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 (*gost.e-ecolog.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

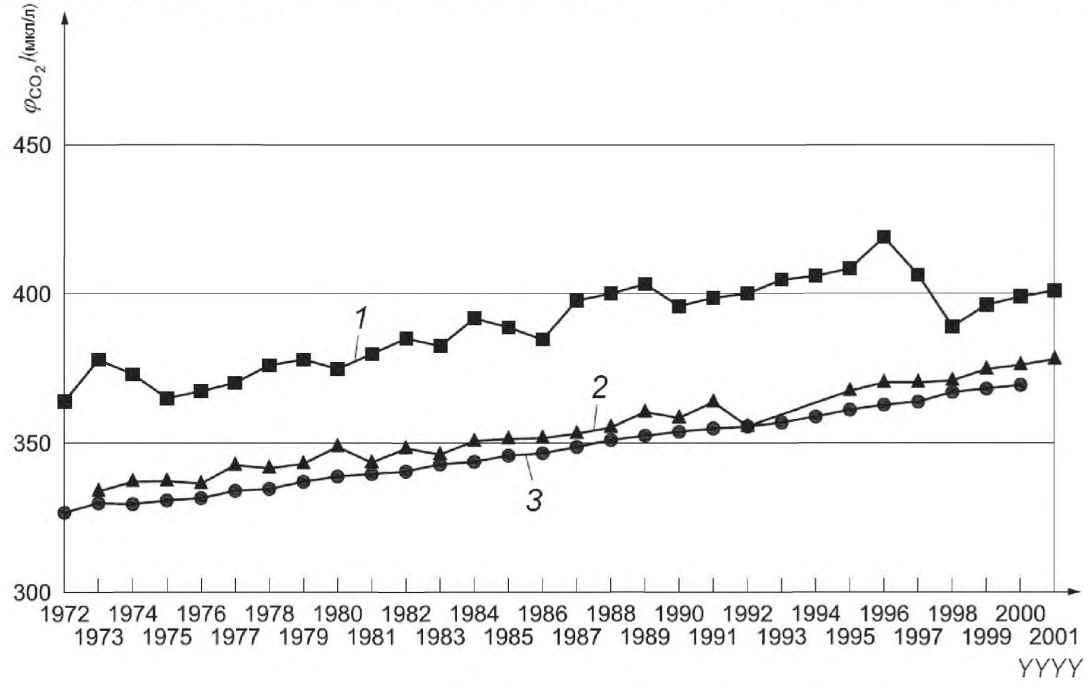
Диоксид углерода (CO_2, CAS № 124-38-9) является природным компонентом атмосферного воздуха, в котором его присутствие, оцениваемое в единицах объемной доли, в среднем составляет немногим более 0,03 % (что соответствует приблизительно массовой концентрации 600 мг·м$^{-3}$). Измеренное содержание CO_2 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).



φ_{CO_2} - объемная доля CO_2, *YYYY* – год, 1 – Кёльн (Германия),
2 – Вестерланд (Германия), 3 – Гавайи (США)

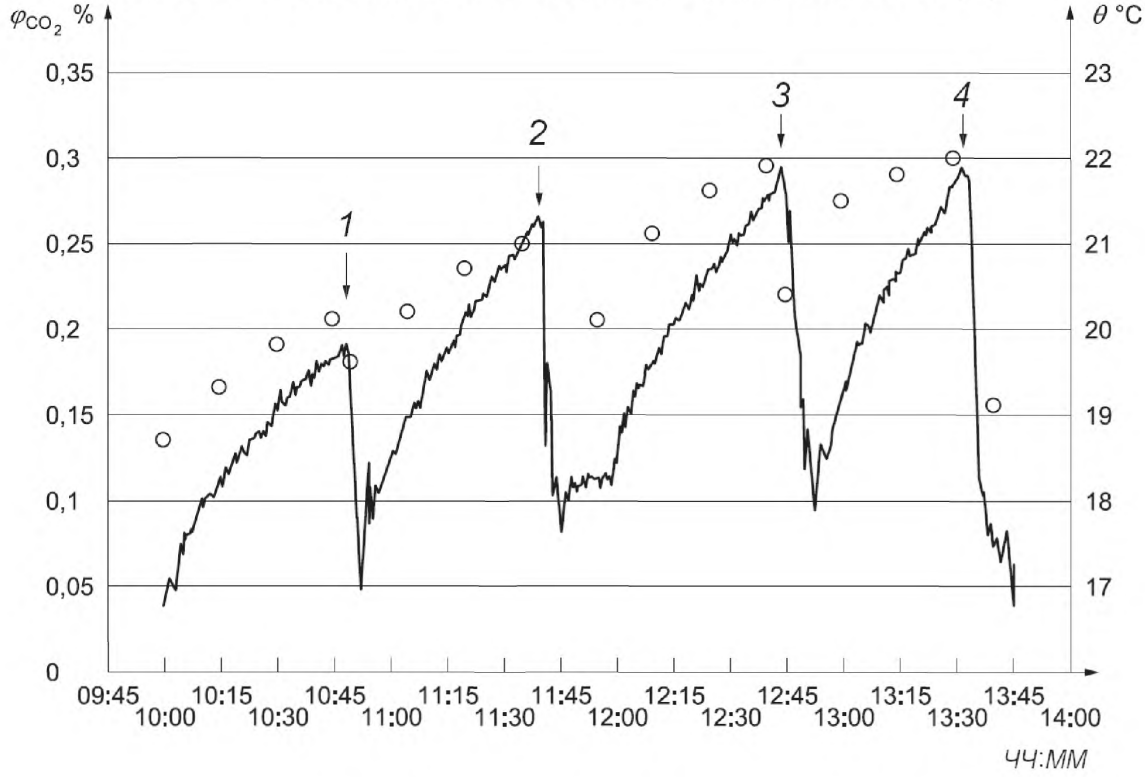
Рисунок 1 – Среднегодовые значения содержания CO_2 в атмосферном воздухе в различных местах

