ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 16000-15 — 2012

ВОЗДУХ ЗАМКНУТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Часть 15

Отбор проб при определении содержания диоксида азота (NO_2)

ISO 16000-15:2008

Indoor air – Part 15 – Sampling strategy for nitrogen dioxide (NO_2)

(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.0 – 2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного, перевода на русский язык 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 2012 г. №

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 16000-15:2008 «Воздух замкнутых помещений. Часть 15. Отбор проб при определении содержания диоксида азота (NO_2)» (ISO 16000-15:2008 «Indoor air – Part 15 – Sampling strategy for nitrogen dioxide)», IDT).

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

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «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

© Стандартинформ, 2014

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 содержания загрязняющих веществ в воздухе замкнутых помещений, а также положения, которые необходимо учитывать до и во время отбора проб конкретных загрязняющих веществ или их групп.

В настоящем стандарте описаны основные положения, которые необходимо учитывать при планировании отбора проб для измерения содержания диоксида азота в воздухе замкнутых помещений. Настоящий стандарт предназначен для обеспечения связи между ИСО 16000-1 и методиками измерений.

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 и помещения другого назначения); кабины транспортных средств и общественного транспорта.

Методология отбора проб, приведенная в настоящем стандарте, основана на VDI 4300-5 [2].

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВОЗДУХ ЗАМКНУТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Часть 15

Отбор проб при определении содержания диоксида азота (NO_2)

Indoor air. Part 15. Sampling strategy for nitrogen dioxide.

Дата введения – 2013 – 12 – 01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные положения, которые необходимо учитывать при планировании измерений содержания диоксида азота 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 методология измерений может привести к искажению истинного состояния или, в худшем случае, получения ошибочных результатов.

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 15: Sampling strategy for nitrogen dioxide)

3 Свойства, происхождение и распространенность диоксида азота

Диоксид азота (NO_2, CAS № 10102-44-0) является одним из важных представителей группы азотистых газов или оксидов азота. NO_2 – красно-бурый газ с запахом от сладковатого до едкого, содержащий небольшое количество бесцветного димера N_2O_4. Информацию о свойствах NO_2 и его влиянии на человеческий организм можно найти в литературе (см. [3], [4], [5], [6] и [7]).

Издание официальное

Оксиды азота (NO_x) образуются во всех процессах горения азота в кислороде. Основным продуктом горения является монооксид азота (NO), небольшая доля которого вступает в последующую реакцию с кислородом с образованием диоксида азота. Это экзотермическая реакция, поэтому охлаждение отходящих газов процессов горения способствует образованию вторичного NO_2.

Источниками наиболее интенсивного выделения NO_2 в атмосферный воздух являются тепловые электростанции, автомобили, промышленные системы нагрева и отопительные системы зданий. NO_2 в воздух замкнутых помещений проступает от источников горения, таких как отопительная система и использование для приготовления пищи твердого (древесина, уголь), жидкого (нефть, керосин) или газообразного топлива [бытовой газ, природный газ, газ в баллонах (пропан, бутан)], особенно на начальной стадии нагрева. Нагревательные устройства, при работе которых происходит выделение продуктов горения непосредственно в воздух замкнутого помещения, могут быть особенно сильными источниками NO_2. Имеются опубликованные результаты определения содержания NO_2 в воздухе замкнутых помещений (см. [4], [8] и [9]). На основе этих результатов можно сделать вывод, что в зависимости от конкретных условий[1)] средняя массовая концентрация NO_2 в воздухе замкнутых помещений может составлять от 10 до 800 мкг/м^3.

На полученную оценку содержания NO_2 в воздухе замкнутого помещения влияют частота, продолжительность и интенсивность процессов горения в помещении. Кратность воздухообмена с атмосферным воздухом и содержание NO_2 в нем влияют на содержание NO_2 в воздухе замкнутого помещения. Кроме того реакции разложения, т.е. реакции с участием материалов и поверхностей замкнутого помещения, приводят к уменьшению содержания NO_2 в воздухе.

Интенсивность выделения NO_2 устройствами, работающими на газу или керосине, может значительно изменяться. Так например, при одинаковой производительности работы керосиновых нагревателей (см. [10]) выделяется в четыре раза больше NO_2, чем при работе газовых нагревателей (см. [11]). Содержание выделяемого при этом NO_2 необходимо учитывать, особенно если газообразные продукты сгорания попадают в воздух замкнутого помещения, как в случае негерметичных вытяжных вентиляционных систем. Табачный дым также может быть источником NO_2.

[1)] В некоторых литературных источниках содержание NO_2 также представляют в единицах молярной доли (массовая концентрация 1 мг/м^3 соответствует 0,53 млн$^{-1}$ при температуре 293 К и давлении 1,013 бар).

4 Нормы содержания диоксида азота

В таблице 1 приведены нормы содержания NO_2 в воздухе, установленные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [5], [6], нормы, используемые в ad hoc WG IRK/AOLG[1)] [12] при оценке риска, и максимальные значения содержания NO_2 для оценки воздействия MIK (ориентировочные значения) [3]. Кроме того, в таблице приведены предельные значения содержания NO_2 в атмосферном воздухе. Однако необходимо однозначно понимать, что предельные значения содержания NO_2 для атмосферного воздуха не следует использовать при оценке качества воздуха замкнутых помещений, и они приведены в качестве информации, поскольку воздух замкнутых помещений и атмосферный воздух взаимодействуют вследствие воздухообмена, как было отмечено выше.

Таблица 1 – Критерии оценки содержания диоксида азота

Значение	Продолжительность измерения	Массовая концентрация, мкг/м^3	Область действия	Ссылка
ВОЗ	1 ч	200	Воздух замкнутых помещений / атмосферный воздух	WHO (2000) [5] и WHO (2006) [6]
ВОЗ	Среднегодовое значение	40	Воздух замкнутых помещений / атмосферный воздух	WHO (2000) [5] и WHO (2006) [6]
MIK [a)]	1 г. 24 ч	20 50	Воздух замкнутых помещений / атмосферный воздух	VDI 2310-12 [3]
Ad hoc WG IRK/AOLG	0,5 ч	350	Воздух замкнутых помещений	[12]

[1)] Ad hoc WG IRK/AOLG – working group Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden (специальная рабочая группа, созданная Комиссией по гигиене воздуха замкнутых помещений Федеральной экологической службы и Министерства здравоохранения Германии).

Окончание таблицы 1

Значение	Продолжительность измерения	Массовая концентрация, мкг/м^3	Область действия	Ссылка
Ad hoc WG IRK/AOLG	1 неделя	60	Воздух замкнутых помещений	[12]
Предельное значение [b)]	1 ч 1 г.	200 40	Атмосферный воздух	Директива 1999/30/ЕС [13][1)]
Национальный стандарт США по качеству воздуха	1 г. (годовое среднее арифметическое)	100	Атмосферный воздух	Агентство по защите окружающей среды 40 CFR Часть 50 [14]
Калифорнийские стандарты по качеству воздуха	1 ч 1 г. (годовое среднее арифметическое)	340 (0,18 млн$^{-1}$)[c)] 57 (0,030 млн$^{-1}$)[c)]	Атмосферный воздух	[15]
Японские стандарты в области качества окружающей среды	1 ч	113 (0,06 млн$^{-1}$)	Атмосферный воздух	[16]

[a)] МІК (максимальное содержание выделенного NO_2 в воздухе), которое при его применении защищает индивидуума и окружающую его среду лучшим образом на основе существующих знаний, полученных в соответствии с необходимыми критериями.

[b)] Массовая концентрация 200 мкг/м^3 не может быть превышена больше восемнадцати раз в год. Дата, вплоть до которой эти предельные значения должны соответствовать требованиям во всех странах Евросоюза: 1 января 2010 г.

[c)] В скобках приведено значение молярной доли. Оно не должно быть превышено. Значения одобрены советом по использованию ресурсов атмосферы в феврале 2007 г.

[1)] Директива 1999/30/ЕС заменена директивой 2008/50/ЕС (массовая концентрация, мкг/м^3, 200 и 40 заменена на 140 и 32 соответственно).

5 Методика измерений

5.1 Общие положения

Существует ряд методик определения содержания NO_2 в воздухе замкнутых помещений. В принципе их можно разделить на методики, основанные на кратковременных и долговременных измерениях. Ручные методы анализа используют при кратковременных измерениях, а диффузионные пробоотборники – часто при долговременных измерениях. При применении диффузионных пробоотборников аналитическая часть в значительной степени подобна используемой при ручном методе анализа. Кроме того, приборы для непрерывного мониторинга атмосферного воздуха могут быть использованы при кратковременных или долговременных измерениях. Однако стоимость таких приборов и шумы, издаваемые ими при работе, могут быть препятствием для их использования в замкнутых помещениях. Если имеются индикаторные трубки с достаточно низким пределом обнаружения и хорошей прецизионностью (см. 5.4), то их можно использовать при стрининговом определении содержания NO_2 в воздухе замкнутого помещения.

Аналитические методы определения диоксида азота, подходящие для использования в замкнутых помещениях, описаны в 5.2. Автоматические измерительные системы, прошедшие типовые испытания применительно к определению NO_2, также могут быть использованы в аналитических целях (например, основанные на хемилюминесцентном методе).

Кроме методов, описанных в настоящем стандарте, следует оценить пригодность и надежность более современных, например основанных на применении амперометрических датчиков.

5.2 Кратковременные измерения

Кратковременные измерения обычно проводят в течение приблизительно одного часа. Для измерения кратковременного пикового содержания в области необходим аналитический прибор непрерывного действия с высоким временным разрешением (от 10 до 20 с). В ИСО 7996 [17] и ASTM D3824 [18] приведены методики непрерывного мониторинга, основанные на методе хемилюминесценции. В качестве альтернативы используют ручные методики, в которых предусмотрен активный отбор проб NO_2 с применением аспираторов для просасывания воздуха через сорбент. Измерения следует выполнять в соответствии с ИСО 6768 [19], ASTM D1607-91 [20] или VDI 4301-1 [21]. Это референтные ручные фотометрические методы

(аналогичные методу Зальцмана[1]), имеющие небольшие различия. При их применении получают значение содержания аналита, усредненное за время отбора проб, но они не позволяют определять значение пикового содержания. Следует отметить, что три референтных фотометрических метода (аналогичные методу Зальцмана) используют только в том случае, если в исследуемом воздухе нет табачного дыма. Табачный дым оказывает мешающее влияние, вступая в химические реакции, поэтому его следует удалять, проветривая помещение перед началом отбора проб.

5.3 Долговременные измерения

В принципе любые приборы непрерывного действия подходят для долговременных измерений, но, учитывая вышеуказанные проблемы, предпочтительно применять диффузионные пробоотборники (см. приложение А). Принцип действия систем концентрирования такого типа основан на диффузии вещества на материал сорбента. С использованием диффузионных пробоотборников получают суммарное содержание NO_2 для конкретного периода времени (от нескольких часов до нескольких дней). Пиковые содержания будут учтены в усредненном за конкретный период времени значении.

В литературе описываются диффузионные пробоотборники для NO_2, а также методы оценки их характеристик (см. приложение А). Для эпидемиологических исследований с охватом большого числа мест подходят диффузионные пробоотборники, поскольку они просты в использовании и малозаметны при ежедневной привычной эксплуатации помещения. При необходимости их также можно закрепить на одежде тестируемых индивидуумов и, таким образом, получить информацию о воздействии на конкретного индивида. Поскольку NO_2 под действием УФ-излучения становится химически активным, в помещение, где находятся диффузионные пробоотборники не должен попадать солнечный свет.

Руководство по выбору и техническому обслуживанию диффузионных пробоотборников приведено в ЕН 13528-3 [22]. При использовании диффузионных пробоотборников методика должна быть полностью документирована вместе с характеристиками и неопределенностями измерений.

5.4 Скрининговые измерения

Скрининговые (предварительные) измерения обеспечивают быстрое, хотя не обязательно точное и достоверное, определение содержания NO_2. К критериям вы-

[1] Химический метод Зальцмана сводится к фотометрическому определению нитрит-ионов, образующихся при пропускании воздуха через реактив Зальцмана.

бора методик таких стрининговых измерений относятся достаточно низкий предел обнаружения (например максимум 50 мкг/м^3) и соответствующая погрешность (например 25 %). Можно применять серийно выпускаемые индикаторные трубки и диффузионные пробоотборники с прямым отсчетом, соответствующие этим критериям. Они относительно просты в обращении и обеспечивают получение результатов для планирования дальнейших измерений. Результаты скрининговых измерений могут быть использованы при принятии решения о необходимости дальнейших измерений. В некоторых случаях результаты скрининговых измерений могут привести к выводу о том, что дальнейшие измерения не требуются (см. приложение В). Содержание NO_2, близкое к заданной норме или ее превышающее, будет сигналом к необходимости проведения дальнейших измерений в соответствии с 5.2.

Скрининговые измерения следует проводить с учетом приведенных выше положений для разработки конкретной методики их проведения. Примеры скрининговых измерений приведены в приложении В.

6 Планирование измерений

6.1 Общие положения

В разделе 3 отмечено, что наличие NO_2 в воздухе замкнутого помещения, в основном, обусловлено процессами горения с открытым пламенем. Из чего можно заключить, что процессы, связанные с ведением домашнего хозяйства, будут главным предметом соответствующих исследований. В данном случае необходимо учитывать в качестве важных факторов характеристики источников выделения (большинство из них являются точечными источниками периодического действия) и влияние атмосферного воздуха, обусловленное воздухообменом. Результаты скрининговых измерений являются важной составляющей планирования измерений.

6.2 Цель измерений и граничные условия

6.2.1 Общие положения

Перед проведением измерений в воздухе замкнутых помещений необходимо четко определить их цель. Содержание NO_2 в воздухе замкнутого помещения определяют с целью:

а) проверки соответствия [проверка соответствия норме (например при поступлении жалоб от населения)];

b) научного исследования [исследования влияния загрязнения воздуха замкнутого помещения на здоровье его обитателей (например в рамках эпидемиологических исследований)];

c) определения отношения содержания NO_2 в воздухе замкнутого помещения к его содержанию в атмосферном воздухе.

6.2.2 Проверка соответствия

При сравнении данных, приведенных в таблицах 1 и 2, можно обнаружить значения содержания, превышающие предельно допускаемые значения. По этой причине важно проводить контроль уровня содержания NO_2 относительно значения его ПДК. Если есть подозрение, что значение ПДК было превышено, то следует проводить измерения при условиях, для которых ПДК было установлено.

Из-за периодического характера использования обычных источников выделения NO_2 его содержание в воздухе замкнутого помещения следует определять при условиях эксплуатации помещения. Поскольку эти условия изменяются, необходимо учитывать особенности деятельности обитателей помещения по отношению к интенсивности выделения NO_2 источниками и документировать их при планировании измерений. При поступлении жалоб от обитателей помещения должно быть учтено, что их деятельность влияет на выделение NO_2 (в том числе деятельность, связанная с приготовлением пищи и режимами работы обогревателей, влияющими на температуру в помещении). Таким образом, при планировании измерений необходимо тщательно изучать эти проблемы.

Для улучшения систематизации результатов измерений и для лучшего понимания ситуации с целью внесения предложений по проведению корректирующих мероприятий:

- рекомендуется проводить и при необходимости повторять измерения при особенно неблагоприятных условиях, например при функционировании всех имеющихся источников NO_2,

- если при различных условиях поступают специфические жалобы от обитателей помещения относительно какой-то его части, то следует провести измерения и при этих условиях для выяснения причин, и

- при исследовании помещений с системой кондиционирования воздуха перед отбором проб система должна проработать в течение 3 ч при обычном режиме эксплуатации.

Если предлагаемые корректирующие мероприятия по снижению содержания NO_2 требуют внесения изменений в деятельность обитателей помещения, то они

должны быть реализуемы на практике и представлены в форме, приемлемой для пользователя после завершения программы измерений.

6.2.3 Поисковые исследования

Важным первым этапом поисковых исследований, связанных с определением содержания NO_2 или его воздействием, является установление четкой цели измерений. В последние годы воздействие NO_2 на несколько групп населения изучалось в различных исследованиях, в том числе воздуха замкнутых помещений, а подробно было изучено влияние работы газовых плит в жилых домах (см. [8] и [23]). Исследования показали, что уровни содержания NO_2 в воздухе замкнутого помещения и в атмосферном воздухе различаются от пользователя к пользователю, от помещения к помещению и от времени, так что тщательное планирование измерений является чрезвычайно важным. Также важен предмет исследования: например, влияние кратковременных пиков содержания NO_2 или усредненное воздействие за относительно длительный период времени. В первом случае предполагается использование автоматических приборов для мониторинга и выбор времени измерения и его продолжительности в зависимости от характеристик режима использования источника выбросов; во втором случае обычно достаточно использовать диффузионные пробоотборники.

После определения задач и конкретных целей исследований необходимо собрать исходную информацию. Например, информацию о влиянии NO_2 на здоровье можно получить на основе экспериментов в климатической камере при контролируемых условиях и результатов эпидемиологических исследований в реальных условиях [3]. Эксперименты в камере обычно направлены на определение сильного влияния относительно высокого содержания опасного вещества, наблюдаемого в течение относительно короткого периода времени. В отличие от этого при эпидемиологических исследованиях влияние часто связано со средним содержанием, определенным за более длительный период, поскольку ввиду особенностей анализа не может быть получено высокое разрешение значений содержания по времени. Кроме того, при необходимости могут быть проведены дополнительные исследования воздействия на рабочем месте, обычно с учетом высоких уровней содержания опасного вещества.

Измерения следует проводить в климатических условиях, характерных для обычной эксплуатации исследуемого помещения. Эти условия должны быть в пределах диапазона комфортных условий [24]. Если это невозможно, например в кух-

нях, где может увеличиваться температура за счет применения бытовых приборов, то при практическом применении условия могут отличаться от комфортных. Во всех случаях отклонения от комфортных условий должны быть оценены и документированы. Подобным образом следует документировать тип источников интенсивного выделения NO_2 и продолжительность их действия во время отбора проб.

Поскольку при применении диффузионных пробоотборников период отбора проб обычно составляет от суток до недели, особая предварительная подготовка помещения не требуется. В каждом случае для определения характеристик используемого пробоотборника необходимо провести испытания для проверки стабильности поглощающей среды и того, что за предусмотренный период отбора проб будет отобрано достаточное количество вещества.

Поскольку при использовании диффузионных пробоотборников можно определить только содержание, усредненное за длительный период (см. 5.3), по методике, описанной в настоящем стандарте, пиковые содержания определить нельзя.

6.2.4 Определение соотношения содержаний диоксида азота в воздухе замкнутого помещения и атмосферном воздухе

В отличие от большинства органических загрязнителей воздуха замкнутых помещений NO_2 также может присутствовать в увеличенном количестве в атмосферном воздухе, что, таким образом, может привести к более высокому содержанию NO_2 в воздухе замкнутых помещений. Этого можно ожидать особенно в тех случаях, когда исследуемое замкнутое помещение расположено близко к узкой улице с интенсивным дорожным движением. В этом случае рекомендуется измерять содержание NO_2 в воздухе замкнутого помещения одновременно с измерением его содержания в атмосферном воздухе. Результат может быть использован при составлении инструкций по проветриванию помещения.

Отношение содержания NO_2 в воздухе замкнутого помещения (I) к его содержанию атмосферном воздухе (A) позволяет получить информацию об источниках, влияющих на воздух замкнутых помещений: если отношение меньше единицы, то преобладают источники в атмосферном воздухе; если больше единицы, то это указывает на источники, находящиеся в самом помещении. Однако это правило справедливо не для всех условий. Оно не действует например если:

- рассматривают только результат отдельного кратковременного измерения (это вполне возможно при соотношении I/A гораздо больше чем 1(единица) и при отсутствии источника NO_2 в помещении: если содержание NO_2 в атмосферном воздухе быстро уменьшается в течение короткого периода, например из-за изменения

направления ветра, то в замкнутом помещении в течение короткого периода еще может наблюдаться более высокое содержание NO_2);

- измерения по оценке качества атмосферного воздуха проводят не в непосредственной близости от здания;

- происходит натекание NO_2 в помещение в место с очисткой или фильтрацией NO_2 из атмосферного воздуха конструкцией здания. Если источник в замкнутом помещении проявляет активность нечасто и при этом проводятся долговременные измерения, то соотношение I/A может быть меньше единицы, даже если оно значительно больше единицы в период активности источника.

6.3 Время измерений

Время измерений определяется их целью (см. 6.2). При выборе подходящего времени измерений следует также учитывать изменения содержания, происходящие за относительно длительные периоды времени (например годичные изменения, изменения, связанные с отопительным сезоном), а также кратковременные по своей природе изменения содержания (эксплуатация газовой плиты, табачный дым, проветривание).

6.4 Продолжительность отбора проб и периодичность измерений

Продолжительность измерений также определяется их целью (см. 6.2). Периодичность измерений следует учитывать при составлении плана измерений в соответствии с их целью и она должна основываться на неопределенности измерения (см. 6.6) и необходимости обнаружения пиковых значений. Информация о влиянии периода усреднения на значения содержания была взята из [25] (см. таблицу 2). Данные были получены на основе непрерывно регистрируемых результатов измерений, усредненных для различных периодов. Во время этого эксперимента массовая концентрация NO_2 в атмосферном воздухе составляла от 25 до 70 мкг/м^3. По результатам видно, что диапазон значений содержания NO_2, усредненных для кратковременного периода, может быть значительно шире, чем для долговременного периода, для рассматриваемых периода времени и места.

Таблица 2 – Диапазон значений максимального содержания NO_2 для периодов отбора проб 1 мин, 1 ч и 24 ч при усреднении для 12 жилых домов, исследованных в соответствии с [25]

Местоположение	Максимальная массовая концентрация, мкг/м^3, усредненная за		
	1 мин	1 ч	24 ч
Кухня	От 400 до 3800	От 230 до 2000	От 50 до 480
Гостиная комната	От 200 до 1000	От 100 до 900	От 50 до 260
Ванная комната	От 60 до 800	От 50 до 700	От 20 до 100

По результатам исследований, проведенных в США [27], была выявлена аналогичная закономерность при рассмотрении зависимости между значениями содержания NO_2, полученными усреднением за 24 ч (максимальное значение для периода 24 ч составило 800 мкг/м^3), и соответствующим среднегодовым значением (200 мкг/м^3) на основе данных, полученных в 1960-х гг [26].

6.5 Место проведения измерений

Обычно для помещения достаточно одной точки отбора проб; ее следует располагать на высоте 1,50 м от пола и на расстоянии (1 – 2) м от стен. В кухнях во время работы бытовых газовых приборов следует ожидать образования градиентов содержания (см. [28] и [29]). При необходимости в этом случае может быть полезным получение информации об условиях обтекания воздушным потоком. Условия обтекания потоками воздуха могут быть определены с помощью портативного анемометра. Для исследования рассеяния и распределения NO_2 в помещении и для выявления источников его выделения могут быть проведены скрининговые измерения с использованием индикаторных трубок с прямым отсчетом. В план отбора проб всегда следует включать измерение на наиболее обитаемом жителями участке помещения.

Если при решении конкретных задач результаты измерений показателей качества воздуха замкнутого помещения необходимо сравнить со значениями для атмосферного воздуха, то его отбирают в непосредственной близости от исследуемого помещения (например на балконе или за окном, не открываемом при проветривании).

Если у наружной стены помещения находится топка, то при выборе точки для измерений следует учитывать влияние выходящего отработанного воздуха на атмосферный воздух, поступающий в помещение.

В зданиях с механическим забором атмосферного воздуха в систему кондиционирования следует проводить измерения показателей качества атмосферного воздуха в непосредственной близости от воздухозаборного отверстия.

6.6 Представление результатов и неопределенность измерений

При планировании измерений должна быть определена их неопределенность, а также метрологические характеристики, включаемые в протокол.

Наличие неопределенностей измерений неизбежно. В основном, они обусловлены как тем, что число измерений всегда ограничено, так и неопределенностями, присущими аналитическому определению. Диапазон значений неопределенности результата измерения уменьшается при увеличении числа параллельных измерений. Однако представительность результата отдельного или параллельных измерений следует рассматривать в пределах изменений содержания во времени и пространстве. Если результат измерения близок к значению ПДК, то рекомендуется провести повторное измерение.

Если выполнялись параллельные измерения, то вместе со средним значением в протоколе измерений приводят также отдельные значения. В этом случае, стандартное отклонение подходит для представления его в качестве неопределенности измерений.

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

При применении диффузионных пробоотборников в протоколе измерений приводят формулу, используемую для вычисления результата измерения.

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

6.7 Обеспечение качества

В зависимости от цели измерений следует определить процедуру подготовки помещения перед проведением измерений, время измерений, продолжительность отбора проб, периодичность, а также место их отбора. Кроме того необходимо, чтобы до и во время измерений соблюдалось и регистрировалось соответствие установленным пограничным условиям, относящимся, в основном, к состоянию системы вентиляции и оформлению документации, содержащей описание источников, выде-

ляющих диоксид азота в замкнутом помещении и в непосредственной близости от здания. Форму протокола измерений следует определить при планировании измерений. Общие указания, касающиеся информации, которая должна заноситься в протокол во время проведения измерений показателей качества для воздуха замкнутого помещения, приведено в ИСО 16000-1, приложение D.

Для обеспечения качества результатов измерений в каждую серию анализов включают анализ холостой пробы. Трудоемкость анализа должна быть соразмерна с целью измерений. При использовании диффузионных пробоотборников в каждом помещении должно быть размещено не менее двух.

Требования к качеству измерений, предъявляемые клиентом, должны быть определены при планировании измерений.

Чтобы выбрать и определить компоненты системы менеджмента качества при разработке методологии отбора проб должны быть поставлены следующие вопросы:

- имеет ли аналитическая лаборатория документированную систему обеспечения качества (например по ИСО/МЭК 17025 [30])?

- какие применяются процедуры калибровки, насколько часто и широко?

- необходимо ли выполнять рассредоточенные измерения?

- каким образом проводят оценку неопределенности измерения (например по ISO GUM 98 [31])?

- участвует ли лаборатория в межлабораторных испытаниях?

Приложение А
(справочное)

Информация по диффузионным пробоотборникам

Для отбора проб NO_2 на основе диффузии Палмсом впервые был применен триэтаноламин (см. [32], [33], [34] и [35]). Диффузионный пробоотборник представляет собой небольшой кусок плексигласовой трубки, на одном конце которого закреплена сетка из нержавеющей стали с нанесенным триэтаноламином (применялись также фильтры из целлюлозы или стекловолокна). Диоксид азота экстрагируют со стальных сеток водой после экспозиции пробоотборника. Полученный экстракт используют для фотометрического определения NO_2, например методом Зальцмана [19]. Предел обнаружения NO_2 при экспозиции пробоотборника в течение 24 ч составляет 28 мкг/м^3, а в течение 1 недели – 4 мкг/м^3. После экспозиции диффузионный пробоотборник может быть отправлен по почте и (в запечатанном контейнере) храниться при комнатной температуре до шести месяцев (см. [36]).

Были разработаны другие диффузионные пробоотборники, основанные на тех же принципах, что и трубки Палмса, но более чувствительные и дающие более воспроизводимые результаты; поэтому часто используют более современные диффузионные пробоотборники (см. [37], [26] и [27]). Для анализа часто используют ионную хроматографию.

Диффузионные пробоотборники следует испытывать в помещении с использованием независимого метода [19] (см. также [38] и [39]). При проведении испытаний следует учитывать любые влияния температуры, относительной влажности и движения воздуха. Для работы диффузионных пробоотборников необходима определенная минимальная линейная скорость потока воздуха: для трубок Палмса – от 0,05 до 0,1 м/с (см. [40]), для пробоотборников типа бейджа – 0,1 м/с (см. [41]), поскольку вещество из окружающей среды попадает на сорбционную среду посредством диффузии в системе, а не за счет работы побудителя расхода, как в случае активного отбора проб. Если из-за слабого движения воздуха недостаточное число молекул NO_2 переместится к трубке, то воздух в непосредственной близости от пробоотборника будет обеднен искомым веществом, что приведет к получению заниженного содержания (см. [42]). Степень влияния этого эффекта зависит от конструкции пробоотборника.

Приложение В
(справочное)

Примеры скрининговых измерений

В.1 Общие положения

С помощью скрининговых измерений можно быстро получить информацию о загрязнении воздуха без привлечения дорогостоящих методик анализа. Они являются важным инструментом для компенсации недостатка информации. На основе их результатов можно сделать заключение о необходимости и объеме дальнейших измерений. При проведении скрининговых измерений еще могут уточняться детали проведения будущих измерений.

В.2 Индикаторные трубки с прямым отсчетом

С помощью индикаторных трубок с прямым отсчетом измеряют массовую концентрацию диоксида азота в диапазоне от 48 мкг/м^3 до 19,1 мг/м^3 (от 0,025 млн$^{-1}$ до 10 млн$^{-1}$). Типичные серийно выпускаемые устройства реагируют на присутствие в воздухе NO_2 изменением окраски слоя сорбента в трубке. Измерительная система состоит из индикаторной трубки и воздуходувки для просасывания пробы воздуха через трубку. Индикаторная трубка заполнена гранулированным сорбентом, пропитанным N,N-дифенилбензидином для обнаружения NO_2 (см. [43]). Объем воздуха, просасываемого через индикаторную трубку с помощью побудителя расхода, зависит от содержания NO_2 в пробе воздуха.

Таблица В.1 – Объем пробы и диапазон измерений содержания диоксида азота при его определении обычной индикаторной трубкой

Диапазон показаний NO_2, млн$^{-1}$	Объем пробы воздуха, л	Подтвержденный диапазон измерений, млн$^{-1}$	Оценка, млн$^{-1}$	Стандартное отклонение, %
От 0,5 до 10	0,5	От 0,5 до 10	Показание	От 10 до 15
От 0,25 до 1	1	От 0,5 до 2	Показание: 2	От 10 до15
От 0,05 до 0,2	5	От 0,5 до 2	Показание: 10	30
От 0,025 до 0,1	10	От 0,5 до 2	Показание: 20	30

В присутствии диоксида азота протекает следующая реакция:

$$NO_2 + C_6H_5{-}NH{-}C_6H_4{-}C_6H_4{-}NH{-}C_6H_5 \rightarrow P,$$

где P – продукт реакции, окрашенный в голубовато-серый цвет.

Если в воздухе присутствует NO_2, то будет происходить изменение окраски с бледно-серой на голубовато-серую. Длина окрашенного участка трубки служит мерой содержания NO_2 и может быть определена по шкале трубки. Если изменение окраски не происходит или, если показание значительно ниже принятого предельно-допускаемого значения, то дальнейшие измерения не проводят. Мешающими веществами будут хлор и озон, также вступающие в реакцию. Монооксид азота приведенным методом не обнаруживается.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации

Таблица А.1

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 стандартов: IDT– идентичный стандарт.		

Библиография

[1] Sondergutachten Juni 1987: *Luftverunreinigungen in Innenräumen. Gutachten des Rates für Umweltfragen.* Stuttgart: Metzler-Poeschel Verlag, Germany

[2] VDI 4300-5 *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie für Stickstoffdioxid (NO_2)*

[3] VDI 2310-12 *Maximale Immissions-Werte zum Schutz des Menschen — Maximale Immissions-Konzentrationen für Stickstoffdioxid*

[4] European Concerted Action (ECA) — *Indoor Air Quality & its Impact on Man* — Report No. 3 Indoor Pollution by NO_2 in European countries, EUR 12219 EN. Luxembourg: Office for Publication of the European Communities, 1989

[5] *Air Quality Guidelines for Europe,* 2nd ed. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 2000

[6] *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide — Global update 2005 — Summary of risk assessment.* World Health Organization, Geneva, 2006

[7] Kotzias, D., Koistinen, K., Kephalopoulos, S., Schlitt. C., Carrer, P., Maroni, M., Jantunen, M., Cochet, C., Kirchner, S., Lindvall. T., McLaughlin. J., Molhave, L., De Oliveira Fernandes, E. and Seifert, B. *The Index project; Critical appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU.* Report EUR 21590EN, European Commission, 2005

[8] *Indoor Air Quality — A comprehensive reference book.* (ed. Maroni, M., Seifert, B. and Lindvall, T.), Amsterdam, Elsevier, 1995

[9] Raw, G., Coward. S., Brown. V. and Crump. D. Exposure to air pollutants in English homes. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, **14**, S 85-S 94, 2004

[10] Yamanaka, S., Hirose, H. and Takada, S. Nitrogen oxides emissions from domestic kerosene-fired and gas-fired appliances. *Atmos. Environ.*, **13**, 1979, pp. 407-412

[11] Apte, M.G. and Traynor, G.W. *Comparison of pollutant emission rates from unvented kerosene and gas space heaters.* LBL Report 21571, presented at IAQ '86: Managing Indoor Air for Health and

Energy Conservation, Atlanta, GA, 20-23 April 1986

[12] Englert, N. Richtwerte für die Innenraumluft: Stickstoffdioxid. *Bundesgesundhbl.*, **98**(1), pp. 9-12

[13] Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air, *Official Journal of the European Communities*, 29.6.1999, **L 163**, p. 41

[14] Environmental Protection Agency 40 CFR Part 50 (see http://www.epa.gov/air/criteria.html)

[15] California Ambient Air Quality Standards (see http://www.arb.ca.gov/research/aaqs/caaqs/no2-1/no2-1.htm)

[16] Ministry of the Environment, Government of Japan, *Environmental Quality Standards about the environmental quality concerning nitrogen dioxide* (Notification on July 11, 1978)

[17] ISO 7996 *Ambient air — Determination of the mass concentration of nitrogen oxides — Chemiluminescence method* (ИСО 7996, Атмосферный воздух. Определение массовой концентрации оксидов азота. Хемилюминесцентный метод)

[18] ASTM D3824-95 (2005), *Standard Test Methods for Continuous Measurement of Oxides of Nitrogen in the Ambient or Workplace Atmosphere by the Chemiluminescent Method*

[19] ISO 6768 *Ambient air — Determination of mass concentration of nitrogen dioxide — Modified Griess-Saltzman method* (ИСО 6768, Атмосферный воздуха. Определение массовой концентрации диоксида азота. Модифицированный метод Грисса-Зальцмана)

[20] ASTM D1607-91(2005) *Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere*
(Griess-Saltzman Reaction)

[21] VDI 4301-1 *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messen der Stickstoffdioxidkonzentration — Manuelles photometrisches Verfahren (Saltzman)*

[22] EN 13528-3 *Ambient air quality — Diffusive samplers for the determination of concentrations of gases and vapours — Requirements and test methods — Part 3: Guide to selection, use and maintenance* (EH 13528-3, Качество атмосферного воздуха. Диффузионные пробо-

отборники, используемые при определении содержания газов и паров. Требования и методы испытаний. Часть 3. Руководство по выбору, использованию и техническому обслуживанию

[23] *Indoor Air Pollution — A Health Perspective* (ed. Samet, J.M. and Spengler, J.D.), Baltimore, London, Johns Hopkins Univ. Press, 1991

[24] EN 13779 *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)

[25] Lebret, E., Noy, D., Boleij, J. and Brunekreef, B. *Real-time concentration measurements of CO and NO_2 in twelve homes*. In: B. Seifert, H. Esdorn, M. Fischer, H. Rüden, J. Wegner (Eds.): Indoor Air '87 — Proc. 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Berlin (West), 17-21 August 1987, Vol. 1, Institute for Water, Soil and Air Hygiene, Berlin, pp. 435-440

[26] Larsen, R.I. A new model of air pollutant concentration averaging time and frequency. *J. Air Pollution Control Association*, **19**, 1969, pp. 24-30

[27] Babcock, L.R. and Nagda, N.L. *Popex: Ranking Air Pollution Sources by Population Exposure*. EPA-600/2-76-063. U.S.Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1976

[28] Seifert, B. *A sampling strategy for the representative characterisation of the chemical composition of indoor air*. In: B. Berglund, T. Lindvall and J. Sundell (Eds.): Indoor Air '84 — Proc. 3rd International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Stockholm, 20-24 August 1984, Vol. 4, Swedish Council for Building Research, Stockholm, pp. 177-181

[29] Goldstein, I.F., Hartel, D. and Andrews, L.R. Assessment of human exposure to nitrogen dioxide, carbon monoxide and respirable particulate in New York inner-city residences. *Atmos. Environm.*, **22**, 1988, pp. 2127-2139

[30] ISO/IEC 17025 *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories* (ИСО/МЕК 17025, Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лаборато-

рий)

[31] ISO/IEC Guide 98-3[3)] *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement* (GUM:1995) [ИСО/МЭК Guide 98-3:2008, Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения (GUM:1995)]

[32] Palmes, E.D. and Lindenboom, R.H. Ohm's law, Fick's law, and diffusion samplers for gases. *Anal. Chem.*, **51**, 1979, pp. 2400-2401

[33] Hangartner, M., Burri, P. and Huter, C. Passivsammler für Stickstoffdioxid. *Soz. Präv. med.*, **31**, 1986, pp. 239-241

[34] Englert, N., Prescher, K.-E. and Siefert, B. Determination of exposure to nitrogen dioxide with passive samplers in studying respiratory diseases in young children. *Environ. Int.,* **15**, 1989, pp. 137-142

[35] Tomingas, R., and Grover, Y.P. Schadstoffe in Wohnungen mit und ohne Gasanlagen. *Staub — Reinh. Luft*, **50**, 1990, pp. 391-394

[36] Palmes, E.D., Gunnison, A.F., DiMattio, J. and Tomczyk, C. Personal sampler for nitrogen dioxide. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, **37**, 1976, pp. 570-577

[37] Yanagisawa, Y., Determination of nitrogen dioxide by means of the Palmes diffusion tube and the Yanagisawa filter badges. In: *Environmental Carcinogens — Methods of Analysis and Exposure Measurement. Vol. 12 — Indoor Air* (ed. B. Seifert, H.J. van de Wiel, B. Dodet, I.K. O'Neill), IARC Scientific Publ. No. 109, Lyon, 1993, pp. 256-268

[38] EN 13528-1 *Ambient air quality — Diffusive samplers for the determination of concentrations of gases and vapours — Requirements and test methods — Part 1: General requirements* (ЕН 13528-1, Качество атмосферного воздуха. Диффузионные пробоотборники, используемые при определении содержания газов и паров. Требования и методы испытаний. Часть 1. Специальные требования и методы испытаний)

[39] EN 13528-2 Ambient air quality — Diffusive samplers for the determination of concentrations of gases and vapours — Requirements and test methods — Part 2: Specific requirements and test methods (ЕН 13528-2, Качество атмосферного воздуха. Диффузионные пробоотборники, используемые при определении содержания газов

и паров. Требования и методы испытаний. Часть 2. Специальные требования и методы испытаний)

[40] Palmes, E.D., Burton, R.M. (Jr.), Ravishankar, K. and Solomon, J.J. A simple mathematical model for diffusional sampler operation. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, **47**, 1986, pp. 418-420

[41] Lee, K., Yanagisawa, Y., Spengler, J.D., Özkaynak, H. and Billick, I.H. Sampling rate evaluation of NO_2 badge: (I) in indoor environments. *Indoor Air*, **3**, 1993, pp. 124-130

[42] Mulik, J.D., Lewis, R.G., Williams, D.D. and McClenny, W.A. Modification of a high-efficiency passive sampler to determine nitrogen dioxide or formaldehyde in air. *Anal. Chem.*, **61**, 1989, pp. 187-189

[43] Dräger Tube/CMS Handbook, Dräger Safety AG & Co. KGa.A, Lübeck, Germany, 2005

[44] ISO 16017-1 *Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 1: Pumped sampling* (ИСО 16017-1, Воздух атмосферный, рабочей зоны и замкнутых помещений. Отбор проб летучих органических соединений при помощи сорбционной трубки с последующей термодесорбцией и газохроматографическим анализом на капиллярных колонках. Часть 1. Отбор проб методом прокачки)

[45] ISO 16017-2 *Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 2: Diffusive sampling* (ИСО16017-1, Отбор проб летучих органических соединений при помощи сорбционной трубки с последующей термодесорбцией и газохроматографическим анализом на капиллярных колонках. Часть 2. Диффузионный метод отбора проб)

УДК 504.3:006.354 ОКС 13.040.20 Т58

Ключевые слова: воздух замкнутых помещений, диоксид азота, отбор проб, планирование, пробоотборники диффузионные, трубки индикаторные

Подписано в печать 30.04.2014. Формат 60x84 1/8.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»

123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru