание $CO_2$ было приблизительно 3000 млн$^{-1}$ [18]. При таком результате рекомендуют обеспечить достаточную вентиляцию.

В приложении А приведен расчет требуемой характеристики вентиляции помещения. Несмотря на то, что $CO_2$ непрерывно удаляется из воздуха помещения в случае принудительной вентиляции, его удаление лучше всего достигается в помещениях с естественной вентиляцией за счет быстрого воздухообмена при открывании как можно большего числа окон через регулярные интервалы времени (см. рисунок 2). Особенно это относится к большинству школьных кабинетов [19].




$\varphi_{CO_2}$ - объемная доля $CO_2$; $\theta$ - температура; *ЧЧ:ММ* – время;

o – температурные данные (по правой ординате); *1*, *2*, *3*, *4* - понижение объемной доли $CO_2$ при открытии окон (по левой ординате).

Рисунок 2 – Измерение содержания $CO_2$ в школьных классах с быстрым воздухообменом в течение 5 мин с открытой входной дверью и окнами в перерывах после 45 мин урока. Объем помещения составляет 155 м$^3$, во время урока в классе было 28 человек [19]

В некоторых случаях на содержание $CO_2$ также могут влиять и другие источники кроме людей. Более того, в замкнутом помещении часто происходят процессы горения. Углекислый газ, образовавшийся при этом, попадает вместе с другими продуктами горения в воздух замкнутого помещения. Основными источниками продуктов горения в замкнутом помещении являются, например, табачный дым, открытый огонь при приготовлении пищи и отопительные приборы или горящие свечи. Образование $CO_2$, вызванное такими процессами, может быть спрогнозировано, и выделения могут быть удалены с помощью вентиляции. В редких случаях встречаются скрытые источники $CO_2$, например утечки в дымоходе.

Дополнительный вклад в содержание $CO_2$ в воздухе замкнутых помещений вносят растения. В темное время суток растения также выделяют небольшое количество углекислого газа. Исходя из

литературных данных, можно оценить выделение углекислого газа в расчете на площадь листьев растений и часы, проведенные ими в темноте, и оно составило приблизительно 400 мл/м$^3$·ч [21]. Для площади листьев 1 м$^2$ это соответствует примерно 1 % объема углекислого газа, выдыхаемого взрослым человеком в час. Это сравнительно небольшой объем, и он к тому же участвует в процессе фотосинтеза, происходящем в растениях на свету.

## 4 Методика измерений

Существует несколько методов для измерения содержания углекислого газа в воздухе замкнутых помещений. Самым широко распространенным методом измерений, в случае атмосферного воздуха, является недисперсионная инфракрасная спектрометрия (НДИС) [22], [23]. Кроме того, часто используют фото-акустическую спектроскопию (ФАС). В этом методе энергия возбуждения, поглощенная в инфракрасной области, преобразовывается в акустический сигнал [24]. Измеряемый сигнал поглощения $CO_2$ выделяется с помощью узкополосного ИК-фильтра с максимумом пропускания при длине волны 2270 см$^{-1}$. Для обоих методов необходима компенсация влияющих эффектов, в частности водяного пара, при калибровке.

Измерительные приборы, работающие по методу НДИС или ФАС, позволяют достоверно и непрерывно определять $CO_2$ в диапазоне измерений объемной доли от 1 до 5000 млн$^{-1}$.

При первичном измерении $CO_2$ в помещении могут также использоваться пробоотборные трубки. Пробоотборные трубки для кратковременных измерений, через которые воздух прокачивается с помощью сильфонного насоса, выдают измеренное значение в течение нескольких минут, тогда как в случае диффузионных пробоотборных трубок с непосредственным отсчетом показаний для измерения требуется несколько часов. Пробоотборные трубки, используемые для определения концентраций в исследуемом замкнутом помещении, имеют диапазон измерений объемной доли $CO_2$ от 100 до 3000 млн$^{-1}$ [25].

В методике контроля качества воздуха замкнутых помещений применяют датчики углекислого газа для контроля приборами вентиляции и кондиционирования воздуха (приборы ВКВ). В дополнение к датчикам избирательного действия, которые работают по принципу поглощения в инфракрасной области спектра с двумя каналами, могут быть применены электрохимические датчики и полупроводниковые датчики для контроля качества воздуха в замкнутом помещении. Эти датчики не предназначены для измерения $CO_2$ согласно настоящему стандарту.

Для более подробной информации о методе анализа см. приложение С.

## 5 Планирование измерений

### 5.1 Общие положения

В разделе 3 установлено, что углекислый газ в воздухе замкнутого помещения неизбежно присутствует как природный компонент атмосферного воздуха, он также выделяется в результате жизнедеятельности людей и процессов горения с открытым пламенем. Поскольку эти источники не относятся к непрерывным и постоянным, это означает, что не следует ожидать постоянного содержания $CO_2$ в воздухе помещения и очень важен выбор правильной методологии измерений.

Если предполагается также измерять содержание монооксида углерода (CO), настоящий стандарт не годится для планирования измерений его содержания. CO является бесцветным и высокотоксичным газом без запаха, который может вызывать внезапную болезнь и смерть. Он образуется в процессах неполного сгорания и может загрязнить воздух в помещении из-за наличия дефекта в дымоходе или плохой тяги в дымоходе печи. CO может быть измерен с помощью серийно выпускаемых автоматизированных измерительных приборов или индикаторных трубок с прямым отсчетом (предел измерений приблизительно от 2 до 60 млн$^{-1}$) (см. также приложение С).

### 5.2 Цель измерений и предельные значения

#### 5.2.1 Общие положения

Перед проведением измерений в воздухе замкнутых помещений необходимо четко определить их цель. В случае необходимости определения диоксида углерода требования, определенные в 5.2.2 и 5.2.3, являются приоритетными.

#### 5.2.2 Рассмотрение соотношения с установленным предельным значением

Уровень содержания $CO_2$ часто используют в качестве общего индикатора загрязнения воздуха антропогенного происхождения в помещении. Особенно в помещениях с естественной вентиляцией, которые регулярно занимает относительно большое количество людей (например, классные комнаты или аудитории) установленное предельное значение может значительно превышаться при отсутствии необходимой вентиляции. Задание, а также технические требования для проектирования вентиляции

и систем кондиционирования воздуха приведены в DIN 1946-4 [5] с DIN 1946-6 [6] и ссылках [20], [29], [30].

Содержание $CO_2$ в воздухе неиспользуемого помещения обычно не превышает его содержания в атмосферном воздухе. Однако эта ситуация обычно изменяется при эксплуатации помещения. В используемых помещениях люди являются главным источником выделения $CO_2$, если отсутствуют источники, описанные в разделе 3. Полученное при обследовании ориентировочное предельное значение содержания $CO_2$ поэтому имеет смысл только в обычных условиях использования помещения и с обычным числом жильцов. До начала измерения помещение интенсивно проветривают в течение нескольких минут, предпочтительно путем перекрестной вентиляции. Если целесообразно, учитывают другие источники выделения $CO_2$ и их характеристики.

Если при различных условиях эксплуатации помещений поступают конкретные жалобы от обитателей, то проводят отбор проб также и при этих условиях.

При определении содержания $CO_2$ в помещениях, проветриваемых с использованием приборов ВКВ, во время измерений они должны работать при обычных условиях.

**5.2.3 Исследование вентиляции в помещении**

$CO_2$ из-за его инертных свойств и простого анализа может быть применен для определения воздухообмена в помещении. Для этого в отсутствие обитателей помещения в воздух дополнительно вводят $CO_2$ для достижения содержания $CO_2$ значительно больше обычного содержания в воздухе. Объемная доля не должна превышать 20000 млн$^{-1}$ [1]. Уровень воздухообмена может быть определен по убыванию содержания $CO_2$ со временем. Более подробная информация приведена в ИСО 16000-8, где также приведены пределы использования $CO_2$ как газа-индикатора.

При определении содержания $CO_2$ в помещении предполагают, что воздух в нем однородно распределен, т. е. содержание $CO_2$ одинаковое во всех точках. Однако это не обязательно, особенно в случае принудительно вентилируемых помещений. Особенно в очень больших помещениях, например в аудиториях, больших помещениях без перегородок или угловых комнатах, в зависимости от положения отверстий для подаваемого и отходящего воздуха, а также от типа установленного оборудования могут образовываться "мертвые зоны", в которых уменьшен воздухообмен.

Для принудительно вентилируемых помещений эффективность вентиляции $\varepsilon_L$ вычисляют по формуле (см. EH 13779 [3])

$$\varepsilon_L = \frac{\varphi_{ETA} - \varphi_{SUP}}{\varphi_{IDA} - \varphi_{SUP}}, \quad (1)$$

где

$\varphi_{ETA}$ – объемная доля $CO_2$ отходящего воздуха, в объемных процентах;

$\varphi_{SUP}$ – объемная доля $CO_2$ поступающего воздуха, в объемных процентах;

$\varphi_{IDA}$ – объемная доля $CO_2$ воздуха замкнутого помещения, в объемных процентах.