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].



φ_{CO_2} - объемная доля CO_2; θ - 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 ε_L вычисляют по формуле (см. ЕН 13779 [3])

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

где

φ_{ETA} – объемная доля CO_2 отходящего воздуха, в объемных процентах;

φ_{SUP} – объемная доля CO_2 поступающего воздуха, в объемных процентах;

φ_{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 φ_{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

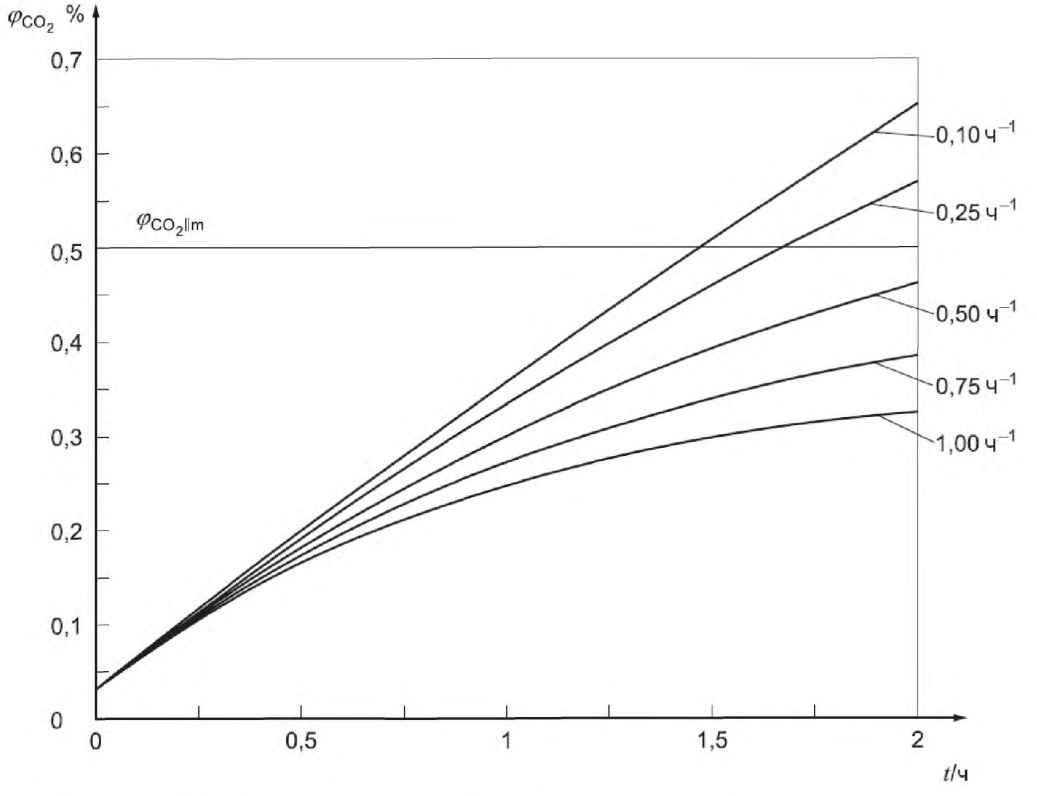
$$n = \frac{N \cdot q_{V,CO_2}}{10V[\varphi_{CO_2,(t\to\infty)} - \varphi_{CO_2(атм)}]}. \quad (A.2)$$

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

Пример – Школьный кабинет объемом 146 м^3 используют для проведения уроков для 20-28 учеников.

При $\varphi_{CO_2(атм)}$ = 0,03 об.%, V = 146 м^3 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, $\varphi_{CO_2(окр)}$ = 0,03 об.%, N = 25 и q_{V,CO_2} = 20 л/ч был бы необходим уровень воздухообмена n = 2,85 ч$^{-1}$.



φ_{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: - 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:* gost.e-ecolog.ru */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 EH 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.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru