
**Качество воздуха. Руководящие
указания по оцениванию погрешности
измерения**

Air quality – Guidelines for estimating measurement uncertainty

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20988:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/08772d22-08d5-4540-b1fa-1ca280ad8723/iso-20988-2007>

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



Ссылочный номер
ISO 20988:2007(R)

Отказ от ответственности при работе в PDF

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или вывести на экран, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на загрузку интегрированных шрифтов в компьютер, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe торговый знак фирмы Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованным для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General info файла; параметры создания PDF были оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами-членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просьба проинформировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20988:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/08772d22-08d5-4540-b1fa-1ca280ad8723/iso-20988-2007>



ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2007

Все права сохраняются. Если не указано иное, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия ISO по соответствующему адресу, указанному ниже, или комитета-члена ISO в стране запрашивающей стороны.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Страница

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Предисловие | iv |
| Введение | v |
| 1 Область применения | 1 |
| 2 Нормативные ссылки | 1 |
| 3 Термины и определения | 1 |
| 4 Обозначения и сокращенные термины..... | 6 |
| 5 Основные концепции..... | 7 |
| 5.1 Краткое содержание..... | 7 |
| 5.2 Погрешность измерения | 10 |
| 5.3 Поправка на систематические эффекты | 11 |
| 5.4 Предоставление входных данных..... | 12 |
| 6 Спецификация проблемы..... | 14 |
| 6.1 Цели..... | 14 |
| 6.2 Измерение | 15 |
| 6.3 Параметры погрешности..... | 16 |
| 6.4 Входные данные..... | 17 |
| 6.4.1 Общие положения | 17 |
| 6.4.2 Оценка репрезентативности..... | 18 |
| 6.5 Эффекты, не описанные в серии наблюдений | 19 |
| 7 Статистический анализ | 20 |
| 7.1 Цели..... | 20 |
| 7.2 Косвенный подход | 22 |
| 7.3 Прямой подход..... | 23 |
| 7.4 Статистическая валидность | 24 |
| 8 Оценка дисперсий и ковариаций..... | 25 |
| 8.1 Общие положения | 25 |
| 8.2 Оценки дисперсии по типу А..... | 25 |
| 8.3 Оценки дисперсии по типу В..... | 26 |
| 8.4 Оценка ковариаций | 26 |
| 9 Оценка параметров погрешности..... | 27 |
| 9.1 Цель..... | 27 |
| 9.2 Суммарная стандартная погрешность | 28 |
| 9.3 Расширенная погрешность | 29 |
| 9.3.1 Общие положения | 29 |
| 9.3.2 Расширенная погрешность результатов, показывающих гауссово распределение | 29 |
| 10 Протокол | 31 |
| Приложение А (информативное) Проверка вероятности охвата | 32 |
| Приложение В (информативное) Методы оценки по типу А для экспериментов А1 до А8..... | 36 |
| Приложение С (информативное) Примеры | 51 |
| Библиография..... | 83 |

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. ISO осуществляет тесное сотрудничество с международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Проекты международных стандартов разрабатываются по правилам, указанным в Директивах ISO/IEC, Часть 2.

Главная задача технических комитетов состоит в разработке международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения, по меньшей мере, 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Обращается внимание на возможность патентования некоторых элементов данного международного стандарта. ISO не несет ответственности за идентификацию какого-либо или всех таких патентных прав.

ISO 20988 был подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 146, *Качество воздуха*, Подкомитетом SC 3, *Общие аспекты*.

[ISO 20988:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/08772d22-08d5-4540-b1fa-1ca280ad8723/iso-20988-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/08772d22-08d5-4540-b1fa-1ca280ad8723/iso-20988-2007>

Введение

Общая концепция оценки погрешности описана в *Руководстве по выражению погрешности в измерении* (GUM). Практическое рассмотрение в GUM сосредоточено на оценке серии несмещенных наблюдений. В измерениях качества воздуха серии наблюдений редко можно рассматривать как несмещенные из-за присутствия случайных эффектов, не меняющихся на протяжении всей серии наблюдений.

Настоящий международный стандарт способствует оценке случайных эффектов, вызывающих вариацию или смещение, в сериях наблюдений для оценки погрешности. Подходящие данные могут быть собраны в программах экспериментов, обеспечивающих сличение со стандартным образцом или стандартными приборами, либо с независимыми измерениями одного и того же типа. При предоставлении экспериментальных данных для оценки погрешности важно обеспечить репрезентативность отклонений и смещений, возникающих при намеченном использовании метода измерения.

Общее руководство и статистические процедуры, представленные этим международным стандартом, адресованы техническим экспертам по измерению качества воздуха, работающим, например, в области стандартизации, валидации или документации методов измерения окружающего воздуха, воздуха в помещении, выбросов стационарных источников, рабочей среды или метеорологии.

Настоящий международный стандарт не дает исчерпывающей информации относительно планирования и выполнения программ экспериментов, которые подлежат расчетам для оценки погрешности.

Погрешности результатов измерения, вызванные неполным временным охватом данных измерения, рассматриваются не в этом документе, а в ISO 11222^[2]. Погрешности результатов измерения, вызванные неполным пространственным охватом данными измерения, не рассматриваются в настоящем документе.

Качество воздуха. Руководящие указания по оцениванию погрешности измерения

1 Область применения

Настоящий международный стандарт дает всестороннее руководство и конкретные статистические процедуры для оценки погрешности в измерениях качества воздуха, включая измерения окружающего воздуха, выбросов стационарных источников, воздуха в помещении, рабочей среды и метеорологию. В нем применяются общие рекомендации *Руководства по выражению погрешности в измерении (GUM)* к граничным условиям, встречающимся в измерении качества воздуха. Рассматриваемые граничные условия включают измеряемые величины, быстро изменяющиеся во времени, а также наличие смещения в серии наблюдений, полученных в условиях намеченного использования методов для измерения качества воздуха.

Рассматриваемые методы измерения включают

- методы с поправкой на систематические эффекты при многократном наблюдении стандартных образцов,
- методы, калиброванные (при парном измерении с эталонным методом),
- методы без поправки на систематические эффекты, потому что они намеренно являются несмещенными, и
- методы без поправки на систематические эффекты в намеченном использовании, в котором намеренно учитывается смещение.

Экспериментальные данные для оценки погрешности могут быть обеспечены или единичной программой эксперимента при прямом подходе или сочетанием различных программ эксперимента при косвенном подходе.

2 Нормативные ссылки

Следующие ссылочные нормативные документы являются обязательными при применении данного документа. Для жестких ссылок применяется только цитированное издание документа. Для плавающих ссылок необходимо использовать самое последнее издание нормативного ссылочного документа (включая любые изменения).

ISO/IEC Guide 98:1995, *Руководство по выражению погрешности измерения (GUM)*

3 Термины и определения

3.1

погрешность (измерения)
uncertainty (of measurement)
погрешность измерения
measurement uncertainty

параметр, связанный с результатом измерения, характеризующий дисперсию значений, которые с достаточным основанием можно отнести к измеряемой величине

[ISO/IEC Guide 98:1995, B.2.18; VIM:1993, 3.9]

3.2

стандартная погрешность standard uncertainty

погрешность результата измерения, выраженная как стандартное отклонение

[ISO/IEC Guide 98:1995, 2.3.1]

ПРИМЕЧАНИЕ Стандартная погрешность результата измерения является оценкой стандартного отклонения генеральной совокупности всех возможных результатов измерения, которые могут быть получены одним и тем же методом измерения для измеряемой величины, показывающей единственное значение.

3.3

суммарная стандартная погрешность combined standard uncertainty

стандартная погрешность результата измерения, когда этот результат получен из значений ряда других входных величин, равная положительному квадратному корню из суммы членов, при этом члены являются дисперсиями или ковариациями этих других величин, взвешенными в соответствии с тем, как результат измерения меняется в зависимости от изменения этих величин

[ISO/IEC Guide 98:1995, 2.3.4]

ПРИМЕЧАНИЕ Прилагательное “суммарная” может быть опущено без потери обобщения.

3.4

расширенная погрешность expanded uncertainty

величина, определяющая интервал $[y - U_p(y); y + U_p(y)]$ для результата измерения y , который по ожиданиям может охватывать большую часть p распределения значений, которые с достаточным основанием можно приписать измеряемой величине

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Адаптировано из ISO/IEC Guide 98:1995, 2.3.5.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Если погрешность получена, главным образом, оценкой по типу A, интервал $[y - U_p(y); y + U_p(y)]$ можно понимать как доверительный интервал для истинного значения измеряемой величины при доверительном уровне p .

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Интервал $[y - U_p(y); y + U_p(y)]$ характеризует диапазон значений, в котором, как можно уверенно ожидать, лежит истинное значение измеряемой величины (см. ISO/IEC Guide 98:1995, 2.2.4).

3.5

коэффициент охвата coverage factor

численный коэффициент, используемый как множитель суммарной стандартной погрешности, чтобы получить расширенную погрешность

[ISO/IEC Guide 98:1995, 2.3.6]

3.6

вероятность охвата coverage probability

часть результатов измерения, которая, по ожиданию, будет заключена в установленный интервал

3.7

оценка (погрешности) по типу A Type A evaluation (of uncertainty)

метод оценки погрешности посредством статистического анализа серии измерений

[ISO/IEC Guide 98:1995, 2.3.2]

3.8

оценка (погрешности) по типу В **Type B evaluation (of uncertainty)**

метод оценки погрешности без использования статистического анализа серии измерений

[ISO/IEC Guide 98:1995, 2.3.3]

3.9

стандартное отклонение **standard deviation**

положительный квадратный корень из дисперсии

[ISO/IEC Guide 98:1995, C.2.12]

ПРИМЕЧАНИЕ В общем, стандартное отклонение генеральной совокупности случайной переменной X оценивается положительным квадратным корнем из дисперсии генеральной совокупности X .

3.10

экспериментальное стандартное отклонение **experimental standard deviation**

для серии N измерений одной и той же измеряемой величины величина $s(x)$, характеризующая дисперсию результатов, определяется формулой

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (x(j) - \bar{x})^2}{N-1}}$$

где $x(j)$ является результатом j -го измерения, а \bar{x} является арифметическим средним рассматриваемых N результатов

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Адаптировано из ISO/IEC Guide 98:1995, B.2.17.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 $s^2(x)$ является несмещенной оценкой дисперсии $\sigma^2(X)$ исследуемой случайной переменной X , если серия наблюдений $x(j)$ с $j = 1$ до N является несмещенной.

3.11

дисперсия **variance**

ожидание квадрата центрированной случайной переменной:

$$\sigma^2(X) = E\left\{[X - E(X)]^2\right\}$$

[ISO/IEC Guide 98:1995, C.2.11]

ПРИМЕЧАНИЕ Дисперсия генеральной совокупности $\sigma^2(X)$ случайной переменной X может быть оценена квадратом экспериментального стандартного отклонения $s^2(x)$ простой случайной выборки несмещенных наблюдений $x(j)$ при $j = 1$ до N случайной переменной X . Иначе, $s^2(x)$ недооценивает дисперсию генеральной совокупности.

3.12

ковариация **covariance**

среднее суммы двух центрированных случайных переменных в их совместном распределении вероятности

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Адаптировано из ISO 3534-1: 2006, 2.43.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Ковариация $\text{cov}(x, y)$ является статистикой выборки, используемой для оценки ковариации совокупностей x и y .

3.13
ожидание
expectation
ожидаемое значение
expected value

- 1) Для дискретной случайной переменной X , принимающей значения x_i с вероятностями p_i , ожидание, если оно существует, является $E(X) = \sum p_i x_i$, при этом сумма распространяется на все значения x_i , которые может принять X .
- 2) Для непрерывной случайной переменной X , имеющей функцию плотности вероятности $f(x)$, ожидание, если оно существует, является $E(X) = \int x \cdot f(x) \cdot dx$, при этом интеграл распространяется на интервал(ы) вариации X .

[ISO/IEC Guide 98:1995, C.2.9]

3.14
степени свободы
degrees of freedom

в общем, число членов в сумме минус число ограничений для членов этой суммы

[ISO/IEC Guide 98:1995, C.2.31]

ПРИМЕЧАНИЕ Для оценки дисперсии (эффективное) число степеней свободы может быть понято как число независимых порций информации, используемых для получения этой оценки дисперсии.

3.15
измерение
measurement

набор операций, цель которых определения значения некоторой величины

[VIM:1993, 2.1]

3.16
результат измерения
result of measurement

значение, приписанное измеряемой величине, полученное измерением

[VIM:1993, 3.1]

3.17
коэффициент чувствительности
sensitivity coefficient

отклонение результата измерения, деленное на величину влияния, вызывающего изменение, если все другие величины влияния поддерживаются постоянными

3.18
измеряемая величина
measurand

конкретная величина, подлежащая измерению

[VIM:1993, 2.6]

ПРИМЕЧАНИЕ Считается, что измеряемая величина показывает единственное значение по крайней мере в промежутке времени, необходимый для единичного измерения.

3.19**измерительная система
measuring system**

полный набор измерительных приборов и другого оборудования с рабочими процедурами для выполнения заданных измерений качества воздуха

[ISO 11222:2002, 3.9]

ПРИМЕЧАНИЕ Измерительная система является технической реализацией метода измерения. Методическая документация считается частью измерительной системы.

3.20**стандартный образец
reference material
RM**

материал или вещество, для которого одно или более свойств достаточно однородны и хорошо установлены, чтобы быть использованными для калибровки и/или валидации измерительной системы

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Адаптировано из VIM:1993, 6.13.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Стандартный образец может быть в виде чистого или смешанного газа, жидкости или твердого вещества.

3.21**систематический эффект
systematic effect**

влияние, вызывающее смещение, которое, по ожиданию, происходит систематически в каждой серии наблюдений, получаемых при многократном или параллельном проведении измерения

3.22**случайный эффект
random effect**

влияние, вызывающее или случайную вариацию или смещение случайного значения (несовместное смещение) в серии наблюдений, получаемых при многократном проведении измерения

ПРИМЕЧАНИЕ Эффект, показывающий фиксированное, но случайное значение, при многократном проведении измерения вызывает смещение случайного значения.

3.23**смещение
bias**

систематическая погрешность показания измерительного прибора

[VIM:1993, 5.25]

ПРИМЕЧАНИЕ Смещение серии наблюдений относительно принятого эталонного значения может быть вызвано или систематическими эффектами или случайными эффектами, показывающими (неизвестные) фиксированные значения в серии наблюдений.

3.24**репрезентативность
representativeness**

возможность серии наблюдений давать несмещенную оценку параметра заданной статистической совокупности

3.25**генеральная совокупность
population**

все количество рассматриваемых элементов

[ISO 3534-1:2006, 1.1]

ПРИМЕЧАНИЕ Ансамбль возможных результатов измерения, которые могут быть получены для единственной измеряемой величины всеми возможными средствами реализации заданного метода измерения.

4 Обозначения и сокращенные термины

| | |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| a | параметр (постоянный) |
| b | параметр (постоянный) |
| c | параметр (постоянный) |
| c_i | коэффициент чувствительности |
| $\text{cov}(x_i, x_k)$ | оценка ковариации между входными величинами x_i и x_k |
| $E(X)$ | ожидание случайной переменной X |
| i | индекс |
| j | индекс |
| k | индекс |
| k_p | коэффициент охвата |
| K | число (количество) |
| L | число (количество) лабораторий |
| M | число (количество) |
| N | число (количество) |
| p | вероятность охвата, доверительный уровень |
| $\sigma(x)$ | стандартное отклонение генеральной совокупности случайной величины X |
| $s(x)$ | экспериментальное стандартное отклонение набора данных $x(j)$ с $j = 1$ до N |
| $t(p, \nu)$ | $(1 - p)$ -квантиль t -распределения Стьюдента ν степеней свободы |
| u_B | погрешность, вызванная смещением |
| $u(x_i)$ | стандартная погрешность входной величины x_i |
| $u(x_R)$ | (суммарная) стандартная погрешность эталонного значения x_R |
| $u(y_R)$ | (суммарная) стандартная погрешность эталонного значения y_R |
| $u(y_R(j))$ | (суммарная) стандартная погрешность эталонного значения $y_R(j)$ |
| $U_p(y)$ | расширенная погрешность результата измерения y при уровне охвата p |

| | |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{var}(x_i)$ | оценка дисперсии входной величины x_i |
| $\text{var}(Y)$ | оценка дисперсии возможных результатов измерения Y |
| $\text{var}(y)$ | оценка дисперсии результатов измерения $y(j)$ при $j = 1$ до N , наблюдаемая при прямом подходе |
| $w(y)$ | относительная стандартная погрешность результата измерения y |
| $W_p(y)$ | относительная расширенная погрешность результата измерения y при уровне охвата p |
| x_i | входная величина модельного уравнения метода $y = f(x_1, \dots, x_K)$ |
| x_R | эталонное значение для входной величины x |
| δX | потенциальное отклонение величины влияния x |
| Y | возможный результат измерения, который можно с достаточным основанием приписать к одной и той же измеряемой величине при независимом дублировании измерения, чтобы получить результат измерения y |
| y | результат измерения |
| y_R | принятое значение стандартного образца измеряемой величины |
| $y_R(i)$ | результат измерения, полученный эталонным методом измерения |
| δY | потенциальное отклонение результата измерения y относительно (неизвестного) истинного значения измеряемой величины, которое не описывается имплицитно экспериментальными данными, чтобы быть оцененным |
| γ | доверительный уровень |
| μ | (неизвестное) истинное значение измеряемой величины |
| ν | число степеней свободы |
| ν_{eff} | эффективное число степеней свободы |
| $\chi^2(\gamma, \nu)$ | γ -процентиль хи-квадратного распределения ν степеней свободы |

5 Основные концепции

5.1 Краткое содержание

Общее назначение настоящего международного стандарта состоит в содействии применению *Руководства по выражению погрешности измерения (GUM)* в различных областях измерения качества воздуха, включая окружающий воздух, воздух внутри помещений, метеорологию, выбросы стационарных источников и среду рабочего места. Стандартные методы измерения качества воздуха считаются полностью документированными, например, в стандартах на методы, стандартных рабочих процедурах, отчетах о валидации или в других технических документах.

Документация для данного метода должна включать

— инструкции по намеченному использованию (стандартная рабочая процедура),

ISO 20988:2007(R)

- инструкции по поправке на систематические эффекты, если уместно,
- модельное уравнение метода $y = f(x_1, \dots, x_k)$, если результаты измерения y вычислены из наблюдаемых или известных иным способом входных величин x_i ,
- результаты валидации метода, если уместно, и
- инструкции, как приписывать параметры погрешности результатам измерения y .

Главная задача настоящего международного стандарта состоит в том, как приписывать соответствующие параметры погрешности результатам, полученным методами измерения качества воздуха. Для этой цели оценка погрешности считается пятиэтапной процедурой, состоящей из

- спецификации проблемы (см. Раздел 6),
- статистического анализа (см. Раздел 7),
- оценки дисперсии и ковариации (см. Раздел 8),
- оценки параметров погрешности (см. Раздел 9), и
- протокола (см. Раздел 10).

Рисунок 1 связывает эту пятиэтапную процедуру с восемью этапами, рекомендованными GUM.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 20988:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/08772d22-08d5-4540-b1fa-1ca280ad8723/iso-20988-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/08772d22-08d5-4540-b1fa-1ca280ad8723/iso-20988-2007>

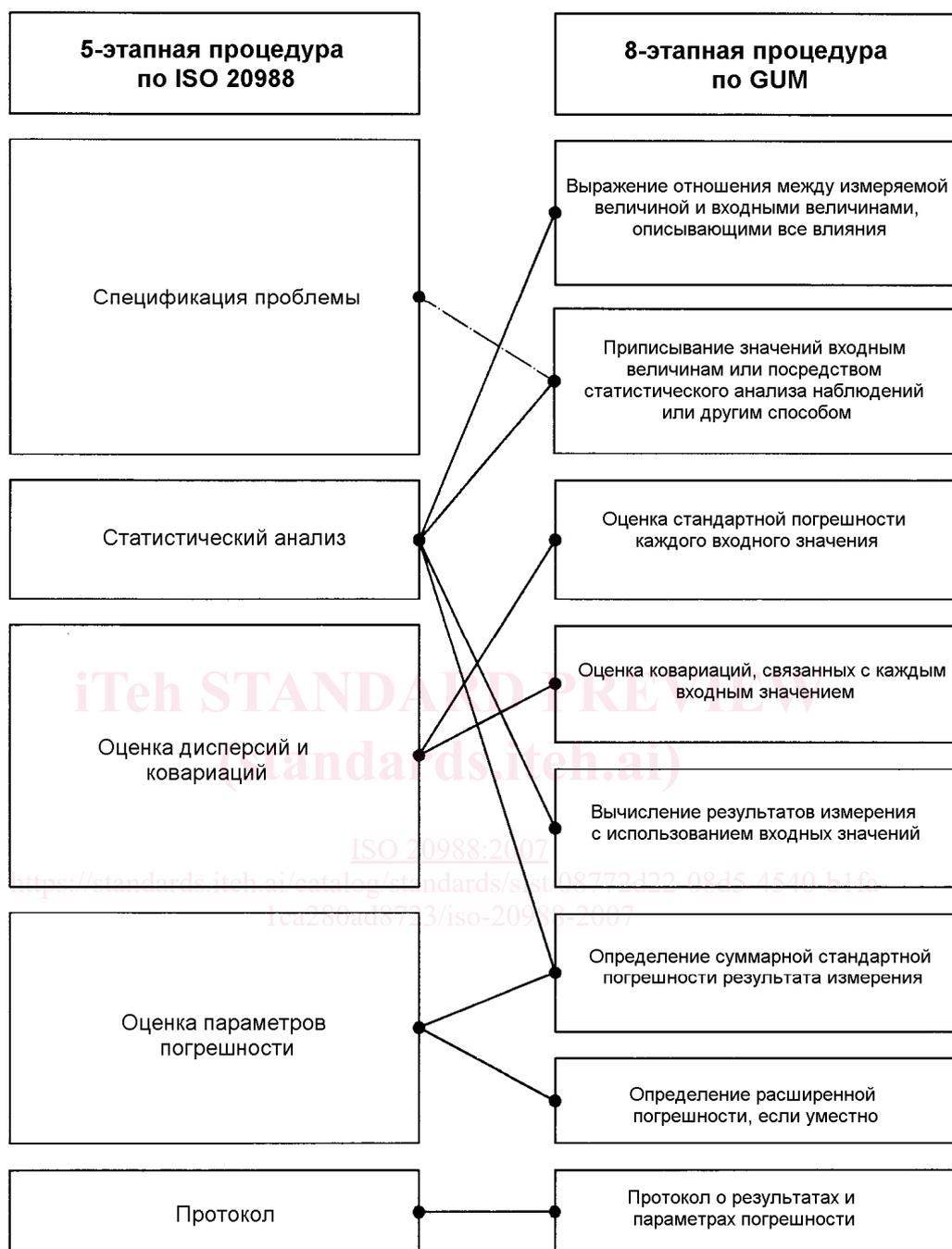


Рисунок 1 — Сравнение 5-этапной процедуры по ISO 20988 (левая сторона) с 8-этапной процедурой по GUM (правая сторона)