Эффективность вентиляции равна единице, когда содержание $CO_2$ в отходящем воздухе и в воздухе замкнутого помещения в заданной точке будет одинаковым. Однородность воздушного распределения в помещении может быть определена путем измерений содержания $CO_2$, следующих друг за другом во времени в разных точках помещения.

**5.3 Время проведения измерений**

Время проведения измерений определяется их целью (см. 6.2).

Если цель измерений заключается в определении гигиенически безопасных условий по содержанию $CO_2$ в помещении (см. 5.2.2), то непрерывно регистрируют содержание $CO_2$ в определенное время в обычных условиях проживания (пребывание обитателей), например во время обычного периода эксплуатации помещения. Измерение начинают после интенсивного проветривания помещения так, чтобы начальной точкой было содержание $CO_2$ в атмосферном воздухе. В зависимости от уровня постоянного воздухообмена во времени содержание $CO_2$ устанавливается на постоянном уровне более или менее быстро. Если воздухообмен изменяется при открывании окон или дверей, то это становится сразу заметно по падению сигнала (см. рис. 2). В принудительно вентилируемых помещениях измерение фонового содержания $CO_2$ в незанятой комнате выполняют примерно через 1 ч после запуска оборудования ВКВ и затем в присутствии пользователей помещения, как в случае с помещением с естественной вентиляцией. В обоих случаях, чтобы определить вклад атмосферного воздуха в содержание $CO_2$ в помещении, необходимо определить его содержание в атмосферном воздухе недалеко от помещения и

[1] Эта концентрация является четырехкратным значением содержания $CO_2$ в воздухе рабочей зоны AGW (предельно допустимая концентрация загрязнений в воздухе рабочей зоны, 5000 млн$^{-1}$) и допустима четыре раза в течение распределенных по рабочей смене периодов, каждый из которых длится 15 мин (TRGS 900 [7] и [20]).

приблизительно в то же время, что и измерение воздуха в помещении или, по крайней мере, в тот же день. Если эффективность вентиляции в помещении должна быть оценена (см. 5.2.3), то содержание $CO_2$ регистрируют непрерывно. При определении воздухообмена регистрацию значений содержания $CO_2$ начинают приблизительно через 15—30 мин после введения дополнительного объема $CO_2$ в воздух помещения и его однородного распределения с использованием настольного вентилятора (см. ИСО 16000-8). Если определяют эффективность вентиляции в помещении с принудительной вентиляцией, в присутствии его обитателей, то содержание $CO_2$ измеряется в различных точках помещения после запуска приборов ВКВ приблизительно через 2 ч.

Если должны быть определены характеристики источника выделения или если в помещении предполагается скрытый источник отходящих газов горения, то содержание $CO_2$ непрерывно регистрируют в течении более длительного времени. Точный период времени в любом случае можно определить заранее, однако с некоторыми трудностями, он должен быть выбран так, чтобы время активности потенциального источника находилось в пределах периода измерения. Таким образом, проследить утечку в дымоходе в жилых помещениях вне отопительного сезона может быть очень трудно.

**5.4 Место измерений**

Обычно для помещения площадью 50 $м^2$ достаточно одной точки отбора проб; ее следует располагать на высоте 1,50 м от пола и на расстоянии, по крайней мере, 1–2 м от стен. Для комнат большего размера должно быть больше точек отбора проб, чтобы гарантировать, что любые градиенты содержания $CO_2$ будут определены. Это особенно необходимо при определении эффективности вентиляции. Чтобы избежать прямого влияния на результаты измерений выдыхаемого воздуха находящимися вблизи людьми (в выдыхаемом воздухе было установлено приблизительно 40000 $млн^{-1}$ $CO_2$), должно быть гарантировано достаточно большое расстояние от измерительного прибора. Это также относится к пробоотборнику во время выполнения измерений при передвижении обитателей (расстояние пробоотборного устройства от людей 1,5 до 2 м).

В поиске скрытого источника отходящих газов горения в помещении положение пробоотборной насадки измерительного прибора должно меняться по прошествии 5–10 мин для того, чтобы найти место с самым высоким содержанием $CO_2$ и таким образом получить признак локализации источника.

Когда измерения проводят в принудительно вентилируемых помещениях, необходимо провести измерение в точке, где поступающий снаружи свежий воздух попадает в помещение, чтобы оценить любые поступающие загрязнения. Такие загрязнения могут быть следствием рециркуляции воздушного потока в поступающем воздухе или загрязнения свежего воздуха, например из-за близости электростанций или из-за интенсивного дорожного движения. Уровень содержания $CO_2$ в свежем поступающем воздухе может быть определен по измерениям атмосферного воздуха.

**5.5 Проведение измерений**

Кроме предварительных измерений с помощью пробоотборных трубок (см. раздел 4), содержание $CO_2$ в воздухе может непрерывно регистрироваться с помощью автоматического прибора. Это дает возможность проследить изменение во времени содержания $CO_2$ в воздухе, что необходимо для получения рекомендаций по оптимальному режиму вентиляции. Кроме того, в зависимости от поставленного вопроса среднее значение содержания $CO_2$ в воздухе также может быть получено по усредненной кривой в интересующий период времени.

**5.6 Представление результата измерений и неопределенность**

При планировании измерения необходимо установить, каким способом должна быть описана неопределенность измерения и какие характеристики следует использовать при представлении результатов в протоколе. Наличие неопределенностей измерений неизбежно. Они обусловлены ограниченным объемом измерений и неопределенностью отбора и анализа проб. На представительность единичного измерения влияют изменения содержания во времени и в пространстве.

Кроме ссылки на применяемый метод анализа, протокол измерений должен содержать описание метрологических характеристик, действующих на момент начала измерений, в первую очередь пределов обнаружения и количественного определения[1)].

Результаты измерений, как правило, представляют в миллионных долях (см. раздел 3).

При представлении результатов измерений значения обычно приводят таким образом, чтобы последний десятичный разряд (значащая цифра) одновременно отражал порядок значения неопределенности измерения.

**5.7 Обеспечение качества**

---

[1)] Предел обнаружения – это наименьшее значение, которое может быть обоснованно приписано (отличается от предела обнаружения) определяемой величине с доверительной вероятностью 95 % (см. VDI 2449, часть 1 [8] и VDI 2449, часть 2 [9]).

В зависимости от цели измерений следует определить процедуру подготовки помещения перед проведением измерений, время начала измерений, продолжительность отбора проб, периодичность измерений, а также место их отбора. Во время измерений следует соблюдать установленные предельные условия и точно их записывать, особенно состояние вентиляционной системы и возможного наличия источников выделения $CO_2$ в замкнутом помещении, включая любых пользователей комнаты. Форму протокола измерений следует определить при соответствующем планировании измерений. Общие рекомендации по записи информации при проведении измерений воздуха замкнутых помещений, которую следует заносить в протокол, приведены в ИСО 16000-1:2004, приложение D.

Требования к качеству измерений, предъявляемые заказчиком, должны быть определены при планировании измерений. При определении положений по обеспечению качества при планировании измерений следует прояснить следующие вопросы:

- имеет ли аналитическая лаборатория документированную систему менеджмента качества (например, в соответствии с ИСО/МЭК 17025 [1]) или, если не имеет, участвует ли, по крайней мере, в межлабораторных измерениях?
- необходимо ли выполнять параллельные измерения?
- каким способом проводят оценку неопределенности измерений (например, по ИСО/МЕК Guide 98-3 [2])?
- какие применяются процедуры калибровки, насколько часто и полно?

**5.8 Протокол измерений**

Протокол должен содержать следующую информацию:

a) цель измерений;
b) описание места отбора проб;
c) время и дата отбора проб:
d) условия отбора проб (окружающая температура, относительная влажность);
e) ссылка на настоящий стандарт;
f) полное описание методики отбора проб;
g) полное описание методики анализа;
h) предел обнаружения аналитического метода;
i) неопределенность представляемых результатов.

## Приложение А
## (справочное)

## Определение требований к вентиляции

$CO_2$ образуется при обменных процессах в организме человека и выходит вместе с выдыхаемым воздухом. Содержание $CO_2$ в выдыхаемом воздухе зависит от потребления кислорода и для взрослого человека в состоянии покоя составляет приблизительно от 13 до 14 литров в час [26]. Выделение $CO_2$ взрослыми индивидами $q_{V,CO_2}$ при различных видах физической активности приведена в таблице А.1.

Таблица А.1 – Выделение $CO_2$ взрослыми индивидами при различных видах физической активности (источник: VDI 4300, часть 7 [10]).

| Активность | $q_{V,CO_2}$, л/ч |
|---|---|
| Сидячая работа | 15–20 |
| Легкая работа | 20–40 |
| Умеренно тяжелая работа | 40–70 |
| Тяжелая работа | 70–110 |

Зная кратность воздухообмена, характеристики помещения, в котором проводят измерения, можно оценить уровень содержания $CO_2$ путем вычисления. Полученное значение может быть использовано в качестве критерия для определения требований к вентиляции. При фоновом содержании $CO_2$ в окружающем воздухе $\varphi_{CO_2(окр)}$ это дает следующее соотношение для уровня содержания $CO_2$ в отдельном замкнутом помещении $\varphi_{CO_2}(t)$, выраженного в процентах объемной доли, как функцию времени:

$$\varphi_{CO_2}(t) = \varphi_{CO_2(атм)} + \frac{N \cdot q_{V,CO_2}}{10nV}\left[1 - \exp(-nt)\right], \quad (A.1)$$

где $\varphi_{CO_2(атм)}$ – объемная доля $CO_2$ в атмосферном воздухе, %;
$N$ – количество людей в помещении;
$n$ – кратность воздухообмена, $ч^{-1}$;
$q_{V,CO_2}$ – объем $CO_2$, выделенный индивидом, в единицу времени, л/ч;
$t$ – время, ч;
$V$ – объем помещения, $м^3$.

Таблица А.2 – Объемная доля $CO_2$ после 45 и 90 мин проветривания, вычисленная по формуле (А.1) при объемной доле $CO_2$ в окружающем воздухе $\varphi_{CO_2(атм)}$ = 0,03 об.%, $V$ = 146 $м^3$ и $n$ = 0,26 $ч^{-1}$.

| $N$ | $q_{V,CO_2}$, л/ч | Объемная доля $\varphi_{CO_2}$, % | | |
|---|---|---|---|---|
| | | после 45 мин | после 90 мин | $t \to \infty$ |
| 28 | 15 | 0,23 | 0,39 | 1,14 |
| 28 | 20 | 0,29 | 0,51 | 1,51 |
| 28 | 25 | 0,36 | 0,63 | 1,87 |
| 25 | 15 | 0,20 | 0,35 | 1,02 |
| 25 | 20 | 0,26 | 0,46 | 1,35 |
| 25 | 15 | 0,32 | 0,56 | 1,68 |
| 20 | 15 | 0,17 | 0,29 | 0,82 |
| 20 | 20 | 0,22 | 0,37 | 1,08 |
| 20 | 25 | 0,26 | 0,46 | 1,35 |
| Примечание – См. пояснения символов к формуле (А.1) | | | | |

По формуле (А.1) может быть вычислена кратность воздухообмена, требуемая для достижения заданного содержания $CO_2$. При этом обычно в качестве исходной точки принимают равновесное содержание $CO_2$ в воздухе замкнутого помещения $\varphi_{CO_2,(t\to\infty)}$. В результате получают упрощенную формулу

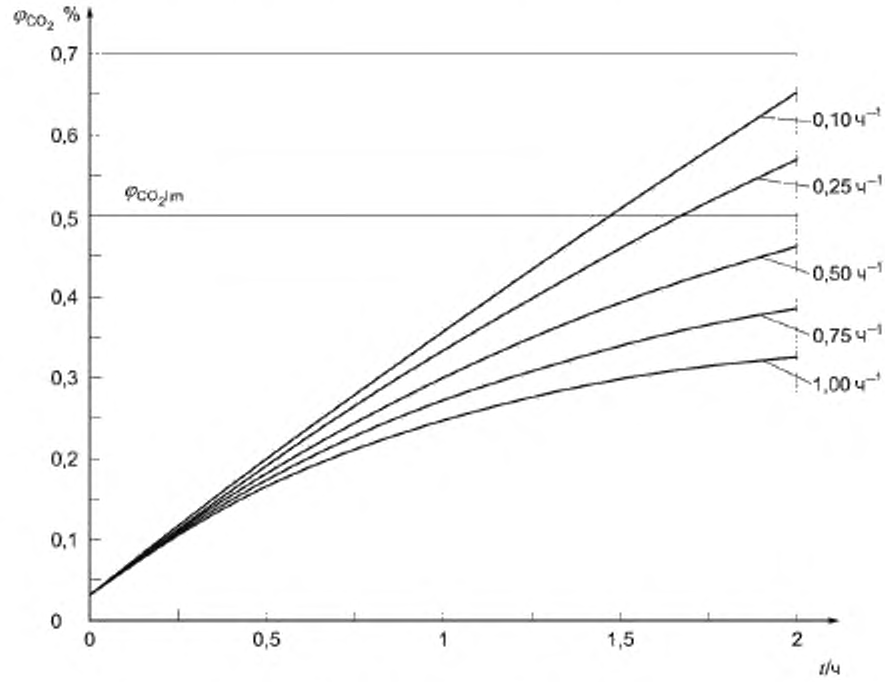
$$n = \frac{N \cdot q_{V,CO_2}}{10V[\varphi_{CO_2,(t\to\infty)} - \varphi_{CO_2,(ambv)}]}, \quad (A.2)$$

См. пояснения символов к формуле (А.1).

***Пример – Школьный кабинет объемом 146 м³ используют для проведения уроков для 20-28 учеников.***

***При $\varphi_{CO_2,(ambv)}$ = 0,03 об.%, V = 146 м³ и n = 0,26 ч⁻¹ значения содержания $CO_2$, приведенные в таблице А.2, могут быть вычислены для различного числа людей N, времени t и содержания $CO_2$ в выдохнутом воздухе $q_{V,CO_2}$.***

***На рисунке А.1 приведены временные зависимости объемной доли $CO_2$ как функции кратности воздухообмена. Чтобы не превысить 0,15 % как уровня равновесия, для рассматриваемого помещения при, например, $\varphi_{CO_2,(ambv)}$ = 0,03 об.%, N = 25 и $q_{V,CO_2}$ = 20 л/ч был бы необходим уровень воздухообмена n = 2,85 ч⁻¹.***




$\varphi_{CO_2}$ – объемная доля $CO_2$, $t$ – время, $\varphi_{CO_2,lim}$ – предельно допустимая концентрация загрязнений в воздухе рабочей зоны, 5000 млн$^{-1}$
(в соответствии с [7])

Рисунок А.1 – Временные зависимости объемной доли $CO_2$, вычисленные по формуле (А.1) для $\varphi_{CO_2,(окр)}$ = 0,03 об.%, $V$ = 146 м$^3$, $N$ = 25 и $q_{V,CO_2}$ = 20 л/ч при различном воздухообмене (ч$^{-1}$)

## Приложение В
## (справочное)

## Правила

В середине 19 века Макс фон Петтенкофер предположил, что содержание $CO_2$ в воздухе ограничено содержанием, равным объемной доле 0,1 %, эквивалентным 1000 млн$^{-1}$ [27]. Это значение теперь известно как число Петтенкофера, при котором загрязнение воздуха внутри помещений, вызванное выдыхаемым людьми воздухом, считается безопасным для здоровья. Значение используется уже несколько десятилетий в качестве критерия удовлетворительного качества воздуха замкнутого помещения, а также при проектировании систем кондиционирования и вентиляции воздуха. С этой целью в стандарте по проветриванию DIN 1946-2 [4][1)] было установлено значение объемной доли 0,15 % (1500 млн$^{-1}$). При этом в EH 13779 [3] установлена классификация качества воздуха в помещениях в соответствии с увеличением уровня $CO_2$ в помещении по сравнению с атмосферным воздухом исходя из приблизительного уровня содержания $CO_2$ в атмосферном воздухе от 350 до 400 млн$^{-1}$ в соответствии с разделом 3 (см. таблицу В.1).

Таблица В.1 – Общая классификация качества воздуха замкнутых помещений, основанная на содержании в нем $CO_2$

| Характеристика | Увеличение содержания $CO_2$ относительно его содержания в замкнутом помещении, млн$^{-1}$ | |
|---|---|---|
| | Общепринятый диапазон | Стандартное значение [3] |
| Особое качество воздуха замкнутых помещений | ≤400 | 350 |
| Высокое качество воздуха замкнутых помещений | 400—600 | 500 |
| Среднее качество воздуха замкнутых помещений | 600—1000 | 800 |
| Низкое качество воздуха замкнутых помещений | >1000 | 1200 |

[1)] Отменен введением в действие EH 13779 [3].

**Приложение С**
**(справочное)**

## Примеры скрининговых испытаний с помощью непрерывно регистрирующих средств измерений $CO_2$ и CO

### С.1 Общие положения

При скрининговых методах испытания можно быстро получить информацию о загрязнении воздуха без привлечения дорогостоящих методик анализа. На основе их результатов можно сделать заключение о необходимости проведения дальнейших измерений и их объеме. При проведении скрининговых испытаний в любом случае должны быть рассмотрены основные требования к проведению дальнейших измерений.

Если также планируют измерения CO в загрязненном воздухе замкнутого помещения, то он может быть измерен с помощью индикаторных трубок с прямым отсчетом.

### С.2 Индикаторные трубки с прямым отсчетом для $CO_2$

С помощью индикаторных трубок с прямым отсчетом измеряют объемную долю $CO_2$ в диапазоне от 100 до 3000 млн$^{-1}$. Принцип действия серийно выпускаемых индикаторных трубок основан на изменении окраски адсорбирующего порошка при воздействии на них присутствующего в воздухе $CO_2$ [25]. При содержании $CO_2$ близком к предельно допустимому значению происходит заметное изменение окраски порошка.

При проведении измерений воздух объемом 1 л прокачивают сильфонным насосом через индикаторную трубку. Если в воздухе присутствует $CO_2$, то изменяется окраска порошка в трубке от белой к сине-фиолетовой. Длина окрашенной области является мерой содержания $CO_2$, которое определяют по шкале на трубке.

С помощью диффузионных трубок с прямым отсчетом измеряют объемную долю $CO_2$ в диапазоне от 65 до 20000 млн$^{-1}$. Продолжительность измерений зависит от уровня содержания $CO_2$ в воздухе и составляет от 1 до 8 ч. Если в воздухе присутствует $CO_2$, то изменяется окраска порошка в диффузионной трубке от синей к белой. Длина окрашенной области является мерой содержания $CO_2$, которое определяют по шкале на трубке. Для определения содержания $CO_2$ полученное по шкале значение делят на продолжительность измерений.

Если значение по шкале составляет менее 400–500 млн$^{-1}$, то дальнейшие измерения не проводят.

### С.3 Индикаторные трубки с прямым отсчетом для CO

С помощью индикаторных трубок с прямым отсчетом измеряют CO в диапазоне от 2 до 60 млн$^{-1}$. Принцип действия серийно выпускаемых индикаторных трубок основан на изменении окраски адсорбирующего порошка при воздействии на них присутствующего в воздухе CO [26]. При содержании CO близком к предельно допустимому значению должно произойти достаточно заметное изменение окраски порошка.

При проведении измерений воздух объемом 1 л прокачивается сильфонным насосом через индикаторную трубку. Если в воздухе присутствует CO, то изменяется окраска порошка в трубке от белой к зелено-коричневой. Длина окрашенной области является мерой содержания CO, которое определяют по шкале на трубке.

Если не происходит изменения цвета или значение по шкале составляет менее 2 млн$^{-1}$, то дальнейшие измерения не проводят.

### С.4 Определение CO и $CO_2$ приборами непрерывной регистрации

Измерительные приборы непрерывной регистрации содержания CO и/или $CO_2$, которые используют, например, для личного контроля в рабочих зонах, также используют для измерений воздуха замкнутых помещений [28], когда диапазон измерений включает содержание $CO_2$ согласно настоящему стандарту. Такие устройства оборудованы электрохимическим датчиком для определения CO и инфракрасным датчиком для $CO_2$. Результаты измерений сохраняют с помощью регистрирующего устройства, после окончания измерений они могут быть просмотрены с целью получения информации о возможных изменениях содержания CO и $CO_2$ во время измерения.

**Приложение ДА**
**(справочное)**

## Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации

Таблица Д.А

| Обозначение ссылочного международного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта |
|---|---|---|
| ИСО 16000-1:2004 | IDT | ГОСТ Р ИСО 16000-1–2007 Воздух замкнутых помещений. Часть 1. Отбор проб. Общие положения |
| Примечание – В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта:<br>- IDT – идентичный стандарт. | | |

**Библиография**


[1] ISO/IEC 17025 — *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий)*

[2] ISO/IEC Guide 98-3:2008 — *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) (ГОСТ Р 54500.3-2011. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения)*

[3] EN 13779[1] — *Ventilation for non-residential buildings — Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems (EH 13779, Проветривание нежилых зданий. Технические требования к системам кондиционирования и вентиляции)*

[4] DIN 1946-2 — *Ventilation and air conditioning — Part 2: Technical health requirements (VDI ventilation rules)*

[5] DIN 1946-4 — *Ventilation and air conditioning — Part 4: Ventilation in buildings and rooms of health care*

[6] DIN 1946-6 — *Ventilation and air conditioning — Part 6: Ventilation for residential buildings — General requirements, requirements for measuring, performance and labeling, delivery/acceptance (certification) and maintenance*

[7] TRGS 900 — *Arbeitsplatzgrenzwerte [Workplace atmosphere limit values]. Available (viewed 2012-07-23) from: http://www.baua.de /de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS-900.html__nnn =true*

[8] VDI 2449 Part 1 — *Measurement methods test criteria — Determination of performance characteristics for the measurement of gaseous pollutants (immission)*

[9] VDI 2449 Blatt 2 — *Grundlagen zur Kennzeichnung vollständiger Meßverfahren; Begriffsbestimmungen [Basic concepts for characterization of a complete measuring procedure; glossary of terms]*

[10] VDI 4300 Part 7 — *Indoor-air pollution measurement — Measurement of indoor air change rate*

[11] VDI 4300 Part 9 — *Measurement of indoor air pollution — Measurement strategy for carbon dioxide ($CO_2$)*

[12] — *Rat von Sachverständigen für Umweltfragen [Expert Council on Environmental Questions]. Luftverunreinigungen in Innenräumen [Indoor air pollution], Sondergutachten 1987-05. Stuttgart: Kohlhammer, 1987. 112 p.*

[13] — *Keeling C.D., Whorf T.P., and the Carbon Dioxide Research Group. Atmospheric CO2 concentrations (ppmv) derived from in situ air samples collected at Mauna Loa Observatory, Hawaii. La Jolla, CA: Scripps Institution of Oceanography. Available (viewed 2012-07-23) at:* gost.e-ecolog.ru

[14] — *Maroni M., Seifert B., Lindvall T., eds. Indoor air quality — A comprehensive reference book. Amsterdam: Elsevier, 1995*

[15] — *Fehlmann J., Wanner H.U., eds. Indoor climate and indoor air quality in residential buildings. Indoor Air. 1993, 3, pp. 41–50*

[16] — *Bischof W., Bullinger-Naber M., Kruppa B., Müller B.H., Schwab R., eds. Exposition und gesundheitliche Beeinträchtigungen in Bürogebäuden — Ergebnisse des ProKlimA-Projektes [Exposure and adverse effects on health in offices — Results of the ProKlimA project]. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2003*

[17] — *Rohbock E., Müller H., Zingsheim T., eds. Untersuchungen der Innenraumluftzusammensetzung in Großraumbüros mit zentraler Belüftung [Investigations of the indoor air composition in open plan offices with central ventilation]. Gesund. Ing. 1987, 108(6), pp. 269–276*

[18] — *Rigos E., ed. $CO_2$-Konzentrationen im Klassenzimmer [$CO_2$ concentrations in classrooms]. Umschau. 1981, 81, pp. 172–174*

[19] — *Indoor Air Hygiene Commission of the German Federal Environment Ministry. Leitfaden für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden [Guide for indoor air hygiene in school buildings]. Berlin: Umweltbundesamt, 2000*

[20] — *Lahrz T., Bischof W., Sagunski H., Baudisch C., Fromme H., Grams H., et al. Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft [Health assessment of carbon dioxide in indoor air]. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz. 2008, 11, pp. 1358–1369*

[21] — *Heath O.V.S., ed. Physiologie der Photosynthese [Physiology of photosynthesis]. Stuttgart: Thieme, 1972, 176 p.*

[22] — *Lahmann E., ed. Luftverunreinigung — Luftreinhaltung [Air pollution — Air pollution prevention]. Berlin: Paul Parey, 1990*

[23] — *Baumbach G. Luftreinhaltung [Air pollution prevention], 2nd edition. Berlin: Springer, 1992*


[1] Отменено ЕН 13779 [3].

[24] *Schmidt W. Optische Spektroskopie [Optical spectroscopy]. Weinheim: VCH, 1994*

[25] *Drager Safety. Dräger tubes & CMS-handbook, 16th edition. Lübeck: Dräger, 2011. 461 p. Available (viewed 2012-07-23) at:*
gost.e-ecolog.ru
*pdf*

[26] *Thews G., Mutschler E., Vaupel P. Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen.[Human anatomy, physiology, pathophysiology]. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlags Gesellschaft, 1999*

[27] *Pettenkofer M., ed. Über den Luftwechsel in Wohnungen [Air change in dwellings]. Munich: J.G. Cotta'sche Buchhandlung, 1858*

[28] *Wangrin N., Schirk O., eds. Pollution of indoor air, use of Multiwarn indoor and Dräger tubes., Lübeck: Dräger, 1993. (Dräger Review 71.)*

[29] *Grams H., Hehl O., Gabrio T., Volland G., Lahrz T., Dietrich S., et al. Ursachen und gesundheitliche Bewertung von Lüftungsmängeln an deutschen Schulen [Origin and health assessment of ventilation insufficiency at German schools]. Umweltmed. Forsch. Prax. 2008, 13 pp. 211–219*

[30] *Fromme H., Heitmann D., Dietrich S., Schierl R., Körner W., Kiranoglu M., et al. Raumluftqualität in Schulen — Belastung von Klassenräumen mit Kohlendioxid ($CO_2$), flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), Aldehyden, Endotoxinen und Katzenallergenen [Room air quality in schools — Pollution of classrooms with carbon dioxide ($CO_2$), volatile organic compounds (VOC), aldehydes, endotoxins and cat allergens]. Gesundheitswesen 2008, 70 pp. 88–97*

УДК 504.3:006.354 ОКС 13.040.20

Ключевые слова: воздух, замкнутое помещение, диоксид углерода, планирование, отбор проб, методика измерений

Редактор *И.Р. Шайняк*

Корректор *Л.С. Лысенко*

Компьютерная вёрстка *Е.К. Кузиной*

Подписано в печать 08.02.2016. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 2,33. Тираж 32 экз. Зак. 3880.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»

123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru