ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 11222— 2006

Качество воздуха

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ВОЗДУХА, ПОЛУЧЕННЫХ УСРЕДНЕНИЕМ ПО ВРЕМЕНИ

ISO 11222:2002
Air quality — Determination of the uncertainty of the time average of air quality measurements
(IDT)

Издание официальное

БЗ 12—2005/365

Москва
Стандартинформ
2006

gost.e-ecolog.ru

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 Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ОАО «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 20 апреля 2006 г. № 70-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 11222:2002 «Качество воздуха. Оценка неопределенности измерений характеристик качества воздуха, полученных усреднением по времени» (ISO 11222:2002 «Air quality — Determination of the uncertainty of the time average of air quality measurements»).

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

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, 2006

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Обозначения и сокращения 3
5 Требования к входным данным 4
6 Процедура 6
7 Представление отчета по неопределенности 10
Приложение А (справочное) Пример количественной оценки неопределенности среднемесячного содержания диоксида азота в окружающем воздухе 11
Приложение В (справочное) Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным (региональным) стандартам 16
Библиография 17

Введение

Измеряемые при контроле качества воздуха величины могут значительно изменяться со временем. Для оценивания неопределенности измерений средних по времени данных контроля качества воздуха требуются специальные методы. Метод, изложенный в [1], предусматривающий деление стандартного отклонения результатов измерений на квадратный корень из числа измерений, применим только к величинам, неизменным во времени, и к измерительным системам, для которых не выявлены систематические неопределенности.

Статистическая обработка случайных и систематических отклонений результатов измерений, приведенная в соответствие с концепцией неопределенности измерения, представленной в «Руководстве по выражению неопределенности измерения», основана на общепринятом правиле распространения неопределенности. И хотя в явном виде это не отмечено в «Руководстве по выражению неопределенности измерения», указанная концепция может быть также применима к величинам с явно выраженной временной структурой.

Стандартная неопределенность может быть необходима как показатель качества данных при представлении средних по времени значений по данным мониторинга качества воздуха. Если их можно выделить, то задачи оценивания качества данных могут быть определены отдельно для:

a) неопределенности среднего по времени значения, обусловленной измерительной системой;

b) неопределенности среднего по времени значения, обусловленной неполным охватом временного интервала данными контроля;

c) неопределенности среднего по времени значения, обусловленной ограниченным охватом пространства данными контроля.

Эти неопределенности являются независимыми составляющими средней квадратической неопределенности среднего по времени значения. Согласно настоящему стандарту среднее по времени значение для набора данных по качеству воздуха применимо для оценки качества воздуха в определенном месте, например в пределах трубы, в заданный период времени.

Стандарт не рассматривает неопределенность среднего по времени значения, обусловленную ограниченным охватом пространства данными контроля.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Качество воздуха

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ВОЗДУХА, ПОЛУЧЕННЫХ УСРЕДНЕНИЕМ ПО ВРЕМЕНИ

Air quality.
Determination of the uncertainty of the time average of air quality measurements

Дата введения — 2006—08—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод количественной оценки неопределенности среднего по времени значения для набора данных по качеству воздуха, полученных в назначенном месте, за определенный период времени усреднения. Метод применим к данным по качеству воздуха, полученным при непрерывном или периодическом наблюдении с помощью конкретной измерительной системы. Неопределенность среднего по времени значения зависит как от неопределенности результатов измерений, так и от неопределенности вследствие неполного охвата набором данных контролируемого временного интервала.

Настоящий стандарт применяют, если:

a) набор данных по качеству воздуха, используемый для расчета среднего по времени значения, является представительным по отношению к временной структуре измеряемой величины для определенного периода времени;

b) имеется информация, относящаяся к неопределенности результатов измерений;

c) все результаты измерений получены в одном месте.

Настоящий стандарт реализует положения «Руководства по выражению неопределенности измерения» (GUM).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующий нормативный документ:

GUM:1995 Руководство по выражению неопределенности измерения

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **среднее арифметическое;** среднее (arithmetic mean / average): Сумма значений, деленная на их число.

[ИСО 3534-1:1993, 2.26]

3.2 **суммарная стандартная неопределенность** (combined standard uncertainty): Стандартная неопределенность результата измерений, полученного на основе значений других величин, равная положительному квадратному корню из суммы членов, которыми могут быть дисперсии или ковариации этих других величин, взятые с весами, характеризующими изменение результата измерений под воздействием изменений этих величин.

[GUM:1995, 2.3.4]

Примечание — (Суммарная) стандартная неопределенность результата измерения является положительным квадратным корнем квадрата его суммарной стандартной неопределенности.

Издание официальное

3.3 **ковариация** (covariance): Мера статистической зависимости двух наблюдаемых величин, которые могут быть рассмотрены как случайные переменные.

Примечание — Две наблюдаемые величины имеют отличную от нуля ковариацию, если они коррелированы, т. е. изменение одной величины приводит к изменению другой.

3.4 **коэффициент охвата** (coverage factor): Числовой коэффициент, используемый как множитель суммарной стандартной неопределенности для получения расширенной неопределенности.

[GUM:1995, 2.3.6]

3.5 **расширенная неопределенность** (expanded uncertainty): Величина, характеризующая интервал вокруг результата измерения, в котором, можно ожидать, находится большая часть значений распределения, которые с достаточным основанием могут быть приписаны измеряемой величине.

[GUM:1995, 2.3.5]

Примечание — Если расширенная неопределенность U_p результата измерения X с доверительной вероятностью p задана как $U_p(X)$, можно ожидать, что неизвестное истинное значение X с вероятностью p лежит в интервале $[X - U_p(X); X + U_p(X)]$.

3.6 **влияющая величина** (influence quantity): Величина, не являющаяся объектом измерения, но влияющая на результат измерения.

[GUM:1995, B.2.10]

3.7 **средняя квадратическая неопределенность (результата измерения)** (mean square uncertainty <of a result of measurement>): Квадрат суммарной стандартной неопределенности результата измерения.

Примечание — Средняя квадратическая неопределенность результата измерения может также быть оценена с помощью среднего квадратического отклонения результата измерения на основе материальных мер «истинного» значения.

3.8 **измеряемая величина** (measurand): Конкретная величина, являющаяся объектом измерения.

[VIM:1993, 2.6]

Примечание — В области мониторинга качества воздуха измеряемая величина может значительно зависеть от времени.

3.9 **измерительная система** (measuring system): Совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов и других технических средств с рабочими процедурами, предназначенных для проведения измерений в области качества воздуха.

Примечание — Рабочая процедура включает в себя инструкцию или содержит ссылку на нее по проведению обычной калибровки[1)], если калибровка измерительной системы необходима для ее правильной работы.

3.10 **уравнение модели** (model equation): Математическая модель, с помощью которой ряд наблюдений (повторных) преобразуют в результат измерения.

3.11 **число степеней свободы** (number of degrees of freedom): Обычно число членов суммы минус число ограничений на члены суммы.

[GUM:1995, C.2.31]

3.12 **случайная переменная величина** (random variable): Переменная величина, которая может принимать любое значение из определенного ряда значений и с которой связано распределение вероятностей.

[GUM:1995, C.2.2]

3.13 **образец сравнения** (reference material): Материал или вещество, достаточно однородное в отношении одной или нескольких надежно установленных характеристик, чтобы использовать его при калибровке прибора, оценке метода измерений или для приписывания значений этих характеристик материалам или веществам.

[VIM:1993, 6.13]

3.14 **исходный эталон** (reference standard): Эталон, обладающий наивысшими метрологическими свойствами, имеющийся в распоряжении в данном месте или в данной организации, воспроизводящий размер единицы при измерениях, выполняемых в этом месте.

[VIM:1993, 6.6]

[1)] В Российской Федерации калибровку в данном случае принято называть градуировкой.

3.15 **результат измерения** (result of a measurement): Значение, приписанное измеряемой величине, полученное путем измерения.

[VIM:1993, 3.1]

3.16 **эталон** (standard): Мера, средство измерений, стандартный образец или измерительная система, предназначенная для установления, реализации, хранения и воспроизведения единицы или одного или более значения какой-то величины.

[VIM:1993, 6.1]

3.17 **стандартное отклонение** (standard deviation): Положительный квадратный корень из дисперсии рассматриваемой случайной переменной величины.

Примечание — Взято из GUM:1995, С.2.12.

3.18 **стандартная неопределенность** (standard uncertainty): Неопределенность результата измерения, выраженная как стандартное отклонение.

[GUM:1995, 2.3.1]

3.19 **среднее по времени** (time average): Среднее значение ряда результатов измерений (данных по качеству воздуха), полученных за определенный период времени.

3.20 **неопределенность** (uncertainty): Параметр, связанный с результатом измерения и характеризующий дисперсию (разброс) значений, которые могут быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

[VIM:1993, 3.9]

Примечание — Неопределенность результата измерения может быть описана с помощью (суммарной) стандартной неопределенности или с помощью расширенной неопределенности с установленной доверительной вероятностью.

3.21 **дисперсия (случайной переменной величины или распределения вероятностей)** (variance): Центральный момент 2-го порядка.

Примечание — Дисперсия случайной переменной величины может быть также определена как математическое ожидание квадрата отклонения случайной переменной величины от математического ожидания.

4 Обозначения и сокращения

C_i — результат отдельного измерения, полученный в период времени T.

$\overline{C}_T$ — среднее по времени из данных C_i мониторинга качества воздуха.

f — число степеней свободы.

f_{eff} — эффективное число степеней свободы.

f_{M} — число степеней свободы, приписываемое стандартной неопределенности u_{M} $(\overline{C}_T)$, обусловленной используемой измерительной системой.

f_{S} — число степеней свободы, приписываемое стандартной неопределенности u_{S} $(\overline{C}_T)$, обусловленной неполным охватом данными контролируемого временного интервала.

$f\,(u\,(j))$ — число степеней свободы при оценке стандартной неопределенности $u\,(j)$.

$f\,(u_{\text{r}}\,(j))$ — число степеней свободы при оценке стандартной неопределенности $u_{\text{r}}\,(j)$.

$f\,(u_{\text{nr}}\,(j))$ — число степеней свободы при оценке стандартной неопределенности $u_{\text{nr}}\,(j)$.

$f\,(u_{\text{nr}})$ — число степеней свободы при оценке стандартной неопределенности u_{nr}.

$f\,(u_{\text{r}}\,(C_i))$ — число степеней свободы при оценке стандартной неопределенности $u_{\text{r}}\,(C_i)$.

$k_p\,(f)$ — коэффициент охвата для доверительной вероятности p и числа степеней свободы f.

M — число интервалов времени $T\,(j)$, на которое разбит период времени T.

Max — максимальное значение из рассматриваемого набора значений.

N — число результатов измерений C_i, зарегистрированных в период времени T.

N_{max} — число результатов измерений C_i, необходимых для полного охвата периода времени T.

$n\,(j)$ — число результатов измерений в интервале времени $T\,(j)$.

$s\,(C_i)$ — стандартное отклонение набора из N отдельных результатов измерений C_i, используемых для вычисления среднего по времени $\overline{C}_T$.

T — период времени, назначенный для получения среднего по времени $\overline{C}_T$.

T_{S} — период времени, назначенный для получения отдельного результата измерения C_i.

$T\,(j)$ — интервал времени внутри периода времени T.

$u(C_i)$ — стандартная неопределенность C_i.

$u_r(C_i)$ — случайная составляющая стандартной неопределенности C_i.

u_r — постоянная случайная составляющая стандартной неопределенности C_i.

u_{nr} — неслучайная составляющая стандартной неопределенности C_i.

$u(j)$ — стандартная неопределенность C_i в интервале времени $T(j)$.

$u_r(j)$ — случайная составляющая стандартной неопределенности C_i в интервале времени $T(j)$.

$u_{nr}(j)$ — неслучайная составляющая стандартной неопределенности C_i в интервале времени $T(j)$.

$u(\overline{C}_T)$ — (суммарная) стандартная неопределенность среднего по времени $\overline{C}_T$.

$u_M(\overline{C}_T)$ — стандартная неопределенность среднего по времени $\overline{C}_T$, обусловленная измерительной системой.

$u_S(\overline{C}_T)$ — стандартная неопределенность среднего по времени $\overline{C}_T$, обусловленная неполным охватом периода времени T набором данных, используемым для вычисления среднего по времени.

$u_r(\overline{C}_T)$ — случайная составляющая $u_M(\overline{C}_T)$.

$u_{nr}(\overline{C}_T)$ — неслучайная составляющая $u_M(\overline{C}_T)$.

$U_p(\overline{C}_T)$ — расширенная неопределенность $\overline{C}_T$ при заданной доверительной вероятности p.

v_r — постоянная относительная стандартная неопределенность C_i.

5 Требования к входным данным

5.1 Общие положения

Стандарт содержит метод оценки неопределенности среднего по результатам серии измерений значения измеряемой величины (характеристики качества воздуха) в определенный период времени. Измеряемая величина может проявлять существенную временную структуру. Метод, предлагаемый [1], при котором стандартное отклонение результатов измерений следует делить на квадратный корень из числа имеющихся результатов измерений, применим только к величинам, которые не имеют существенно выраженной временной структуры, и к измерительным системам, на которые влияют только случайные неопределенности. В области мониторинга качества воздуха измеряемые величины часто проявляют существенную временную структуру и явно выраженные неслучайные неопределенности. Поэтому в указанной области необходим другой метод количественной оценки неопределенности средних по времени значений.

Ряд из N результатов измерений характеристики качества воздуха C_i, используемых для вычисления среднего по времени значения $\overline{C}_T$ за определенный период времени усреднения T, записывают в следующем виде:

$$\{C_i : \text{от } i = 1 \text{ до } N\}. \quad (1)$$

Индекс i означает последовательные равные интервалы времени T_S, включая и те интервалы, когда мониторинг не проводили (пропущенные значения). Результаты измерений C_i могут быть получены путем непрерывного мониторинга или периодического отбора проб с помощью конкретной системы измерений качества воздуха в интервалы времени T_S (периоды отбора проб).

Результаты измерений C_i должны быть получены в одном и том же месте. Время отбора пробы T_S при получении отдельного результата измерения C_i должно быть, как правило, меньше, чем период времени усреднения T. Для охвата периода времени усреднения (T) N результатами измерений C_i справедливо неравенство $N/N_{max} \leq 1$, где $N_{max} = T/T_S$. Используют N результатов измерений C_i для вычисления среднего по времени значения $\overline{C}_T$ (см. 6.1).

Для количественной оценки неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_T$ требуется информация, относящаяся к неопределенности результатов измерений C_i и к охвату набором данных периода времени усреднения T. Информация, относящаяся к неопределенности, может быть получена в соответствии с положениями GUM.

Для целей настоящего стандарта среднюю квадратическую неопределенность результата измерения C_i вычисляют по формуле

$$u^2(C_i) = u_r^2(C_i) + u_{nr}^2(C_i). \quad (2)$$

Член $u_r^2(C_i)$ обозначает случайную, а член $u_{нг}^2(C_i)$ — неслучайную составляющие средней квадратической неопределенности результата измерения C_i. Неслучайная составляющая $u_{нг}^2(C_i)$ описывает неустраненное систематическое отклонение. В области мониторинга качества воздуха неслучайная составляющая часто превышает случайную составляющую средней квадратической неопределенности результата измерения C_i.

Деление средней квадратической неопределенности на случайную и неслучайную составляющие упрощает оценку неопределенностей результирующего среднего по времени значения (раздел 6). Для идентификации случайной и неслучайной составляющих средней квадратической неопределенности результата измерения C_i применяют следующие правила.

Случайная составляющая $u_r^2(C_i)$ обусловлена случайными изменениями в процессе измерения и случайными вариациями влияющих (на процесс измерения) величин, которые имеют место в условиях мониторинга. Ее можно оценить с помощью дисперсии отклика измерительной системы на повторное применение контрольных эталонов в условиях мониторинга, например с помощью проверок установки нуля и контрольного показания. Случайная составляющая $u_r^2(C_i)$ не зависит от временной структуры измеряемой величины, но она может быть функцией результата измерения C_i.

Квадрат средней квадратической неопределенности $u^2(C_i)$ может также включать в себя неслучайную составляющую $u_{нг}^2(C_i)$. Неслучайная составляющая может быть обусловлена неопределенностями неизменяющихся влияющих величин или неустраненными систематическими отклонениями, возникающими в процессе измерения.

5.2 Специальные требования к входным данным

Ряд результатов измерений C_i, используемых для вычисления среднего по времени значения $\overline{C}_T$, должен быть представительным в отношении временной структуры измеряемой величины в пределах периода времени усреднения T.

Примечание — Для соблюдения этого требования должна быть известна временная структура измеряемой величины.

Отсутствующие результаты измерений характеристик качества воздуха не следует заменять расчетными величинами, полученными, например, методом интерполяции. Отдельные результаты измерений C_i должны быть независимы друг от друга.

Примечание — Принято считать, что результаты измерений независимы, если время отбора проб по крайней мере в четыре раза превышает время отклика измерительной системы T_{ik}.

Информацию, касающуюся неопределенности результатов измерений C_i, используемых для расчета среднего по времени значения $\overline{C}_T$, представляют в соответствии с положениями GUM.

В отношении неопределенности результатов измерений C_i различают три следующих случая.

a) Для полного набора данных делают единственное предположение — считают, что неопределенность имеет случайную и неслучайную составляющие.

В этом случае должна быть известна следующая информация:

1) дисперсии $u_r^2(C_i)$, $u_{нг}^2$;

2) числа степеней свободы $f(u_r(C_i))$, $f(u_{нг})$.

Как случайная составляющая $u_r^2(C_i)$, так и неслучайная составляющая $u_{нг}^2$ стандартной неопределенности должны быть применимы ко всему периоду времени усреднения T. Случайная составляющая $u_r^2(C_i)$ может зависеть от результата измерения C_i. Неслучайную составляющую $u_{нг}^2$ считают одинаковой для всех результатов измерений C_i, полученных в период времени усреднения. Здесь $f(u_r(C_i))$ — число степеней свободы, относящихся к $u_r^2(C_i)$; $f(u_{нг})$ — число степеней свободы, относящихся к $u_{нг}^2$. Если $u_r^2(C_i)$ и $u_{нг}^2$ были оценены на основе одного и того же набора данных, то $f(u_r(C_i))$ равно $f(u_{нг})$.

b) Набор данных разбивают на некоторое число наборов M ($M > 1$) и делают предположение, что для каждого из наборов неопределенность имеет случайную и неслучайную составляющие.

В этом случае для каждого набора данных от $j = 1$ до M должна быть известна следующая информация:

1) дисперсии $u_r^2(j)$, $u_{нг}^2(j)$;

2) число измерений $n(j)$ и интервал времени $T(j)$;

3) числа степеней свободы $f(u_r(j))$, $f(u_{nr}(j))$,

где $T = \sum_{j=1}^{M} T(j)$ и $N = \sum_{j=1}^{M} n(j)$.

Стандартная неопределенность результатов измерений C_i должна быть оценена независимо для каждого интервала времени $T(j)$. Сумма интервалов времени $T(j)$ должна полностью охватывать период времени усреднения T. Как случайная составляющая $u_r^2(j)$, так и неслучайная составляющая $u_{nr}^2(j)$ стандартной неопределенности должны быть применимы ко всему интервалу времени $T(j)$. Предположения относительно неопределенности для интервалов времени $T(j)$ не должны быть основаны на одном и том же наборе исходных эталонов. Здесь $f(u_r(j))$ — число степеней свободы, относящихся к $u_r^2(j)$, $f(u_{nr}(j))$ — число степеней свободы, относящихся к $u_{nr}^2(j)$. Если $u_r(j)$ и $u_{nr}(j)$ были оценены на основе одного и того же набора данных, то $f(u_r(j))$ равно $f(u_{nr}(j))$.

c) Для набора данных делают предположение [одно или более ($M \geq 1$)] относительно неопределенности, на основе которых ее не разделяют на случайную и неслучайную составляющие.

В этом случае для каждого набора данных от $j = 1$ до M должна быть известна следующая информация:

1) неопределенность $u(j)$;
2) число измерений $n(j)$ и интервал времени $T(j)$;
3) число степеней свободы $f(j)$,

где $T = \sum_{j=1}^{M} T(j)$ и $N = \sum_{j=1}^{M} n(j)$.

Стандартную неопределенность результатов измерений C_i следует оценивать независимо для каждого интервала времени $T(j)$. Сумма интервалов времени $T(j)$ должна полностью охватывать период времени усреднения T. Стандартная неопределенность $u(j)$ должна быть применима к временному интервалу $T(j)$. Стандартную неопределенность $u(j)$ считают постоянной в интервале времени $T(j)$. Предположения относительно неопределенности для интервалов времени $T(j)$ не должны быть основаны на одном и том же наборе исходных эталонов. Число степеней свободы, относящихся к $u(j)$, равно $f(j)$.

Если сделанные относительно неопределенности предположения не позволяют выделить случайную и неслучайную составляющие средней квадратической неопределенности $u_r^2(C_i)$, стандартную неопределенность $u(C_i)$ следует рассматривать как неслучайную.

6 Процедура

6.1 Общие положения

Среднее по времени значение $\overline{C}_T$, полученное на основе ряда результатов измерений C_i (от $i = 1$ до N) в соответствии с разделом 5, вычисляют по формуле

$$\overline{C}_T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} C_i. \qquad (3)$$

Настоящий стандарт рассматривает следующие составляющие неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_T$:

a) неопределенность отдельных результатов измерений C_i для времени отбора проб T_S, используемых для расчета среднего по времени значения $\overline{C}_T$;

b) неопределенность, обусловленную неполным охватом периода времени T результатами измерений C_i, используемыми для расчета среднего по времени значения $\overline{C}_T$, если $NT_S < T$.

Среднюю квадратическую неопределенность $u^2(\overline{C}_T)$ среднего по времени значения $\overline{C}_T$, так как указанные вклады не коррелированы, вычисляют по формуле

$$u^2(\overline{C}_T) = u_M^2(\overline{C}_T) + u_S^2(\overline{C}_T), \qquad (4)$$

где $u_M^2(\overline{C}_T)$ — средняя квадратическая неопределенность среднего по времени значения $\overline{C}_T$, обусловленная измерительной системой, используемой для получения ряда результатов измерений C_i;

$u_S^2(\overline{C}_T)$ — средняя квадратическая неопределенность среднего по времени значения $\overline{C}_T$, обусловленная неполным охватом периода времени T рядом результатов измерений C_i.

При полном охвате периода времени усреднения T результатами измерений C_i неопределенность среднего по времени значения обусловлена только измерительной системой.

Количественная оценка неопределенности среднего по времени значения, обусловленной измерительной системой в соответствии с положениями GUM, основанная на информации относительно неопределенности результатов измерений, используемых для вычисления среднего по времени значения, приведена в 6.2. Положения GUM неприменимы в явном виде к оценке неопределенности среднего по времени значения, обусловленной неполным охватом периода времени усреднения T результатами измерений. Решение этой задачи приведено в 6.3.

6.2 Стандартная неопределенность, обусловленная измерительной системой

Среднюю квадратическую неопределенность среднего по времени значения $\overline{C}_T$, обусловленную измерительной системой, используемой для получения результатов измерений C_i, вычисляют по формуле

$$u_M^2(\overline{C}_T) = u_r^2(\overline{C}_T) + u_{nr}^2(\overline{C}_T), \tag{5}$$

где $u_r^2(\overline{C}_T)$ — случайная составляющая средней квадратической неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_T$, обусловленной измерительной системой;

$u_{nr}^2(\overline{C}_T)$ — неслучайная составляющая средней квадратической неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_T$, обусловленной измерительной системой.

Количественную оценку случайной составляющей $u_r^2(\overline{C}_T)$ проводят на основе случайных составляющих $u_r^2(C_i)$ средней квадратической неопределенности результата измерения C_i. Неслучайную составляющую $u_{nr}^2(\overline{C}_T)$ рассчитывают на основе неслучайных составляющих $u_{nr}^2(C_i)$ средней квадратической неопределенности результата измерения C_i.

Исходя из предположений относительно неопределенности, сделанных в соответствии с 5.2, стандартную неопределенность $u_M(\overline{C}_T)$ среднего по времени значения $\overline{C}_T$, обусловленную измерительной системой, и соответствующее число степеней свободы f_M оценивают следующим образом для случаев, описанных в 5.2:

а) Для полного набора данных делают единственное предположение относительно неопределенности — считают, что неопределенность имеет случайную и неслучайную составляющие.

$$u_M^2(\overline{C}_T) = \frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{N} u_r^2(C_i) + u_{nr}^2. \tag{6}$$

В формуле (6) случайная составляющая $u_r^2(C_i)$ может быть функцией результата измерения C_i.

Если $u_r(C_i) = u_r$ и постоянна, формула (6) может быть преобразована в формулу

$$u_M^2(\overline{C}_T) = \frac{u_r^2}{N} + u_{nr}^2. \tag{7}$$

В случае равенства $u_r(C_i) = C_i v_r$ и постоянной относительной стандартной неопределенности v_r формула (6) может быть преобразована в формулу

$$u_M^2(\overline{C}_T) = \frac{v_r^2}{N}\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} C_i^2 + u_{nr}^2. \tag{8}$$

Число степеней свободы f_M стандартной неопределенности $u_M(\overline{C}_T)$ находят с использованием формулы Уэлча-Саттеруэйта (см. GUM) из уравнения

$$\frac{u_M^4(\overline{C}_T)}{f_M} = \sum_{i=1}^{N}\frac{u_r^4(C_i)}{f(u_r(C_i))} + \frac{u_{nr}^4}{f(u_{nr})}. \tag{9}$$

Если $f(u_r(C_i)) > 29$ и $f(u_{nr}) > 29$, число степеней свободы f_M принимают равным 30.

b) Набор данных разбивают на некоторое число наборов M ($M > 1$) и предполагают, что каждый из этих наборов имеет случайную и неслучайную составляющие неопределенности.

$$u_M^2(\overline{C}_T) = \frac{1}{N^2}\left[\sum_{j=1}^{M} u_r^2(j)n(j) + \sum_{j=1}^{M} u_{nr}^2(j)n^2(j)\right]. \quad (10)$$

Из формулы (10) следует, что случайная и неслучайная составляющие средней квадратической неопределенности результатов измерений C_i должны быть учтены с различными весами при вычислении средней квадратической неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_T$.

Число степеней свободы f_M стандартной неопределенности u_M $(\overline{C}_T)$ находят с использованием формулы Уэлча-Саттеруэйта (см. GUM) из уравнения

$$\frac{u_M^4(\overline{C}_T)}{f_M} = \sum_{j=1}^{M}\left[\frac{u_r^4(j)}{f(u_r(j))} + \frac{u_{nr}^4(j)}{f(u_{nr}(j))}\right]. \quad (11)$$

Если $f(u_r(j)) > 29$ и $f(u_{nr}(j)) > 29$ для j от 1 до M, то число степеней свободы f_M принимают равным 30.

c) Для набора данных делают одно или несколько предположений относительно неопределенности ($M \geq 1$), на основе которых выделяют случайную и неслучайную составляющие неопределенности.

$$u_M^2(\overline{C}_T) = \frac{1}{N^2}\sum_{j=1}^{M} u^2(j)n^2(j). \quad (12)$$

С учетом положений 5.2, перечисление c) стандартные неопределенности $u(j)$ рассматривают как неслучайные.

Число степеней свободы f_M стандартной неопределенности u_M $(\overline{C}_T)$ находят с использованием формулы Уэлча-Саттеруэйта из уравнения

$$\frac{u_M^4(\overline{C}_T)}{f_M} = \sum_{j=1}^{M}\frac{u^4(j)}{f(u(j))}. \quad (13)$$

Если $f(u(j)) > 29$ для j от 1 до M, то число степеней свободы f_M принимают равным 30.

6.3 Стандартная неопределенность, обусловленная неполным охватом результатами измерений периода времени усреднения

Неравномерное распределение результатов измерений C_j по периоду времени усреднения T приводит к появлению дополнительного источника неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_T$, который не учитывается неопределенностью измерения, описанной в 6.2. В соответствии с теоретическими положениями статистики [1] стандартную неопределенность u_S $(\overline{C}_T)$ среднего по времени значения $\overline{C}_T$, обусловленную неполным охватом времени результатами измерений C_j, используемыми для расчета среднего по времени значения, следует определять из уравнения

$$u_S^2(\overline{C}_T) = \left(1 - \frac{N}{N_{max}}\right)\frac{1}{N}s^2(C_i), \quad (14)$$

где s^2 (C_i) — дисперсия результатов измерений, вычисляемая по формуле

$$s^2(C_i) = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(C_i - \overline{C}_T)^2. \quad (15)$$

Число степеней свободы f_S, относящихся к дисперсии $u_S^2(\overline{C}_T)$, находят по формуле

$$f_S = N - 1. \quad (16)$$

Примечания

1 При полном охвате времени результатами измерений C_i, т. е. $N = N_{max}$, формула (14) превращается в $u_S^2(\overline{C}_T) = 0$. Тогда неопределенность среднего по времени значения $\overline{C}_T$ будет обусловлена только неопределенностью измерения.

2 При малом размере выборки при $N << N_{max}$ формула (14) является приближенной формулой для стандартного отклонения выборочного среднего значения для выборки из бесконечной генеральной совокупности $u_S^2(\overline{C}_T) = s^2/N$.

3 Корреляцию наблюдаемых временных рядов результатов измерений, обусловленную временной структурой измеряемой величины, не учитывают, поскольку она не влияет на неопределенность измерения.

6.4 Суммарная стандартная неопределенность

Суммарную стандартную неопределенность $u(\overline{C}_T)$ среднего по времени значения $\overline{C}_T$ вычисляют по формуле

$$u(\overline{C}_T) = \sqrt{u_M^2(\overline{C}_T) + u_S^2(\overline{C}_T)}. \quad (17)$$

Число степеней свободы f_{eff} для стандартной неопределенности $u(\overline{C}_T)$ находят с использованием формулы Уэлча-Саттеруэйта из уравнения

$$\frac{u^4(\overline{C}_T)}{f_{eff}} = \frac{u_M^4(\overline{C}_T)}{f_M} + \frac{u_S^4(\overline{C}_T)}{f_S}. \quad (18)$$

Если $f_M > 29$ и $f_S > 29$, то число степеней свободы f_{eff} принимают равным 30.

6.5 Расширенная неопределенность

Расширенную неопределенность $U_p(\overline{C}_T)$ среднего по времени значения $\overline{C}_T$ при установленной доверительной вероятности p вычисляют по формуле

$$U_p(\overline{C}_T) = k_p(f_{eff})\, u(\overline{C}_T). \quad (19)$$

Коэффициент охвата $k_p(f_{eff})$ определяют как процентную точку t-распределения с числом степеней свободы f_{eff} для двухстороннего доверительного интервала [2]. Значения коэффициента охвата $k_p(f_{eff})$ приведены в таблице 1.

Если эффективное число степеней свободы $f_{eff} > 29$, то расширенная неопределенность $U_{0,95}(\overline{C}_T)$ среднего значения $\overline{C}_T$ при доверительной вероятности 95 % может быть вычислена по формуле

$$U_{0,95}(\overline{C}_T) = 2u(\overline{C}_T), \text{ если } f_{eff} > 29. \quad (20)$$

Таблица 1 — Коэффициент охвата $k_p(f)$ как функция доверительной вероятности p и числа степеней свободы f

f	k_p		
	$p = 0,90$	$p = 0,95$	$p = 0,99$
1	6,31	12,71	63,66
2	2,92	4,30	9,92
3	2,35	3,18	5,84
4	2,13	2,78	4,60
5	2,01	2,57	4,03
6	1,94	2,45	3,71
7	1,90	2,36	3,50
8	1,86	2,31	3,36
9	1,83	2,26	3,25

Окончание таблицы 1

f	k_p		
	p = 0,90	p = 0,95	p = 0,99
10	1,81	2,23	3,17
20	1,72	2,09	2,85
30	1,70	2,04	2,75
100	1,66	2,025	2,626

7 Представление отчета по неопределенности

В соответствии с настоящим стандартом отчет об оценке неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_T$ для результатов измерений характеристик качества воздуха должен включать в себя следующую информацию:

- период времени усреднения T;
- среднее по времени значение $\overline{C}_T$;
- предположение относительно неопределенности $\overline{C}_T$;
- методику, используемую для оценки неопределенности отдельных результатов измерений C_i.

Отчет по неопределенности должен быть составлен по одной из следующих форм:

a) Если суммарная стандартная неопределенность $u\ (\overline{C}_T)$ выбрана в качестве меры неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_T$, она должна быть записана в единицах величины $\overline{C}_T$ или как относительная суммарная стандартная неопределенность $u\ (\overline{C}_T)/\overline{C}_T$. Эта информация должна сопровождаться указанием числа степеней свободы f_{eff}.

b) Если расширенная неопределенность $U_p\ (\overline{C}_T)$ при соответствующей доверительной вероятности p выбрана в качестве меры неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_T$, она должна быть записана в единицах величины $\overline{C}_T$ или как относительная расширенная стандартная неопределенность $U_p\ (\overline{C}_T)/\overline{C}_T$. Эта информация должна сопровождаться указанием используемого коэффициента охвата $k_p\ (f_{\text{eff}})$ и числа степеней свободы f_{eff}.

c) Если стандартная неопределенность $u_{\text{M}}\ (\overline{C}_T)$, обусловленная измерительной системой, выбрана в качестве меры неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_T$, она должна быть записана в единицах величины $\overline{C}_T$ или как относительная стандартная неопределенность $u_{\text{M}}\ (\overline{C}_T)/\overline{C}_T$. Эта информация должна сопровождаться указанием числа степеней свободы f_{M}.

d) Если стандартная неопределенность $u_{\text{S}}\ (\overline{C}_T)$, обусловленная неполным охватом времени данными мониторинга, выбрана в качестве меры неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_T$, она должна быть записана в единицах величины $\overline{C}_T$ или как относительная стандартная неопределенность $u_{\text{S}}\ (\overline{C}_T)/\overline{C}_T$. Эта информация должна сопровождаться указанием числа степеней свободы f_{S}.

Документы, содержащие используемую методику оценки неопределенности отдельных результатов измерений C_i, должны включать в себя:

- оценку случайных вкладов дисперсии результатов измерений C_i, используемых для расчета среднего по времени значения $\overline{C}_T$;
- оценку неслучайных вкладов дисперсии результатов измерений C_i, используемых для расчета среднего по времени значения $\overline{C}_T$;
- обоснование пригодности использования вышеуказанных вкладов дисперсии для получения результатов измерений C_i.

В отчете также должно быть обосновано признание представительности (в отношении временной структуры измеряемой величины) ряда результатов измерений, используемых для расчета среднего по времени значения $\overline{C}_T$ за период времени усреднения T.

Приложение А
(справочное)

Пример количественной оценки неопределенности среднемесячного содержания диоксида азота в окружающем воздухе

А.1 Исходные сведения

А.1.1 Измерительная система

При непрерывном мониторинге окружающего воздуха для определения содержания диоксида азота (NO_2) используют хемилюминесцентный датчик с линейной градуировочной характеристикой.

А.1.2 Процедура контроля

Процедура контроля состояла из двух этапов.

a) Каждые 25 ч на вход измерительной системы подавали нулевой газ и калибровочные газы[1]. Результаты, полученные при подаче нулевого газа, были использованы для корректировки дрейфа нуля. Результаты, полученные при подаче калибровочных газов, были использованы для обнаружения изменений углового коэффициента модельного уравнения.

b) Каждые три месяца угловой коэффициент уравнения модели корректировали сличением с исходным эталоном с массовой концентрацией определяемого компонента C_R и стандартной неопределенностью u (C_R) = = 4 мкг/м^3 (калибровка по одной точке).

Для набора данных делали предположения [одно или более ($M \geq 1$)] относительно неопределенности, на основе которых ее не разделяли на случайную и неслучайную составляющие. Среднемесячное значение $\overline{C}_{month}$ содержания NO_2 в окружающем воздухе, зарегистрированное на контрольном посту в Ботропе (Германия) за январь 2000 г., было рассчитано на основе N = 692 среднечасовых значений C_i по формуле (3): $\overline{C}_{month}$ = 38 мкг/м^3.

А.1.3 Оценка неопределенности среднечасовых значений

Входными данными для расчета среднемесячного значения $\overline{C}_{month}$ были среднечасовые значения C_i, полученные в пределах рассматриваемого месяца. В январе 2000 г. на рассматриваемом контрольном посту были зарегистрированы N = 692 из возможных N_{max} = 744 среднечасовых значений концентрации NO_2. Этот ряд результатов измерений был признан представительным для рассматриваемого месяца, так как:

- 30 из 52 недостающих среднечасовых значений были отброшены и имели случайное распределение в течение всего месяца;
- оставшиеся недостающие значения относились к непрерывному интервалу времени в 22 ч.

Входные данные для оценки неопределенности среднечасовых значений C_i приведены в таблице А.1 для 30 (из 31) дней рассматриваемого месяца, где Y_0 (d) — отклик измерительной системы на подачу нулевого газа, а B (d) — угловой коэффициент уравнения модели, получаемый при подаче ПГС в день d.

Таблица А.1 — Ряд результатов контроля, зарегистрированных датчиком (январь 2000 г.)

Дата	Y_0 (d), мкг/м^3	B (d)	$(dC)^2$, (мкг/м^3)^2	$(dB)^2$
2000—01—01	— 4,3	1,04	18,5	0,001 6
2000—01—02	— 1,9	1,03	3,6	0,000 9
2000—01—03	— 4,0	1,04	16,0	0,001 6
2000—01—04	— 3,4	1,05	11,6	0,002 5
2000—01—05	— 3,3	1,06	10,9	0,003 6
2000—01—06	— 3,3	1,06	10,9	0,003 6
2000—01—07	— 1,5	1,06	2,3	0,003 6
2000—01—08	— 4,3	1,06	18,5	0,003 6
2000—01—09	— 2,4	1,07	5,8	0,004 9
2000—01—10	1,6	1,06	2,6	0,003 6

[1] Калибровочный газ (calibration gas) в области газового анализа в Российской Федерации принято называть градуировочным газом [или поверочной газовой смесью (ПГС)].

Окончание таблицы А.1

Дата	Y_0 (d), мкг/м^3	B (d)	$(\mathrm{d}C)^2$, (мкг/м^3)^2	$(\mathrm{d}B)^2$
2000—01—11	— 5,4	1,02	29,2	0,000 4
2000—01—12	— 0,4	1,02	0,2	0,000 4
2000—01—13	— 0,8	1,07	0,6	0,004 9
2000—01—14	2,3	1,04	5,3	0,001 6
2000—01—15	1,4	1,01	2,0	0,000 1
2000—01—16	2,5	1,02	6,3	0,000 4
2000—01—17	— 0,9	1,01	0,8	0,000 1
2000—01—18	0,0	0,97	0,0	0,000 9
2000—01—19	— 1,3	0,95	1,7	0,002 5
2000—01—20	0,2	0,96	0,0	0,001 6
2000—01—21	— 0,7	0,96	0,5	0,001 6
2000—01—22	0,0	0,99	0,0	0,000 1
2000—01—23	3,5	0,98	12,3	0,000 4
2000—01—24	3,6	0,96	13,0	0,001 6
2000—01—25	9,2	0,96	84,6	0,001 6
2000—01—26	5,2	0,96	27,0	0,001 6
2000—01—27	3,3	0,96	10,9	0,001 6
2000—01—28	3,7	0,99	13,7	0,000 1
2000—01—29	3,6	1,01	13,0	0,000 1
2000—01—31	1,8	1,01	3,2	0,000 1
Среднее		1,01	10,82	0,001 7
Стандартное отклонение		0,04		
Квадратный корень из среднего			3,3	0,041
f			30	30

В соответствии с применяемой процедурой данные контроля измерений, регистрируемые каждые 25 ч, охватывали все дни месяца и все часы суток. Данные для расчета неопределенности, приведенные в таблице А.1, охватывали период необслуживаемой работы, не прерываемый техническим обслуживанием или калибровкой. Поэтому данные контроля измерений были признаны пригодными для рассматриваемого периода времени.

Уравнение модели, используемое для анализа неопределенности среднечасовых значений C_i, следующее:

$$C_i = (Y_i + \mathrm{d}C)\ (1 + \mathrm{d}B), \qquad (A.1)$$

где C_i — результат измерения (среднечасовое значение содержания NO_2);

Y_i — отклик измерительной системы;

$\mathrm{d}C$ — дрейф нуля (корректируют ежедневно);

$\mathrm{d}B$ — отклонение углового коэффициента B, равного единице (не корректируют).

С учетом отклонений только первого порядка формула (А.1) может быть преобразована в формулу (А.2)

$$C_i = Y_i + \mathrm{d}C + Y_i\,\mathrm{d}B. \qquad (A.2)$$

Значение поправки на дрейф $\mathrm{d}C$ в течение суток определяли при подаче на вход измерительной системы нулевого газа и вычисляли по формулам:

$$0 = Y_0 + \mathrm{d}C, \tag{A.3}$$

$$\mathrm{d}C = -Y_0, \tag{A.4}$$

где Y_0 — отклик измерительной системы на подачу нулевого газа (см. таблицу А.1).

После расчета значения поправки на дрейф в течение суток $\mathrm{d}C$ в измерительную систему подавали калибровочный газ с известной концентрацией определяемого компонента C_1. Затем вычисляли отклонение $\mathrm{d}B$ углового коэффициента от значения 1, установленного при калибровке, по формулам:

$$C_1 = (Y_1 - Y_0)(1 + \mathrm{d}B), \tag{A.5}$$

$$\mathrm{d}B = C_1 / (Y_1 - Y_0) - 1. \tag{A.6}$$

В формулах (А.5) и (А.6) член $(Y_1 - Y_0)$ представляет собой отклик измерительной системы на подачу калибровочного газа после корректировки дрейфа нуля.

Исходя из уравнения модели (А.1) дисперсия среднечасового значения C_i задается формулой

$$u^2(C_i) = u^2(Y_i) + u^2(\mathrm{d}C) + Y_i^2 u^2(\mathrm{d}B), \tag{A.7}$$

где $u(C_i)$ — стандартная неопределенность среднечасового значения C_i;

$u(Y_i)$ — стандартная неопределенность отклика Y_i измерительной системы в условиях калибровки (в единицах измеряемой величины C);

$u(\mathrm{d}C)$ — стандартная неопределенность измерительной системы, обусловленная дрейфом нуля;

$u(\mathrm{d}B)$ — стандартная неопределенность измерительной системы, обусловленная дрейфом углового коэффициента.

Калибровку измерительной системы проводили методом одноуровневой калибровки с одноразовой подачей на вход измерительной системы переносного эталона с концентрацией диоксида азота C_R. Поэтому стандартная неопределенность $u(Y)$ отклика Y_i измерительной системы в условиях калибровки задается известной стандартной неопределенностью концентрации диоксида азота в переносном эталоне $u(C_R)$ в соответствии с формулой

$$u(Y_i) = u(C_R). \tag{A.8}$$

Соответствующее число степеней свободы $f = 5$.

Дисперсию дрейфа $\mathrm{d}C$ определяли как среднее квадратов наблюдаемых значений $\mathrm{d}C = -Y_0$ и вычисляли по формуле

$$u^2(\mathrm{d}C) = \overline{Y_0^2}. \tag{A.9}$$

Дисперсию дрейфа $\mathrm{d}B$, задаваемую средним квадратов отклонений наблюдаемых значений B от 1, вычисляли по формуле

$$u^2(\mathrm{d}B) = \overline{(\mathrm{d}B)^2}. \tag{A.10}$$

Так как среднее значение B очень близко к 1 (см. таблицу А.1), $u^2(\mathrm{d}B)$ рассматривали как (в основном) случайный вклад в бюджет неопределенности среднечасового значения C_i.

В таблицу А.2 сведены оценки вкладов дисперсий среднечасовых значений, используемых для расчета среднемесячного значения. В таблице также указаны соответствующее число степеней свободы и тип вкладов в неопределенность. В таблице А.3 приведены случайный и неслучайный вклады дисперсий в неопределенность среднечасовых значений.

Таблица А.2 — Вклады дисперсий среднечасовых значений C_i для $Y \le 100$ мкг/м^3

Входная величина	Вклад дисперсии	Количественная оценка вклада дисперсии	Значение оценки вклада дисперсии, (мкг/м^3)^2	Число степеней свободы	Тип вклада дисперсии
Y	$u^2(Y)$	$u^2(C_R)$	16	5	Неслучайный
$\mathrm{d}C$	$u^2(\mathrm{d}C)$	$\overline{Y_0^2}$	10,82	30	Случайный
$\mathrm{d}B$	$Y^2 u^2(\mathrm{d}B)$	10000 $\overline{(\mathrm{d}B)^2}$	$\le 17{,}0$	30	Случайный (в основном)

Таблица А.3 — Случайный и неслучайный вклады дисперсий среднечасовых значений C_i для $Y \le 100$ мкг/м³

Составляющая неопределенности	Формула	Число степеней свободы
$u_r^2(C_i)$	$u^2(\mathrm{d}C) + Y^2 u^2(\mathrm{d}B)$	30
$u_{nr}^2(C_i)$	$u^2(C_R)$	5

Допущение $Y \le 100$ мкг/м³ было подтверждено для ряда результатов измерений, использованных для расчета искомого среднемесячного значения. Это допущение приводит к завышенной оценке вклада дисперсии отклонения $\mathrm{d}B$.

Входные данные, относящиеся к неопределенности результатов измерений C_i, используемых для расчета среднемесячного значения, являются пригодными для применения в случае 5.2, перечисление а).

А.2 Оценка неопределенности среднемесячного значения

А.2.1 Неопределенность измерения

В соответствии с 6.2, перечисление а) среднюю квадратическую неопределенность среднего по времени значения $\overline{C}_{month}$, обусловленную измерительной системой, вычисляют по формуле

$$u_M^2(\overline{C}_{month}) = \frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{N} u_r^2(C_i) + u_{nr}^2, \qquad (A.11)$$

где N — число среднечасовых значений, используемых для расчета среднего.

Оценка средней квадратической неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_{month}$, обусловленной измерительной системой и рассчитанной согласно формуле (А.11), а также соответствующее число степеней свободы и типы вкладов дисперсий приведены в таблице А.4.

Таблица А.4 — Оценка вкладов дисперсий среднемесячного значения $\overline{C}_{month}$, обусловленных измерительной системой для $Y \le 100$ мкг/м³

Дисперсия	Вклад дисперсии	Количественная оценка вклада дисперсии	Значение оценки вклада дисперсии, (мкг/м³)²	Число степеней свободы	Тип вклада дисперсии
u_{nr}^2		$u^2(C_R)$	16,00	5	Неслучайный
$\sum u_r^2(C_i)/N^2$	$\sum u^2(\mathrm{d}C)/N^2 + \sum Y_i^2 u^2(\mathrm{d}B)/N^2$				
	$\sum u^2(\mathrm{d}C)/N^2$	$\overline{Y_0^2}/N$	0,016	30	Случайный
	$\sum Y_i^2 u^2(\mathrm{d}B)/N^2$	$\frac{10000}{(\mathrm{d}B)^2/N}$	≤ 0,025	30	Случайный (в основном)
$u_M^2(\overline{C}_{month})$			16,041	5	
$u_M(\overline{C}_{month})$			4,01	5	

Из таблицы А.4 видно, что наибольшим вкладом в неопределенность измерения среднего значения $\overline{C}_{month}$ является неслучайный вклад исходного эталона, используемого для калибровки измерительной системы. Число степеней свободы $\overline{C}_{month}$, полученное в соответствии с 6.2, также определяется малым числом степеней свободы неслучайного вклада в неопределенность измерения. Допущение $Y \le 100$ мкг/м³ приводит к завышенной оценке вклада дисперсии отклонения $\mathrm{d}B$.

А.2.2 Неопределенность, обусловленная отсутствием значений

Стандартное отклонение среднечасовых значений C_i, используемых для расчета среднемесячного значения $\overline{C}_{month}$, вычисляли по формуле (15). Стандартную неопределенность $u_S^2(\overline{C}_{month})$ среднего значения $\overline{C}_{month}$, обусловленную отсутствием значений, вычисляли по формуле (14). Соответствующее число степеней свободы — $(N - 1)$. Результаты сведены в таблицу А.5.

Таблица А.5 — Оценка стандартной неопределенности среднемесячного значения $\overline{C}_{month}$, обусловленной отсутствием значений

Величина	Значение
N_{max}	744
N	692
$s(C_i)$	18,7 мкг/м^3
$\overline{C}_{month}$	38,0 мкг/м^3
$u_S(\overline{C}_{month})$	0,2 мкг/м^3
f	691

А.2.3 Отчет по неопределенности среднего по времени значения

Неопределенность среднего по времени значения вычисляли на основе значений $u_M(\overline{C}_{month})$ = 4,01 мкг/м^3 и $u_S(\overline{C}_{month})$ = 0,2 мкг/м^3 по формуле (17). Число степеней свободы рассчитывали по формуле (18).

В таблицу А.6 сведены результаты анализа неопределенности,

где T — период времени усреднения;

$\overline{C}_{month}$ — искомое среднее по времени значение,

$u(\overline{C}_{month})$ — суммарная стандартная неопределенность $\overline{C}_{month}$;

$U_p(\overline{C}_{month})$ — расширенная неопределенность $\overline{C}_{month}$ при доверительной вероятности p;

f_{eff} — эффективное число степеней свободы;

p — доверительная вероятность p;

$k_p(f_{eff})$ — коэффициент охвата для числа степеней свободы f_{eff} и доверительной вероятности p.

Таблица А.6 — Результаты оценки неопределенности среднего по времени значения $\overline{C}_{month}$

Величина	Значение
T	1 мес
$\overline{C}_{month}$	38,0 мкг/м^3
$u(\overline{C}_{month})$	4,0 мкг/м^3
$U_p(\overline{C}_{month})$	10,4 мкг/м^3
f_{eff}	5
p	0,95
$k_p(f_{eff})$	2,6

А.3 Обсуждение

В рассмотренном примере использованы большие выборки при мониторинге окружающего воздуха. Охват периода времени усреднения в один месяц набором данных, используемых для вычисления среднемесячного значения, является достаточным (составляет 93 %). Соответственно, вклад 7 % отсутствующих значений в неопределенность среднемесячного значения является несущественным. Процедуры, описанные в настоящем стандарте, могут быть применены аналогичным образом, если средние значения вычисляют на основе наборов данных, для которых характерен небольшой охват рассматриваемого периода времени усреднения, пока эти небольшие наборы являются представительными для периода времени усреднения.

Если уменьшить число полученных среднечасовых значений содержания NO_2 в рассмотренном примере до N = 31 (одно среднечасовое значение в день), стандартную неопределенность среднемесячного значения, обусловленную отсутствующими значениями, вычисляют по формуле

$$u_S(\overline{C}_{month}) = 18{,}7 \text{ мкг/м}^3 \sqrt{\left(1 - \frac{31}{744}\right)/31} = 3{,}3 \text{ мкг/м}^3. \quad (A.12)$$

Приложение В
(справочное)

Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным (региональным) стандартам

Таблица В.1

Обозначение ссылочного международного стандарта (документа)	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта (документа)
ИСО 3534-1:1993	ГОСТ Р 50779.10—2000 (ИСО 3534-1—93) Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения
GUM:1995[1)]	Руководство по выражению неопределенности измерения. — Под ред. проф. В.А. Слаева. — СПб.: Изд-во «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», 1999

[1)] Наименование международного документа: Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition, BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML.

Библиография

[1] Бенет С. А. и Франклин Н. Л. Статистический анализ в химии и химической промышленности / Джон Вилей, Нью-Йорк, 1963

[2] ИСО 3534-1:1993 Статистика — Словарь и обозначения — Часть 1: Вероятность и общие статистические термины

VIM:1993 Международный словарь основных и общих метрологических терминов, Второе издание, BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML

УДК 504.3:006.354 ОКС 13.040 Т58

Ключевые слова: качество воздуха, оценка неопределенности измерения, среднее по времени значение, набор данных, период времени усреднения

Редактор *Л.В. Афанасенко*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 16.05.2006. Подписано в печать 09.06.2006. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,00. Тираж 382 экз. Зак. 384. С 2916.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «Стандартинформ» на ПЭВМ
Отпечатано в филиале ФГУП «Стандартинформ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6

gost.e-ecolog.ru