ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54082— 2010 (МЭК 60068-3-11: 2007)

Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ АТТЕСТАЦИИ КАМЕР

IEC 60068-3-11:2007
Environmental testing — Part 3-11: Supporting documentation and guidance — Calculation of uncertainty of conditions in climatic test chambers (MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

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 Техническим комитетом по стандартизации ТК 341 «Внешние воздействия» на основе собственного аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 341 «Внешние воздействия»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от № 30 ноября 2010 г. № 737-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 60068-3-11:2007 «Испытания на внешние воздействующие факторы. Часть 3-11. Вспомогательная информация и руководство. Вычисление неопределенностей условий в климатических испытательных камерах» (IEC 60068-3-11:2007 «Environmental testing — Part 3-11: Supporting documentation and guidance — Calculation of uncertainty of conditions in climatic test chambers»).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2004 (пункт 3.5).

Сопоставление основных нормативных положений и обозначений методов настоящего стандарта с соответствующими нормативными положениями указанного международного стандарта, а также информация о дополнениях и уточнениях, отражающих потребности национальной экономики страны, приведены во введении.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации и межгосударственные стандарты, 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, 2011

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, определения и сокращения 2
4 Порядок вычисления средних значений показателей характеристик камер для испытаний технических изделий на воздействие температуры и влажности воздуха 6
5 Вычисление неопределенностей условий в климатических испытательных камерах для испытаний технических изделий на воздействие температуры и влажности воздуха 12
Приложение А (информационное) Набор данных измерений температуры — камера с загрузкой . . 28
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 30

Введение

I Требования настоящего стандарта относятся к вопросам безопасности, обеспечиваемой стойкостью технических изделий к внешним воздействующим факторам при эксплуатации, транспортировании и хранении.

Настоящий стандарт является частью комплекса стандартов «Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий» (комплекс ГОСТ 30630), состав которого приведен в ГОСТ 30630.0.0—99, приложение Е.

Настоящий стандарт включает в себя модифицированные основные нормативные положения МЭК 60068-3-11:2007 «Испытания на внешние воздействующие факторы. Часть 3-11: Вспомогательная информация и руководство. Вычисление неопределенностей условий в климатических испытательных камерах».

Стандарты МЭК, устанавливающие положения и методы испытаний изделий на стойкость к воздействию внешних факторов (устойчивость, прочность), объединены серией стандартов МЭК 60068 «Испытания на воздействие внешних факторов», состоящей из трех частей:

60068-1 «Общие положения и руководство»;

60068-2 «Испытания»;

60068-3 «Основополагающая информация».

Стандарты МЭК 60068-2 и МЭК 60068-3 в свою очередь состоят из ряда стандартов, нормирующих конкретные методы испытаний или (и) устанавливающих технически отработанные рекомендации по применению методов испытаний на стойкость, содержат ряд существенных недостатков, главным из которых, как правило, является отсутствие увязки между методами и режимами испытаний и условиями и сроками эксплуатации, что требует корректировки указанных стандартов.

Эти недостатки являются одной из причин того, что указанные стандарты пока не использованы многими техническими комитетами МЭК для введения в стандарты МЭК на группы изделий (например, серия стандартов МЭК 60068 практически не введена в стандарты МЭК на сильноточные и крупногабаритные изделия).

Таким образом, в настоящее время невозможно полное использование стандартов МЭК по внешним воздействиям в качестве национальных и межгосударственных стандартов.

II Кроме указанного выше, в составе подгруппы стандартов МЭК 60068-3 имеется ряд стандартов, относящихся к методикам подтверждения характеристик и аттестации испытательного оборудования, в частности камер для испытания технических изделий на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам.

Стандарты этого ряда содержат, как правило, современные методы аттестации камер и могут быть использованы практически полностью с дополнениями и уточнениями, сформулированными на основании опыта проведения соответствующих работ и отражающими потребности экономики страны. Все дополнения и уточнения выделены в тексте стандарта курсивом.

Настоящий стандарт по сравнению со стандартом МЭК 60068-3-11 дополнен следующими показателями:

а) изменено наименование стандарта;

б) уточнены определения некоторых терминов;

в) стандарт дополнен новыми терминами;

г) стандарт дополнен разделом 4, отсутствующим в МЭК.

III В отношении раздела 5 настоящего стандарта необходимо учитывать следующее: форма стандарта МЭК 60068-3-11 и соответствующая ему форма раздела 5 настоящего стандарта необычна. Стиль изложения разделов 4—7стандарта МЭК 60068-3-11 и соответственно 5.1—5.7 настоящего стандарта напоминает стиль описательной научно-популярной статьи, многие положения которой не относятся непосредственно к объекту стандартизации данного раздела (определение неопределенности). Некоторые положения этих разделов не совпадают или противоречат требованиям ГОСТ Р 54083, ГОСТ Р 53616 и ГОСТ Р 53618. Кроме того, некоторые разделы недостаточно тщательно отредактированы, содержат повторения, недостаточно точную классификацию сведений.

С другой стороны, многие положения указанных разделов совпадают с положениями указанных стандартов в части методов испытаний, но изложены в упрощенной форме и могут быть полезны при первоначальном ознакомлении с вопросами, нормированными в вышеуказанной группе стандартов. Кроме того, в этих разделах содержится описание многих случаев, которые могут встретиться при проведении нестандартных испытаний.

Учитывая эти особенности, было решено полностью сохранить форму изложения стандарта МЭК, но в тексте раздела 5 настоящего стандарта отмечать неточности соответствующих положений стандарта МЭК со ссылками на более правильные или точные требования вышеуказанной группы стандартов Российской Федерации.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ АТТЕСТАЦИИ КАМЕР

Requirements for performance of chambers for industrial products environmental endurance tests.
Data processing methods for chamber certification (calibration)

Дата введения — 2011—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на методы обработки результатов аттестации камер для испытаний технических изделий *всех видов* на воздействие температуры, а также относительной влажности воздуха и температуры.

Стандарт содержит два основных метода:

- определение средних результатов измерений характеристик камер при аттестации (раздел 4);
- определение неопределенностей вычисления результатов измерений характеристик камер при аттестации (раздел 5).

Стандарт применяют совместно с ГОСТ Р 53618, ГОСТ Р 53616.

Требования раздела 4 относятся к вопросам безопасности и являются обязательными.

Методы настоящего стандарта рекомендуется применять при обработке результатов при испытании камер у изготовителя.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 8.568—97 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения

ГОСТ Р 51369—99 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие влажности

ГОСТ Р 51672—2000 Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия. Основные положения

ГОСТ Р 53616—2009 (МЭК 60068-3-6:2001) Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (без загрузки) для испытаний на стойкость к воздействию влажности

ГОСТ Р 53618—2009 (МЭК 60068-3-5:2001) Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (без загрузки) для испытаний на устойчивость к воздействию температуры

ГОСТ Р 54083—2010 (МЭК 60068-3-7:2001) Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (с загрузкой) для испытаний на стойкость к воздействию температуры

ГОСТ 15150—69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

Издание официальное

ГОСТ 16504—81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 26883—86 Внешние воздействующие факторы. Термины и определения

ГОСТ 30630.0.0—99 Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий

РМГ 29—99 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины с соответствующими определениями и сокращениями, относящиеся к областям:

- общих понятий внешних воздействующих факторов (далее — ВВФ): по ГОСТ 15150, ГОСТ 26883;

- общие вопросы испытаний: по ГОСТ 16504;

- испытаний на стойкость к ВВФ: по ГОСТ 30630.0.0;

- аттестация испытательного оборудования: по ГОСТ Р 8.568;

- аттестации камер на стойкость к воздействию температуры, а также относительной влажности воздуха и температуры, в том числе к показателям температуры, влажности воздуха и характеристикам камер: по ГОСТ Р 53618; ГОСТ Р 53616; ГОСТ Р 51672.

3.2 В настоящем стандарте приведены термины и их определения, относящиеся к рассматриваемым в настоящем стандарте вопросам статистической обработки результатов измерений, вычисления неопределенностей и проведения измерений.

3.2.1 (3.1) **организация, проводящая *аттестацию* (*поверку,* калибровку):** Лаборатория или другая организация, проводящая *аттестацию* камер (*поверку или* калибровку *измерительных приборов*) и в свою очередь уполномоченная на это соответствующей государственной организацией.

3.2.2 (3.2) **камера для проведения климатических испытаний:** Камера или другое замкнутое пространство (*техническое устройство*), в котором возможно *воспроизводить и* регулировать температуру или сочетание относительной влажности и температуры в заданных пределах *и с допустимыми отклонениями.*

3.2.3 (3.30) **полезный объем камеры:** Часть *внутреннего пространства* камеры, в которой можно поддерживать заданные условия при *установившемся режиме в пределах установленных допусков.*

Примечание — В стандартах МЭК — рабочий объем.

3.2.4 (3.21) ***стабилизация режима (установившийся режим):*** *Состояние, при котором характеристики колебаний значений основного фактора режима в любой точке полезного объема постоянны (либо они не выходят за поле допусков поддержания параметра).*

Примечания

1 Основной фактор режима может быть простым или составным. Например, при испытаниях на воздействие температуры основным фактором режима является температура (простой фактор); при испытаниях на воздействия влажности воздуха основным фактором режима является сочетание относительной влажности и температуры воздуха (составной фактор); в этом случае оба составляющих фактора (значения температуры и относительной влажности) требуется измерять по отдельности.

2 В некоторой нормативной документации это понятие называется «стационарный режим».

3.2.5 (3.5) ***доверительные интервалы:*** *Предполагаемые диапазоны значений измеряемого показателя, причем границы диапазонов получены по результатам ограниченного числа (малой выборки) проводимых в сопоставимых условиях повторяющихся измерений и вычислены с заданной доверительной вероятностью.*

Примечания

1 Ширина интервала зависит также от фактического разброса измеряемых значений.

2 Указанное выше «ограниченное число повторяющихся измерений» иногда называют «серией измерений».

3 В некоторых случаях в понятие «серия измерений» включают результаты нескольких групп измерений, проводимых в сопоставимых, но разных условиях, например при крайних значениях интервала условий эксплуатации. В этих случаях обработку результатов измерений проводят, как для единой совокупности, без вычисления результатов измерений для отдельных групп, если иное не указано в методике обработки результатов измерений.

3.2.6 ***интервал всех значений отдельных измерений:*** *Совокупность значений отдельных измерений показателя в данной серии измерений, которую используют для вычисления среднего значения, доверительных интервалов и других параметров статистического распределения.*

Примечание — Условия проведения измерений влияют на значения отдельных измерений и значение их совокупности в данной серии измерений. Хотя серии повторных измерений проводят в сопоставимых условиях в пределах установленных допусков, однако условия фактических измерений данной серии могут отличаться от фактических условий измерения другой серии так, что будут различаться между собою средние значения, вычисленные по результатам проведения измерений в отдельных сериях. Поэтому становится необходимым применять понятие доверительных интервалов для значений отдельных измерений и доверительных интервалов — для средних значений.

3.2.7 ***доверительный интервал для среднего:*** *Доверительный интервал для средних значений, вычисленный по результатам серии отдельных измерений.*

3.2.8 ***доверительный интервал для всех значений отдельных измерений:*** *Доверительный интервал для всех значений измеряемого показателя данной серии, вычисленный с заданной доверительной вероятностью.*

3.2.9 ***коэффициент расширения:*** *Число, на которое умножают значение доверительного интервала для среднего, чтобы получить значение расширенного доверительного интервала.*

Примечания

1 При доверительной вероятности 95 % и достаточно большом числе измеряемого показателя (числе степеней свободы) коэффициент расширения для нормального статистического распределения $k = 2$ для прямоугольного статистического распределения $k = \sqrt{3}$ (1,73).

2 В МЭК 60068-3-11 это понятие называется «коэффициент перекрытия».

3.2.10 **наилучшая оценка «истинного значения» измеряемого показателя:** *Середина доверительного интервала для среднего.*

3.2.11 ***истинное значение для среднего:*** *Гипотетическое значение, полученное по результатам бесконечного числа измерений (генеральной совокупности).*

3.2.12 (3.8) **дисперсия:** Мера разброса результатов серии измерений значений определяемого показателя.

Примечание — Дисперсию вычисляют как среднее значение суммы квадратов разностей между средним значением результатов указанной серии измерений и значением каждого отдельного измерения.

3.2.13 ***стандартное отклонение результатов измерений (стандартное отклонение):*** *Значение квадратного корня из дисперсии результатов измерений определяемого показателя, выраженное в единицах измерения этого показателя и характеризующее рассеивание значений случайной величины относительно ее математического ожидания.*

Примечания

1 Как правило, интервал, границы которого представляют собой значение наилучшей оценки измеряемого показателя плюс-минус стандартное отклонение, совпадают с границами доверительного интервала для среднего при 95 %-ной доверительной вероятности.

2 В тексте настоящего стандарта применяется также краткое название этого термина — «отклонение» или «среднеквадратичное отклонение».

Примечания (к 3.2.5—3.2.13)

1 Принимается, что в границах доверительного интервала для среднего находится истинное среднее значение, а в границах расширенного доверительного интервала — любое измеренное значение определяемого показателя. Однако неопределенность состоит в том, что границы интервала не могут быть вычислены со 100%-ной доверительной вероятностью, и их приходится вычислять с меньшей доверительной вероятностью (обычно 95 %). Поэтому в пределах указанных границ находятся не все истинные средние и не все любые значения измеряемого показателя.

Например, по результатам 30 измерений (в соответствии с ГОСТ Р 53618), с интервалом 1 мин для какого-либо расположенного в полезном объеме датчика температуры, вычислено среднее значение температуры, а по результатам проведенных через несколько дней таких же измерений было получено другое среднее значение температуры и еще через несколько дней — третье значение. По результатам первой серии измерений с 95 %-ной доверительной вероятностью были вычислены 95 %-ные доверительные границы для средних значений, и в эти границы попали результаты двух последующих измерений. Каждое из трех измеренных значений (как и другие значения в границах этого доверительного интервала) может оказаться истинным. Однако неопределенность этого утверждения состоит в том, что в 5 % случаев истинное значение может оказаться за пределами этого интервала.

2 При обработке результатов серии измерений методика статистических расчетов такова, что вначале удобнее вычислять доверительный интервал для среднего, а затем (путем умножения на соответствующий коэффициент расширения) — доверительный интервал для значений отдельных измерений (последний называют расширенным доверительным интервалом, а соответствующее отклонение — расширенным стандартным отклонением или расширенным среднеквадратичным отклонением). Однако при вычислении неопределенностей часто приходится пользоваться паспортными данными приборов, где приводятся результаты вычисления допусков, полученные при поверке (калибровке) прибора. В этом случае, как правило, эти данные относятся к расширенным доверительным интервалам (особенно для случая равновероятного (прямоугольного) статистического распределения). В этих случаях для получения стандартного отклонения данные, полученные по паспортным данным, нужно делить на коэффициент расширения. Примеры вычислений по таблицам 5.2 и 5.3 относятся к этому случаю.

3.2.14 (3.27) ***простая неопределенность:*** *Интервал неопределенности, выраженный доверительным интервалом для среднего.*

Примечания

1 Как правило, доверительный интервал, границы которого определяются границами интервала «значение наилучшей оценки измеряемого показателя плюс-минус стандартное отклонение», совпадает с границами доверительного интервала для среднего (при 95 %-ной доверительной вероятности).

Для случая неопределенности указанный интервал совпадает со среднеквадратичной неопределенностью.

2 Данное определение используется только для целей настоящего стандарта.

3.2.15 (3.11) ***расширенная неопределенность:*** *Интервал неопределенности, выраженный расширенным доверительным интервалом.*

Примечание — Термин применяется только для целей настоящего стандарта.

3.2.16 (3.23) **среднеквадратичная неопределенность:** Неопределенность результата измерения, выражаемая среднеквадратичным отклонением.

3.2.17 ***расширенная среднеквадратичная неопределенность:*** *Интервал неопределенности, выраженный расширенным среднеквадратичным отклонением.*

3.2.18 (3.28) **баланс неопределенности:** *Общий перечень отдельных источников неопределенностей (относящихся к измерению определяемого показателя).*

3.2.19 ***источник неопределенности:*** *Составляющая баланса неопределенности.*

3.2.20 (3.3) **общая среднеквадратичная неопределенность:** Это сумма среднеквадратичных неопределенностей всех источников неопределенностей.

Примечание — Для рассматриваемых в настоящем стандарте примеров (доверительная вероятность 95 %) общую среднеквадратичную неопределенность вычисляют как положительное значение корня квадратного из суммы квадратов среднеквадратичных отклонений, полученных при вычислении каждого источника неопределенности.

3.2.21 (3.10) **погрешность *единичного измерения*:** Разность между результатом измерения и наилучшей оценкой истинного значения измеряемого показателя.

Примечание — В РМГ 29 данный термин определен как «отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины».

3.2.22 ***погрешность измерительного прибора (измерительной системы)*:** *Интервал возможной неточности показаний прибора (системы), указанный в его паспорте или в формуляре и выраженный в форме допуска без приведения значения доверительной вероятности, но не в форме неопределенности.*

Примечания (к 3.2.21 и 3.2.22)

1 Различают случайную погрешность и систематическую погрешность. Случайная погрешность имеет место в том случае, когда совокупность единичных измерений распределена по нормальному закону. Система-

тическая погрешность имеет место в том случае, когда наблюдается постоянное смещение результатов измерений, например в случае дрейфа или отклонения достигнутого значения от заданного.

2 Сравнение понятий неопределенностей и погрешностей сводится к тому, что для значений неопределенностей обязательно указывают значение доверительной вероятности, для которой эти значения определены. При этом наличие значения доверительной вероятности является гарантией того, что определение ширины доверительных интервалов (допусков возможной неточности) проведено корректно, в том числе с использованием необходимого числа измерений.

Для значений погрешности, указываемой в документации, указанные выше показатели могут только подразумеваться.

3.2.23 (3.9) **дрейф:** Постепенное изменение показаний некоторой измерительной системы, не связанное с изменением измеряемой величины.

Примечание — После последней аттестации (поверки, калибровки) можно оценить и скорректировать измеренные значения.

3.2.24 (3.14) ***колебания* (изменения во времени температуры или влажности):** Периодические отклонения от среднего температуры или влажности после стабилизации.

Примечания

1 Колебания характеризуются периодом и амплитудой. При этом амплитуду можно измерять среднеквадратичным или максимальным отклонением, *или же средним из максимальных отклонений (см. 4.2.1.7.4; 4.2.1.7.5). При этом в термине «амплитуда» предполагается, что отклонения в обе стороны от среднего одинаковы.*

2 В стандарте МЭК применен термин «флюктуация», который является более широким, чем термин «колебания», т. к., помимо колебаний, включает в себя также непериодические отклонения, а также неодинаковость отклонений в противоположных направлениях от среднего. Две последних особенности не применены в конкретных стандартах по аттестации различных видов камер.

3.2.25 (3.15) **градиент *определяемого параметра*:** *Разность между максимальным и минимальным средними значениями определяемого параметра (после стабилизации) в двух любых точках полезного объема камеры.*

Примечание — Этот показатель оценивает максимальную неравномерность средних значений в полезном объеме камеры.

3.2.26 ***вариации измеряемого показателя:*** *Разности между средними значениями измеряемого показателя (после стабилизации), полученными в центре и измеренными (вычисленными) в каждой точке расположения датчиков измеряемого показателя в полезном объеме для конкретного режима испытаний.*

3.2.27 (3.16) **эталонный измерительный прибор:** Предварительно поверенный (откалиброванный) измерительный прибор для измерения параметров среды в камере, *применяемый при аттестации*.

Примечание — Термин применяется только для целей настоящего стандарта.

3.2.28* (3.31) *повторяемость (сходимость) результатов испытаний *[ГОСТ Р 51672]: Характеристика результатов испытаний, определяемая близостью результатов испытаний одного и того же образца по одной и той же методике в соответствии с требованиями одного и того же нормативного документа, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором с использованием одного и того же экземпляра оборудования в течение короткого промежутка времени (в одной серии испытаний).*

Примечания

1 Если при определении характеристик объекта используют измерительные приборы с несколькими датчиками, то рекомендуется, чтобы эти датчики были поверены (калиброваны) в одной серии поверочных (калибровочных) испытаний. В противном случае ценность измерений, проведенных при помощи данных приборов, невелика.

2 По стандарту МЭК наименование этого понятия — «воспроизводимость».

3 Если данное понятие применяют по отношению к измерительному прибору, то в названии термина вместо слова «испытаний» применяют слово «измерений».

3.2.29 **воспроизводимость результатов испытаний** [*ГОСТ Р 51672*]: Характеристика результатов испытаний, определяемая близостью результатов испытаний объекта одного и того же типа (марки) по единым методикам в соответствии с требованиями одного и того же нормативного документа, с

применением различных экземпляров оборудования разными операторами в разное время и в разных лабораториях.

Примечание — Воспроизводимость результатов испытаний зависит не только от точности измерений, но и от однородности и стабильности характеристик испытуемого объекта, непостоянства характеристик объекта между испытаниями, в том числе от разброса характеристик образцов (проб), отобранных для испытаний, параметров окружающей среды в пределах допустимых отклонений.

3.2.30 (3.19) **разрешающая способность:** Минимальное определяемое изменение показаний на *показывающем и/или регистрирующем устройстве измерительной системы.*

3.2.31 (3.4) **поправка:** Значение, алгебраически прибавляемое к результату измерения для того, чтобы скомпенсировать *поддающуюся определению* систематическую составляющую погрешности.

Примечание — Значение величины, вводимое в неисправленный результат измерения с целью исключения составляющих систематической погрешности (по РМГ 29).

3.2.32 **гистерезис:** *Гистерезис есть разность показаний прибора при нарастании параметра и уменьшении параметра.*

Примечание — в РМГ 29 этот показатель называется «вариация показаний измерительного прибора; вариация показаний; разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе к этой точке со стороны меньших и больших значений измеряемой величины».

4 Порядок вычисления средних значений показателей характеристик камер для испытаний технических изделий на воздействие температуры и влажности воздуха

4.1 Общие требования

4.1.1 В соответствии с ГОСТ Р 53616 и ГОСТ Р 53618 регистрацию результатов измерений показаний температуры и влажности осуществляют одним из трех способов:

а) непрерывная запись показаний в течение не менее 30 мин. При этом рекомендуется обработку результатов измерений проводить путем программирования. Если эта рекомендация не выполняется, то запись разбивают на равномерные промежутки (не менее 30) и обработку проводят в соответствии с перечислением б);

б) осуществление точечной записи показаний с интервалом не более одного показания в минуту и общем числе точек не менее 30;

в) при измерении колебаний температуры и влажности допускается проводить измерения в течение не менее трех периодов колебаний при получении в каждом периоде не менее 10 равномерно распределенных измерений. При этом рекомендуется применение цифровых показывающих приборов.

В настоящем разделе в основном приведена методика оценки средних значений показателей характеристик камеры, вычисленных по перечислениям б) и в) настоящего пункта, что дает возможность проводить вычисления как при помощи калькуляторов, так и путем программирования.

4.1.2 Вычисления характеристик проводят для каждого режима испытаний в отдельности.

4.1.3 Результаты измерений и вычислений рекомендуется представлять в виде таблиц, пример которых приведен в приложении А.

4.2 Определение характеристик

4.2.1 Температурные характеристики

4.2.1.1 Для каждого датчика, специально установленного с целью аттестации в точках полезного объема камеры, определяют среднее значение температуры (как среднее арифметическое) по формуле

$$\bar{t}_j = \frac{1}{k}\sum_k t_{ij},$$

где t_{ij} — значение температуры, определяемое в j-ой точке при i-м измерении;

k — число измерений для каждого датчика;

j — порядковый номер датчика, расположенного на границе полезного объема камеры (для расположенного в центре датчика j применяют индекс ц);

i — номер измерения для каждого датчика, (i = 1, 2…k).

Дисперсию определяют по формуле

$$S_{tj} = \frac{1}{k}\sum_{k}(\bar{t}_j - t_i)^2.$$

Стандартное (среднеквадратичное) отклонение для доверительной вероятности 95 % (см. 3.2.13, примечание) определяют по формуле

$$\delta_{tj} = \sqrt{S_{tj}}.$$

Примечание — Если в полезном объеме камеры для цели аттестации размещают дополнительные датчики (помимо установленных на границах полезного объема и в центре), то порядковые номера этих датчиков включают в число n (после порядковых номеров датчиков, размещаемых на границах полезного объема).

В протоколе по результатам аттестации вместо обозначения j указывают конкретный номер датчика температуры.

4.2.1.2 Градиент температуры (неравномерность распределения температуры в камере) вычисляют по формуле

$$t_{гр} = \bar{t}_{j\,max} - \bar{t}_{j\,min},$$

где $\bar{t}_{j\,max}$ *и* $\bar{t}_{j\,min}$ *— соответственно наибольшее среднее и наименьшее среднее значения температуры в точках полезного объема камеры из числа определенных по 4.2.1.1.*

4.2.1.3 Значение вариаций температуры (отклонение температуры в полезном объеме камеры) вычисляют поочередно для каждого датчика, установленного на границах полезного объема камеры, по формуле

$$t_{вар} = \bar{t}_j - \bar{t}_ц,$$

где $\bar{t}_ц$ *— среднее значение температуры датчика установленного в центре полезного объема камеры;*

$\bar{t}_j$ *— по 4.2.1.1.*

4.2.1.4 Среднее значение температуры в камере вычисляют по формуле

$$t_{ср} = \frac{1}{n}\sum_{n}\bar{t}_j,$$

где $\bar{t}_j$ *— по 4.2.1.1;*

j — по 4.2.1.1;

n — число точек размещения датчиков, (n = 1, 2,..., j, j + 1).

4.2.1.5 Достигнутое значение температуры при аттестации

Согласно 4.2.3.2.8 в качестве достигнутого значения температуры при аттестации принимает среднее значение температуры камеры по 4.2.1.4.

4.2.1.6 Отклонение достигнутого значения температуры (соответствующего заданному) от заданного

$$\Delta_{зад} = t_{дзад} - t_{зад},$$

где $t_{зад}$ *— заданное значение температуры, установленное на контроллере;*

$t_{дзад}$ *— достигнутое значение температуры, соответствующее заданному по 4.2.1.5.*

4.2.1.7 Параметры колебаний температуры (период и амплитуду) определяют, как указано в 4.2.1.7.1—4.2.1.7.4.

4.2.1.7.1 При измерении температуры (плавная регулировка регулирующих и силовых блоков камеры) период и амплитуду колебаний значений температуры определяют непосредственно по результатам автоматической непрерывной или точечной регистрации показаний датчика.

4.2.1.7.2 В качестве периода колебаний температуры (τ) в точке установки каждого датчика принимают среднюю продолжительность времени между включениями регулирующих блоков камеры (не менее 3 включений) либо по графику, получаемому при помощи средств измерений, применяемых для аттестации.

4.2.1.7.3 Определяют нестабильность поддержания температуры для каждого датчика. За нестабильность поддержания температуры для каждого датчика (верхнее и нижнее значения) принимают разность между средним из максимальных (или минимальных) значений температуры, измеренных в каждом периоде (не менее чем для 3 периодов), и средним значением температуры для этого датчика.

$$\Delta t_{max} = \frac{1}{m}\sum_{m} t_{max} - \bar{t}_j;$$

$$\Delta t_{min} = \bar{t}_j - \frac{1}{m}\sum_{m} t_{min},$$

где m *— количество периодов, принятых для вычисления;*

t_{max} *и* t_{min} *— максимальное и минимальное значения температуры в каждом периоде соответственно.*

4.2.1.7.4 Амплитуду колебаний значений температуры для каждого датчика определяют следующим образом:

$$A_j = \frac{\Delta_{t\,max} + \Delta_{t\,min}}{2}.$$

4.2.1.7.5 Амплитуду колебаний для камеры определяют следующим образом:

$$A = \frac{1}{n}\sum_{n} A_j.$$

4.2.1.8 Относительная разность между значениями температуры стенок и температуры воздуха в полезном объеме камеры ($\Delta t_{ст}$)

4.2.1.8.1 Вычисляют среднее значение температуры для каждой стенки

$$\bar{t}_{qст} = \frac{1}{k_{ст}}\sum_{k_{ce}} t_{qстi},$$

где $t_{qстi}$ *— значение температуры д-й стенки при i-м измерении;*

q *— порядковый номер стенки;*

i *— порядковый номер измерения температуры этой стенки;*

$k_{ст}$ *— число измерений температуры на каждой стенке.*

4.2.1.8.2 Определяют относительную разность между средним значением температуры каждой стенки и средним значением температуры воздуха в камере по формуле

$$\Delta t_{ст} = \frac{\bar{t}_{qст} - t_{ср}}{t_{ср}},$$

где $t_{ср}$ *— см. 4.2.1.4;*

$\bar{t}_{qст}$ *— значение по 4.2.1.8.1 для каждой стенки.*

За значение относительной разности температуры стенки камеры принимается значение стенки, для которой это значение является наибольшим.

4.2.1.9 Интервалы времени нагрева или охлаждения камеры в полном диапазоне значений температур от базового до достигнутого (соответствующего заданному)(τ).

Определяют значения τ *по результатам измерения значений температур для центрального датчика*

4.2.1.10 Скорость изменения значения температуры в камере

4.2.1.10.1 Скорость изменения значения температуры по ГОСТ Р 53618 (метод 1 приложения А).

$$v_{МЭКн} = \frac{t_{90} - t_{10}}{\tau_{МЭКн}},$$

$$v_{МЭКхл} = \frac{t_{90} - t_{10}}{\tau_{МЭКхл}},$$

где $v_{МЭКн}$ *и* $v_{МЭКхл}$ *— соответственно скорости нагрева или охлаждения камеры, измеренные по ГОСТ Р 53618 (метод 1 приложения А);*

t_{10} *и* t_{90} *— значения температур равное, соответственно, 10 % и 90 % от полного интервала значений температуры между ее верхним и нижним предельными значениями, определяемые по датчику в центре камеры;*

$\tau_{МЭКн}$ *и* $\tau_{МЭКхл}$ *— интервалы времени между моментами прохождения точек* t_{90} и t_{10} *при нагреве или охлаждении.*

4.2.1.10.2 Средние скорости нагрева или охлаждения камеры, измеренные по ГОСТ 53618 (метод 2.1 приложение А)

$$v_{2.1н} = \frac{t_в - t_б}{\tau_{бв}};$$

$$v_{2.1хл} = \frac{t_б - t_{нж}}{\tau_{бнж}},$$

где $v_{2.1н}$ *и* $v_{2.1хл}$ *— средние скорости при нагреве или охлаждении камеры по методу 2.1 (от базовой, до заданной или обратно) соответственно при нагреве или охлаждении;*

$t_в$ *и* $t_{нж}$ *— соответственно верхнее или нижнее значение температуры в применяемом режиме испытаний;*

$t_б$ *— базовое значение температуры;*

$\tau_{бв}$ *— время нагрева от базовой температуры до верхнего значения диапазона;*

$\tau_{бнж}$ *— время охлаждения от базовой температуры до нижнего значения диапазона.*

4.2.1.10.3 Средняя скорость нагрева или охлаждения камеры по ГОСТ 53618 (метод 2.2 приложение Б).

$$v_{2.2н} = \frac{t_в - t_{нж}}{\tau_{нжв}},$$

$$v_{2.2хл} = \frac{t_в - t_{нж}}{\tau_{внж}},$$

где $v_{2.2н}$ *и* $v_{2.2хл}$ *— средние скорости при нагреве или охлаждении камеры от достигнутого, до другого достигнутого соответствующего заданному;*

$t_в$ *и* $t_{нж}$ *— соответственно верхнее или нижнее значение температуры в применяемом режиме испытаний;*

$\tau_{нжв}$ *— время нагрева от нижнего значения температуры до верхнего значения;*

$\tau_{внж}$ *— время охлаждения от верхнего значения температуры до нижнего значения.*

4.2.2 Характеристики скорости циркуляции воздуха в полезном объеме камеры

4.2.2.1 Вычисляют среднее значение скорости воздуха в каждой точке измерений по формуле

$$\bar{v}_{j1воз} = \frac{1}{m}\sum_{m} v_{iвво},$$

где j — номер точки измерений скорости воздуха;

i — номер измерения в данной точке;

m — число измерений в данной точке.

4.2.2.2 Вычисляют среднее значение скорости воздуха по камере по формуле

$$v_{возср} = \frac{1}{n_1}\sum_{n_1} \bar{v}_{j1воз},$$

где j — по 4.2.2.1;

n_1 *— число точек измерений скорости воздуха.*

4.2.2.3 Вычисляют градиент скорости воздуха по камере (неравномерность распределения скорости воздуха по камере) по формуле

$$v_{гр} = \bar{v}_{jв\,max} - \bar{v}_{jв\,min},$$

где $\bar{v}_{jв\,max}$ *и* $\bar{v}_{jв\,min}$ *— максимальное и минимальное из средних значений соответственно, по п. 4.2.2.1.*

Примечание — В случае измерений скорости воздуха по ГОСТ Р 53618 (подпункт 7.3.2.1, перечисление а)) в качестве средней скорости воздуха в камере принимают значение, полученное по 4.2.2.1, а градиент скорости воздуха в камере не вычисляют.

4.2.3 Характеристики влажности воздуха

4.2.3.1 Общие положения

4.2.3.1.1 В соответствии с ГОСТ Р 53616 конечным результатом аттестации камер для испытаний на стойкость к воздействию влажности является построение климатограммы, графические границы которой проводят посредством соединения нескольких характерных точек сочетания

«относительная влажность — температура». Для каждой из этих характерных точек путем измерений и вычислений определяют требуемые по ГОСТ Р 53616 характеристики камер.

4.2.3.1.2 Порядок вычисления необходимых характеристик камеры состоит в следующем:

а) по результатам измерений при помощи программ, или психрометрических таблиц, или непосредственных показаний средств измерений (в зависимости от используемого датчика влажности средств измерений, применяемых для обработки информации с датчика) определяют значение абсолютной влажности, или точки росы (по ГОСТ 53616, пункт 5.2, перечисления а), b) и с)), и относительной влажности (по ГОСТ 53616, пункт 5.2, перечисление д));

б) эти значения абсолютной влажности, или точки росы, или относительной влажности соотносятся со значениями температуры, определенными для тех же моментов времени, полученных при помощи каждого из датчиков, расположенных на границах полезного объема камеры. Таким образом определяют сочетания абсолютной влажности, или точки росы, с каждым измеренным значением температуры;

в) при помощи программ, или психрометрических таблиц, или непосредственных показаний приборов (в зависимости от используемого датчика влажности) определяют значение относительной влажности для каждого момента измерения температуры для каждого установленного датчика температуры, определяя, таким образом, сочетание значений «относительная влажность — температура»;

г) пользуясь указанными сочетаниями, проводят дальнейшие вычисления характеристик камеры для каждой характерной точки климатограммы.

4.2.3.2 Проведение вычислений

4.2.3.2.1 Для каждого датчика температуры (включая установленный в центре) вычисляют среднее значение температуры и относительной влажности. Для относительной влажности также вычисляют дисперсию и стандартное отклонение.

$$\bar{t}_j = \frac{1}{k}\sum_k t_i;$$

$$\bar{\eta}_j = \frac{1}{k}\sum_k \eta_{ij},$$

где t_{ij} — значение температуры в j-й точке при i-м измерении;

η_{ij} — значение относительной влажности в j-й точке при i-м измерении;

k — число измерений для каждого датчика;

j — обозначение порядкового номера датчика, расположенного на границе полезного объема камеры (для расположенного в центре датчика применяют индекс ц);

i — порядковый номер измерения для каждого датчика, i = k.

Примечание — Если в полезном объеме камеры для цели аттестации размещают дополнительные датчики (помимо установленных на границах полезного объема и в центре), то порядковые номера этих датчиков включают в число n (после порядковых номеров датчиков, размещаемых на границах полезного объема).

В протоколе по результатам аттестации вместо обозначения j указывают конкретный номер датчика температуры.

В пределах одной аттестации дисперсия в условиях повторяемости выражается следующим образом:

$$D_j = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}(\eta_{ij} - \bar{\eta}_j)^2.$$

Среднеквадратическое отклонение при условии, что величина $\bar{\eta}_j$ истинная, а не полученная в результате обработки выборки, определяют по формуле

$$\sigma_j = \sqrt{D_j}.$$

Если же истинная величина неизвестна, а количество измерений ограниченно (20—30 результатов), то следует пользоваться не среднеквадратичным отклонением, а стандартным отклонением.

Стандартное отклонение вычисляют по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{k}{k-1} D_j}\,.$$

4.2.3.2.2 Вычисляют средние значения температуры и относительной влажности для камеры по формулам

$$t_{ср} = \frac{1}{n}\sum_{n} \bar{t}_j$$

$$\eta_{ср} = \frac{1}{n}\sum_{n} \bar{\eta}_j\,,$$

где n, $\bar{t}_j$ и $\bar{\eta}_j$ — по пункту 4.2.3.2.1.

4.2.3.2.3 Градиенты температуры и относительной влажности

$$t_{гр} = \bar{t}_{j\ max} - \bar{t}_{j\ min},$$

$$\bar{\eta}_{гр} = \bar{\eta}_{j\ max} - \bar{\eta}_{j\ min},$$

где $\bar{t}_{j\,max}$, $\bar{t}_{j\,min}$, $\bar{\eta}_{j\,max}$ и $\bar{\eta}_{j\,min}$ — наибольшее и наименьшее из средних значений температуры и относительной влажности соответственно, вычисленные по 4.2.3.2.2.

4.2.3.2.4 Вариации температуры и относительной влажности

Значение вариаций для температуры и относительной влажности вычисляют поочередно для каждого датчика, установленного на границах полезного объема камеры:

$$t_{варj} = \bar{t}_j - \bar{t}_ц,$$

$$\eta_{варj} = \bar{\eta}_j - \bar{\eta}_ц,$$

где j — порядковый номер каждого датчика на границах полезного объема камеры;
$\bar{t}_j$ и $\bar{\eta}_j$ — по 4.2.3.2.1, за исключением $\bar{t}_ц$ и $\bar{\eta}_ц$;
$\bar{t}_ц$ и $\bar{\eta}_ц$ — по 4.2.3.2.1 для датчика температуры, установленного в центре полезного объема камеры.

4.2.3.2.5 Приведенные продолжительности влагозащиты (обобщающие параметры К)

Вычисляют приведенные продолжительности влагозащиты (по данным раздела 6, чертежей 1 и 2 и приложения 10 ГОСТ 15150) для каждого из сочетаний «относительная влажность — температура», вычисленных по 4.2.3.2.1 и 4.2.3.2.2.

Примечание — Значение обобщающего параметра К определяют отдельно по данным чертежей 1 и 2 ГОСТ 15150, обозначая их соответственно $K1_j$, $K2_j$, $K1_{ср}$ и $K2_{ср}$.

4.2.3.2.6 Градиенты приведенных продолжительностей влагозащиты:

$$K1_{гр} = K1_{j\ max} - K1_{j\ min};$$

$$K2_{гр} = K2_{j\ max} - K2_{j\ min},$$

где $K1_{j\,min}$, $K1_{j\,max}$, $K2_{j\,min}$ и $K2_{j\,max}$ — наименьшие и наибольшие значения приведенных продолжительностей влагозащиты К1 и К2 из ряда значений, вычисленных в соответствии с 4.2.3.2.5 для показателей с индексом j (индекс j см. 4.2.3.2.1).

4.2.3.2.7 Вариации приведенных продолжительностей влагозащиты:

$$K1_{j\,вва} = K1_j - K1_ц;$$

$$K2_{j\,вва} = K2_j - K2_ц,$$

где $K1_j$ и $K2_j$ — средние значения приведенных продолжительностей влагозащиты, вычисленные в соответствии с 1.2.3.2.5.

Для датчиков, обозначенных в соответствии с 4.2.3.2.1 индексом j, за исключением обозначенных индексом «ц».

4.2.3.2.8 Отклонения достигнутого значения относительной влажности воздуха (соответствующего заданному) от заданного

$$\Delta_{\eta зад} = \eta_{дзад} - \eta_{зад},$$

где $\eta_{дзад}$ — *достигнутое значение относительной влажности воздуха для камеры (соответствующее заданному);*

$\eta_{зад}$ — *заданное значение относительной влажности, указанное на контроллере.*

Примечание — Согласно ГОСТ Р 53616 (подпункт 3.2.15) в качестве достигнутого значения относительной влажности воздуха для камеры при аттестации принимают среднее значение относительной влажности воздуха камеры, вычисленное по 4.2.3.2.2.

5 Вычисление неопределенностей условий в климатических испытательных камерах для испытаний технических изделий на воздействие температуры и влажности воздуха

В настоящем разделе приведены общий обзор методов измерений температуры и влажности и, на примере аттестации двух камер, — методические рекомендации по определению неопределенностей. Пункты 5.1.1, 5.1.2 и подразделы 5.5, 5.6 являются справочными; пункты 5.1.7, 5.4.3 и подразделы 5.8—5.10 являются рекомендуемыми.

Примечание — Смотри введение, раздел III.

5.1 (4) Понятие неопределенности

5.1.1 (4.1) Неопределенность, погрешность и «истинное значение»

При любом измерении независимо от того, с какой степенью тщательности оно выполняется, всегда есть сомнение в результате. Говоря просто, неопределенность измерения — это количественное представление степени сомнения (*разброс значений, которые можно приписать измеряемой величине)* в результате измерения.

При обсуждении вопросов, связанных с понятием неопределенности, нам часто приходится иметь дело с имеющим к нему отношение, но отдельным понятием «погрешность». Погрешность измерения — это разность измеренного значения и «истинного значения».

В принципе, «истинное значение» любой величины неопределимо. Это утверждение создает проблему, так как «погрешность» определяется как *разность между результатом* измерения *и «истинным значением»*. Иногда эта разность поддается оценке. Оба этих термина следует избегать по мере возможности, а когда это необходимо, их следует использовать с осторожностью *(более корректно эти вопросы рассмотрены в разделе 3 настоящего стандарта).*

Вопрос об «анализе погрешности», рассматриваемый во многих научных статьях, следовало бы озаглавить «анализ вероятного интервала погрешности» или, более правильно, «анализ неопределенности». В более старых публикациях широко использовался термин «погрешность», в то время как правильным был бы термин «неопределенность».

Неопределенность — это не погрешность. Если режим в испытательной камере измеряется *поверенным* (калиброванным) *средством измерений* и результат измерения относительной влажности 75 %, в то время как контроллер камеры показывает 90 %, то это не означает, что неопределенность будет 15 %. Ведь известно, *что наилучшая оценка значения относительной влажности* составляет 75 %, *так как она измерена поверенным (эталонным) прибором*. Это означает, что либо показания контроллера ошибочны, либо камера плохо работает. Неопределенность — это характеристика измерения, которое показало 75 %. Ошибочно ли это показание? Если «да», то как велика эта ошибка?

Одним из наиболее важных источников информации при рассмотрении «истинного значения», неопределенности и погрешности применительно к какому-нибудь *средству измерений* является его *свидетельство о поверке* (сертификат калибровки). Чтобы гарантировано получить наилучшую оценку неопределенностей испытания, надо использовать всю информацию, которую можно почерпнуть из *свидетельства о поверке* (сертификата калибровки).

5.1.2 Определение неопределенности

В отчете о результатах измерений с целью *метрологической правильности* и полноты результатов необходимо приводить три показателя. Например, *для измеренной температуры* полное утверждение:

наилучшая оценка «истинного значения» (39,1 ± 0,3) °С с доверительной вероятностью 95 %, где

39,1 °С — наилучшая оценка «истинного значения» измеряемого показателя;

± 0,3 °С — *расширенный* доверительный интервал;

95 % — доверительная вероятность.

Объяснение этих трех составляющих приведено ниже.

5.1.3 **Наилучшая оценка истинного значения измеряемой величины**

Такой оценкой часто является показание *средства измерений, применяемого для аттестации.* Для *измерения температуры при* климатических испытаниях это может быть *показание термометра* и/или гигрометра, или, если камера аттестована, это могут быть показания контроллера камеры. Если *поверка* (калибровка) *средства измерений* или *результаты аттестации камеры (оценка метрологических параметров* контроллера) показывают, что имеет место *систематическая* погрешность, то следует ввести поправку. Например, если в результате *поверки* (калибровки) термометра обнаруживается, что он завышает показания на 1 °С, то из показания следует вычесть 1 °С. В этом случае мы будем иметь наилучшую оценку истинного значения.

5.1.4 **Доверительный интервал**

Доверительный интервал — это диапазон измеряемых значений, в пределах которого с заданной доверительной вероятностью находится «истинное значение». *При этом следует указывать расширенный доверительный интервал.* В нашем примере этот доверительный интервал равен ± 0,3 °С.

5.1.5 **Доверительная вероятность**

«Доверительная вероятность» результата измерения — это число (например, 95 %), характеризующее степень достоверности этого результата. Это вероятность того, что настоящее «истинное значение» находится в заданном диапазоне.

В большинстве случаев данные распределены нормально, и около 68 % измеренных значений попадает в интервал плюс—минус одно среднее квадратичное *значение для средних значений измеряемого показателя.* Примерно 95 % значений попадает в интервал ± 2 средних квадратичных отклонений (доверительная вероятность 95 %). *Это представляет собой расширенный доверительный интервал при доверительной вероятности 95 %.* Говоря иначе, при выполнении серии измерений не более 1 из 20 результатов не попадет в установленные пределы. Отсюда следует, что умножение среднего квадратичного отклонения на 2 обеспечивает охват 95 % диапазона значений. При доверительной вероятности 95 % мы на 95 % уверены, что «истинное значение» находится в установленном диапазоне.

Измерения обычно ведутся с доверительной вероятностью 95 %. Можно работать и с более высокой доверительной вероятностью, но при этом доверительный интервал увеличится*, сложность и трудоемкость измерений возрастет.*

5.1.6 **Сложение неопределенностей**

При аттестации камер при измерении значения какого-либо показателя, как правило, встречаются два вида статистического распределения: нормальное и равновероятное (прямоугольное). При определении неопределенностей каждого источника неопределенностей используют тот вид статистического распределения, который наиболее подходит для данного источника. При вычислении источника неопределенностей оказывается, что для этого показателя наиболее подходящим является нормальное статистическое распределение.

Прежде чем складывать неопределенности, их следует привести к единообразному виду. Они должны быть выражены в одинаковых единицах и характеризоваться одинаковой доверительной вероятностью. Все составляющие должны быть единообразны (например, верхняя и нижняя границы доверительного интервала должны базироваться на одинаковой доверительной вероятности). Это подробно изложено *в 5.9 и 5.10.*

5.2 **(5) Допуски *показателей режима испытаний***

При подготовке испытаний одной из основных проблем является способность камеры *воспроизводить и* обеспечивать *поддержание заданного режима испытаний.* Проблема возникает потому, что в методике на проведение испытаний часто устанавливают допуск на заданный показатель. Например, относительная влажность ± 5 %, температура ± 2 °С. При решении вопроса об удовлетворении требования на допуск должна учитываться неопределенность в работе *испытательной* камеры.

Допуски — это не то же самое, что и неопределенности. Допуски — это уровни качества, выбранные для процесса или изделия. В большинстве случаев целью определения неопределенности в работе камеры является выяснение вопроса, входит ли интервал неопределенности в интервал допуска на заданный показатель при проведении испытания. Решая этот вопрос, следует учитывать отклонение значения показателя при испытании вместе с неопределенностью его измерения. Используя значения, указанные в 5.2.5, мы считаем, что с доверительной вероятностью 95 % истинное значение температуры попадает в интервал (38,8—39,4) °С. Если значение температуры для испытаний задано в виде (40 ± 2) °С, то вероятность того, что истинное значение температуры попадет в допуск, будет значительно выше 95 %, потому что весь доверительный интервал попадает в область допуска для испытаний.

Если наилучшая оценка истинного значения относительной влажности составляет 81,7 %, а доверительный интервал равен ± 3,6 % при доверительной вероятности 95 %, то на 95 % можно быть уверен-

ным, что истинное значение относительной влажности попадет в интервал между 78,1 % и 85,3 %. Если интервал допуска на заданный параметр при проведении испытания составляет (85 ± 5) %, то, даже если измеренное значение попадает в этот интервал, при доверительной вероятности 95 % фактическая вероятность того, что истинное значение попадет в пределы ± 5 % от заданного, будет значительно меньше, потому что доверительный интервал целиком в область допустимых значений не попадает. Однако даже в этом случае, используя статистические методы, мы можем довольно точно оценить фактическую вероятность.

Примечания

1 В приведенном выше примере более важным является приведение температуры в камере (включая допуски на неопределенность измерений) в интервал допуска на испытание (эта ситуация подобна рассматриваемым в ГОСТ Р 53616 и ГОСТ Р 53618 случаями, когда достигнутые значения измеряемого показателя (соответствующее заданному) отличается от заданного). Для указанного выше примера с влажностью воздуха в камере при помощи контроллера необходимо установить другое заданное значение температуры, введя поправку. Значение этой поправки должно быть равно или больше разности между нижним допуском неопределенности измерений и нижним допуском на испытание.

2 Приведенные в примере значения показателей и соотношения между границами интервалов неопределенности и допусков на испытания имеют главным образом значения для испытаний изделий на устойчивость к воздействию температуры. При испытаниях на стойкость к воздействию температуры и влажности в течение некоторых промежутков времени в процессе испытаний в соответствии с методикой проведения этих испытаний могут быть допущены более широкие допуски назначения испытательных параметров. Для таких допусков нецелесообразно проводить дополнительную оценку интервалов неопределенности.

3 Приведенная в п. 1 настоящего примечания рекомендация относится к тому случаю, когда ширина диапазонов допуска на испытание больше ширины диапазона допуска в неопределенности измерений. Если же последняя больше ширины диапазона допуска на испытания, то рекомендация в пункте настоящего стандарта об определении фактической доверительной вероятности остается в силе.

5.3 (6) Измерение влажности и температуры

Принимают, что значения абсолютной влажности одинаковы во всем полезном объеме камеры, что было подтверждено измерениями в различных точках объема камеры. Принимают также, что непосредственно связанная с абсолютной влажностью точка росы независима от ее значения и также одинакова по всему полезному объему камеры. Однако это не означает, что относительная влажность будет одинаковой.

При обычных испытаниях достаточно измерить влажность только в одном месте. Однако в некоторых случаях, *например при большом объеме камеры (несколько кубометров), измерения влажности проводят в двух—трех местах, с тем чтобы получить данные для вычисления неопределенности по значению абсолютной влажности. Это делают редко, т. к. доля неопределенности от этого источника в общей неопределенности при измерении относительной влажности, как правило, незначительна.*

При проведении климатических испытаний в большинстве случаев *этот параметр* задается как относительная влажность. *Такое представление влажности играет существенную роль, так как свойства большинства материалов и соответственно изделий зависят, как правило, не от абсолютной влажности, а от сочетания «относительная влажность — температура».* Примерами процессов, на которые *указанное сочетание* оказывает заметное влияние, являются физическое расширение пластиков и древесины, биологическая активность, скорость коррозии и изменения электрического импеданса и т. д.

Различия температуры в разных местах *полезного объема* камеры имеют место даже при тщательном перемешивании воздуха, поэтому, хотя *абсолютная влажность по объему камеры* почти одинакова, разница в температуре приводит к различиям в относительной влажности. Измерения влажности только в одном месте часто оказывается достаточно для получения информации об *абсолютной влажности* в остальном объеме камеры. Такое измерение следует проводить в центре камеры или со стороны обдува испытуемого объекта.

Измерение влажности может быть проведено с помощью гигрометра любого типа, но обычно выбирают один из трех типов гигрометров:

- конденсационный гигрометр (конденсация на зеркале);
- психрометр;
- датчик относительной влажности (емкостной).

Пример результатов измерений и вычислений приведен в приложении А.

Примечание — В настоящем пункте МЭК 60068-3-11:2007 описание влияния влажности на материалы и изделия и перечень измеряемых параметров камеры приведены недостаточно полно и точно. Подробнее см. (приложение А), ГОСТ Р 53616 (п. 3.2.13, примечание), а также 4.2.3.2.5—4.2.3.2.8.

5.4* (7) *«Преимущества и недостатки различных методов аттестации»

Существует три основных метода определения характеристик режимов климатической камеры. Применение этих методов зависит от требований к различным типам испытаний.

***5.4.1* (7.1) Камера без загрузки**

5.4.1.1 Преимущества:

а) измерения производят во всем полезном объеме;

б) аттестацию проводят не реже одного раза в год;

в) при смене испытуемого изделия повторения аттестации не требуется;

г) пригодность камеры оценивается без изделия;

д) стоимость относительно невысока. Для аттестации многих камер достаточно одного набора *поверенного* (калиброванного) измерительного оборудования;

е) дает возможность сравнить реальные метрологические характеристики камеры с заявленными производителем.

5.4.1.2 Недостатки:

а) трудно количественно оценить влияние испытуемого изделия *на распределение воздушных потоков и, следовательно, распределение температуры и относительной влажности в полезном объеме при наличии изделия,* хотя изделия могут быть пренебрежимо малы по сравнению с объемом камеры. Сложно количественно оценить неопределенность в результате влияния загрузки;

б) сложно количественно оценить влияние тепловыделяющих изделий *на процесс поддержания ВВФ*;

в) необходимо учитывать дрейф, разрешающую способность и *повторяемость результатов испытаний при* работе контроллера камеры и их влияние на вычисление неопределенностей *5.4.2* (7.2).

Загрузка в виде типового изделия.

Применение загрузки в виде типового изделия для аттестации является идеальным, если в камере планируется проведение испытаний одних и тех же изделий.

5.4.2.1 Преимущества:

а) может быть точно оценено влияние загрузки на *систему* управления камерой, т. к. изделие подвергают воздействию известных факторов;

б) для проведения испытаний можно выбрать наиболее подходящую камеру, обеспечивающую требуемые условия испытаний;

в) правильное расположение датчиков, в том числе на изделии, дает возможность получить подробную информацию о его наиболее критичных участках;

г) поддаются количественной оценке неравномерность характеристик камеры в ее полезном объеме, создаваемая тепловыделяющими изделиями;

д) относительно невысокая стоимость. Для нескольких камер достаточно одного набора *поверенного* (калиброванного) измерительного оборудования.

5.4.2.2 Недостатки:

а) при существенных отличиях испытуемого изделия от загрузки в виде типового изделия требуется повторная аттестация *камеры либо проведение испытания изделия по ГОСТ Р 54083 (метод 2), что не всегда возможно*;

б) необходимо учитывать влияние на расчеты неопределенностей дрейфа, разрешающую способность и *повторяемость результатов испытаний при* работе контроллера камеры.

Примечание — В МЭК 60068-3-11 подраздел 7.2, соответствующий настоящему разделу, не содержит упоминания стандарта МЭК 60068-3-7, в котором установлены некоторые более универсальные методы проверки влияния загрузки на режим камеры для испытания на стойкость к воздействию температуры. В то же время в МЭК 60068-3-7 отсутствует метод, описанный в настоящем разделе. В ГОСТ Р 54083 гармонизирующим МЭК 60068-3-7, введен метод испытания с загрузкой в виде типового изделия. Кроме того, в него введен дополнительный метод испытаний, отсутствующий в МЭК 60068-3-7, при помощи которого определяют максимальное значение тепловыделения загрузки, при котором камера еще способна поддерживать заданный режим.

_5.5_ (7.3) Измерение факторов, воздействующих на изделие в полезном объеме камеры во время проведения испытаний [_ГОСТ Р 54083 (метод 2)_]

_5.5.1_ Преимущества:

а) этот метод обеспечивает получение наилучшей оценки измеренного значения параметров, воздействующих на испытуемое изделие. Метод _наиболее объективен_ при испытаниях различных изделий и проведении различных испытаний;

б) метод позволяет точно оценить воздействие изделия на _систему_ управления камерой;

в) не требуется оценка динамики дрейфа _характеристик_ камеры;

г) правильное расположение датчиков дает возможность получить подробную информацию о наиболее критичных частях изделия;

д) поддаются количественной оценке неравномерности характеристик камеры в ее полезном объеме, создаваемые тепловыделяющими изделиями;

е) метод может быть экономичным, потому что камеру не аттестуют в ненужных режимах.

_5.5.2_ Недостатки:

а) для каждого испытания требуется измерительное оборудование;

б) для каждого испытания должен проводиться расчет неопределенностей;

в) метод может быть наиболее дорогим из-за постоянного использования измерительного оборудования.

Примечание — Этот недостаток компенсируется точными формулировками ограничения применимости данного метода, установленными в ГОСТ Р 54083.

_5.6_ (7.4) Измеряемые характеристики камеры

При измерениях во время испытаний для измеряемой характеристики может быть выполнен расчет неопределенности. С другой стороны, можно проводить аттестацию для каждой измеряемой характеристики камеры. На практике, _при периодической аттестации камеры_, однако, для каждой возможной характеристики камеры не всегда нужно проводить аттестацию.

Если измерения не проводят во время испытаний, то вся процедура измерений и анализа повторяется для серии характеристик, которая, по меньшей мере, перекрывает область применения камеры (см. пример в _ГОСТ Р 53616, подраздел 8.3.4_).

При измерении только температурных _характеристик камеры_ (т. е. при выключенной влажности) измерения следует проводить в достаточном количестве точек, чтобы измерить:

- верхнее предельное значение температуры;
- нижнее предельное значение температуры;
- по крайней мере два значения температуры при охлаждении;
- по крайней мере два значения температуры при нагреве.

Примечание — Точнее о выборе промежуточных значений температуры — см. ГОСТ Р 53618.

В дополнение к измерению температурных _характеристик камеры_ следует провести измерения влажностных _характеристик камеры;_ по крайней мере _тех_ ее значений, при которых предполагается использование камеры для испытания изделий. Столь большое количество измерений необходимо потому, что работа систем управления влажностью и температурой вызывает нестабильность градиентов и приводит к флюктуациям. Регулирование температуры осложняется при включенной системе влажности.

Если камера используется только для нескольких заданных режимов испытаний, то измерения проводятся только для них.

Если испытания проводят в условиях, которые не предусмотрены при аттестации, то между соответствующими значениями условий аттестации необходимо выполнить интерполяцию. Интерполировать следует с осторожностью и предпочтительно только в тех случаях, если значения условий аттестации достаточно близки к _условиям_ испытаний.

_5.7_ (7.5) _Порядок установки датчиков и измерения характеристик камеры_

Для всех методов необходимые измерения одинаковы; вопрос только в том, когда проведены измерения и как анализируют результаты.

_5.7.1_ (7.5.1) Температура

Для измерений температуры в точках, распределенных в объеме камеры, используют набор датчиков температуры. В _ГОСТ Р 53618_ описываются методы измерений, но в нем ничего не говорится о влиянии неопределенностей, и речь идет только о камерах без загрузки.

Для камеры без загрузки обычно ставят 8 датчиков по углам полезного объема и девятый датчик в центре. Для более крупных камер может использоваться большее число датчиков.

При загрузке в виде типового изделия или испытываемого изделия иногда устанавливают 8 датчиков, по одному вблизи каждого угла изделия. Если испытуемое изделие имеет малые размеры, то может быть достаточно меньшего числа датчиков, но их должно быть по крайней мере четыре. В случае крупноразмерных изделий или изделий необычной формы, или когда какой-либо участок на испытуемом изделии представляет особый интерес, устанавливают дополнительные датчики. В случае испытаний тепловыделяющего изделия измерение температуры подаваемого воздуха представляет интерес для отчета, а чтобы имелась возможность количественно оценить местные изменения температуры камеры от испытываемого образца, устанавливают соответствующие датчики.

5.7.2 **(7.5.2) Влажность**

В случае измерений влажности гигрометр устанавливают в центре камеры или (если в центре камеры установлен испытуемый образец) на обдуваемой стороне этого образца. Гигрометр может быть любого типа, но в большинстве случаев используется гигрометр *по 5.3*. По показаниям указанных гигрометров определяют абсолютную влажность (точку росы). Она предполагается одинаковой по всей камере, а относительную влажность вычисляют по определенному выше значению абсолютной влажности и значениям температуры от каждого из температурных датчиков.

Вычисление градиентов относительной влажности должно проводиться для каждого режима, чтобы обеспечить возможность проследить за происходящими изменениями. Учитывают, что датчики относительной влажности и психрометры чувствительны к температуре и в результате оценка, полученная с помощью этих приборов, может превышать истинное значение.

Другим методом является контроль по единственному гигрометру через систему трубок, подводимых к различным точкам, с попеременным переключением.

5.7.3 **(7.5.3) Порядок регистрации *результатов измерений***

Для гарантии получения точной оценки от каждого датчика для каждого заданного режима проводят по меньшей мере 5, а предпочтительнее — 20 или более измерений. Измерения (регистрации показаний датчика) берут в достаточном интервале времени, чтобы зафиксировать флюктуации системы управления. Обычно достаточен интервал времени 30 мин.

Измерения проводят от всех датчиков после стабилизации режима камеры на каждом из режимов. Измерения следует проводить достаточно часто для каждого датчика на протяжении всего периода измерений. Пример обычных измерений и их анализа приведен в таблице А.1. Следует убедиться, что интервалы между измерениями не совпадают с периодом колебаний системы управления.

Примечание — В ГОСТ Р 53616 и ГОСТ Р 53618 порядок измерения показателей, в частности измерения параметров колебаний значения показателей, и регистрации результатов измерений установлен точнее, чем в настоящем стандарте.

5.8 **(7.6)** ***Обобщенные виды*** **источников неопределенности**

При любых измерениях можно выделить четыре *обобщенных вида* источников неопределенности.

5.8.1 **(7.6.1) Неопределенности *поверки* (калибровки) *средств измерений (систем)***

Значения неопределенностей *или погрешностей, выявленные при поверке* (калибровке) измерительных приборов, приведены в их *свидетельствах о поверке* (сертификатах калибровки), *паспортах или формулярах (далее — эксплуатационная документация на прибор). Если в этой документации приводится показатель неопределенности, то кроме доверительного интервала приводится значение доверительной вероятности, которая* обычно составляет 95 %. *Если показатель доверительной вероятности не приведен, это означает, что в указанной документации приведены показатели погрешности.* При оценке значений неопределенностей, приведенных в *документации на приборы*, следует учесть все виды неопределенностей, включая *разрешающую способность приборов*, кратковременные колебания показателей во время измерения неопределенностей, а также неопределенность измерений.

5.8.2 **(7.6.2) Неопределенности *средств измерений***

Составляющими неопределенности применяемых *средств измерений* являются *разрешающая способность* и дрейф прибора, *а также повторяемость (сходимость) результатов измерений*. При этом повторение измерений позволяет уменьшить ширину доверительного интервала.

5.8.3 **(7.6.3) Неопределенности во время измерений**

К основным неопределенностям, которые возникают в процессе измерений, обычно относятся градиенты и колебания значений измеряемого показателя. Метод измерений должен обеспечить измерение этих градиентов и колебаний.

5.8.4 **(7.6.4) Дополнительные неопределенности**

Следует принимать во внимание любой другой фактор, который может оказать влияние на результат измерения, например различие условий проведения поверки (калибровки) поверяемого прибора и условий его применения. Например, большинство поверочных организаций проводят *поверку* (калибровку) датчиков температуры в ваннах с маслом, солью или растворителем. При этом чувствительный элемент датчика погружают в ванну, а соединительные провода находятся под воздействием температуры лаборатории, в то время как в камере чувствительный элемент датчика и соединительные провода могут находиться в одинаковых условиях. Соответственно при *поверке* (калибровке) должен сказаться эффект теплопроводности, который может отсутствовать при испытаниях. Этот эффект должен быть учтен, соответствующая поправка должна быть вычислена или оценена, если вычислить ее невозможно. Неопределенность расчетной (оцененной) поправки должна затем быть включена в баланс неопределенностей.

В некоторых камерах весьма существенным может быть влияние излучения. Если результаты измерений при помощи датчиков, расположенных в различных местах полезного объема камеры, непредсказуемо различны, то можно предполагать влияние излучения на эти результаты (например, если температура в различных частях камеры значительно отличается от заданной температуры); следует провести дополнительное испытание с использованием датчиков температуры, имеющих различные цвета (например, блестящий и черный). При температурах выше 100 °С эффект излучения оказывает все большее влияние как на измерительный датчик, так и на образец.

5.9 **(7.7) Основные *конкретные* источники неопределенности**

Ниже рассматриваются наиболее важные *конкретные* источники неопределенности, однако их перечень не является исчерпывающим. В любом анализе неопределенности формирование перечня ее причин является первым шагом. В этом перечне должны содержаться описания всех источников неопределенности, однако некоторые из них можно рассматривать как несущественные.

5.9.1 **(7.7.1) Неопределенность (*погрешность*) *поверки* (калибровки) эталонного прибора**

Показатели неопределенности (*погрешности*) *поверки* (калибровки) эталонного прибора указаны в *документации на прибор*. Не путать с «поправкой». К неопределенности (*погрешности*) *поверки* (калибровки) может иметь отношение целый ряд исходных измерений, каждое из которых вносит вклад в общую неопределенность измерений.

5.9.2 **(7.7.2) Дрейф эталонного прибора**

Как правило, характеристики приборов медленно изменяются со временем. На скорость таких изменений могут повлиять условия применения, а для некоторых приборов этот эффект оказывает существенное влияние. Данные последовательных *поверок* (калибровок) очень важны для оценки пределов дрейфа в процессе эксплуатации, но сначала оценить дрейф можно по данным изготовителя. Обычно изготовители указывают дрейф для идеальных условий, поэтому надо принять большее из заданных изготовителем значений. Необходимо учитывать дрейф всех приборов.

5.9.3 **(7.7.3) Разрешающая способность *средств измерений***

Речь идет о разрешающей способности *средств измерений*, используемых для измерения условий в камере. При анализе неопределенности следует учесть разрешающую способность контроллера камеры, но она исключается, если измерения производятся во время испытаний.

5.9.4 **(7.7.4) Влияние температуры**

Для ряда приборов имеют большое значение температурные коэффициенты. Приборы, работающие вблизи камеры для климатических испытаний зачастую подвержены колебаниям температуры окружающей среды. Обычно, даже в случае, когда температура номинально поддерживается постоянной, влияние температуры заслуживает внимательной оценки для последующей коррекции. Однако даже после корректирующих мер некоторая степень неопределенности сохраняется.

5.9.5 **(7.7.5) Гистерезис**

Значение гистерезиса может быть достаточно большим для определенных типов датчиков относительной влажности и некоторых типов датчиков температуры.

5.9.6 **(7.7.6*)* Повторяемость измерений**

Повторяемость есть степень совпадения ряда повторяемых измерений одного и того же свойства при одинаковых условиях.

5.9.7 **(7.7.7) Флюктуации**

Флюктуации — это изменения измеряемого параметра за некоторый промежуток времени. Они имеют место в большинстве случаев измерений. При климатических испытаниях они являются, как правило, одним из факторов, вносящих наибольший вклад в общую неопределенность.

Флюктуации влажности имеют место по двум основным причинам. Может флюктуировать *значение абсолютной влажности* или точка росы. Кроме того, причиной флюктуаций относительной влажности являются флюктуации температуры, даже в том случае, когда *абсолютная влажность* относительно стабильна. Оба этих фактора необходимо учитывать и включать в анализ неопределенности.

Реакция датчиков температуры и влажности может быть различна; они не обязательно точно отражают то, что в действительности происходит в камере. Чтобы определить размах флюктуаций, для измерений должны быть использованы приборы с быстрой реакцией. Изменение режима камеры в большинстве случаев носит регулярный циклический характер *(то есть имеют место периодические колебания)* — значение параметра колеблется относительно среднего значения и, если измерения проводят в одной и той же точке цикла (например, на максимуме), результат будет ошибочным. Это явление называется «неоднозначность», его следует обнаружить и принять соответствующие меры — например, проводить измерения с частотой, по меньшей мере в 4 раза большей, чем частота цикла камеры, или проводить измерения со случайным интервалом.

Влияние флюктуаций на расчет среднего значения можно свести к минимуму, если взять ряд показаний и вычислить неопределенность среднего значения. Повышение точности результата есть функция квадратного корня из числа измерений, и обычно бывает достаточно 20 измерений.

Примечание — В ГОСТ Р 53616 и ГОСТ Р 53618 применены требования по измерению параметров колебаний, а не флюктуаций, что является более точным и корректным для целей аттестации камер.

Пики и провалы циклического изменения режима климатической камеры могут быть зафиксированы с помощью быстро реагирующего (с малой инерционностью) датчика. Медленно реагирующий (крупноразмерный) датчик также может зафиксировать цикличность системы управления, но показания пиков и провалов считать будет невозможно и неспособность датчика измерять пиковые значения температуры, возможно, надо будет рассматривать как компонент неопределенности. Флюктуации температуры показаны на рисунке 1.

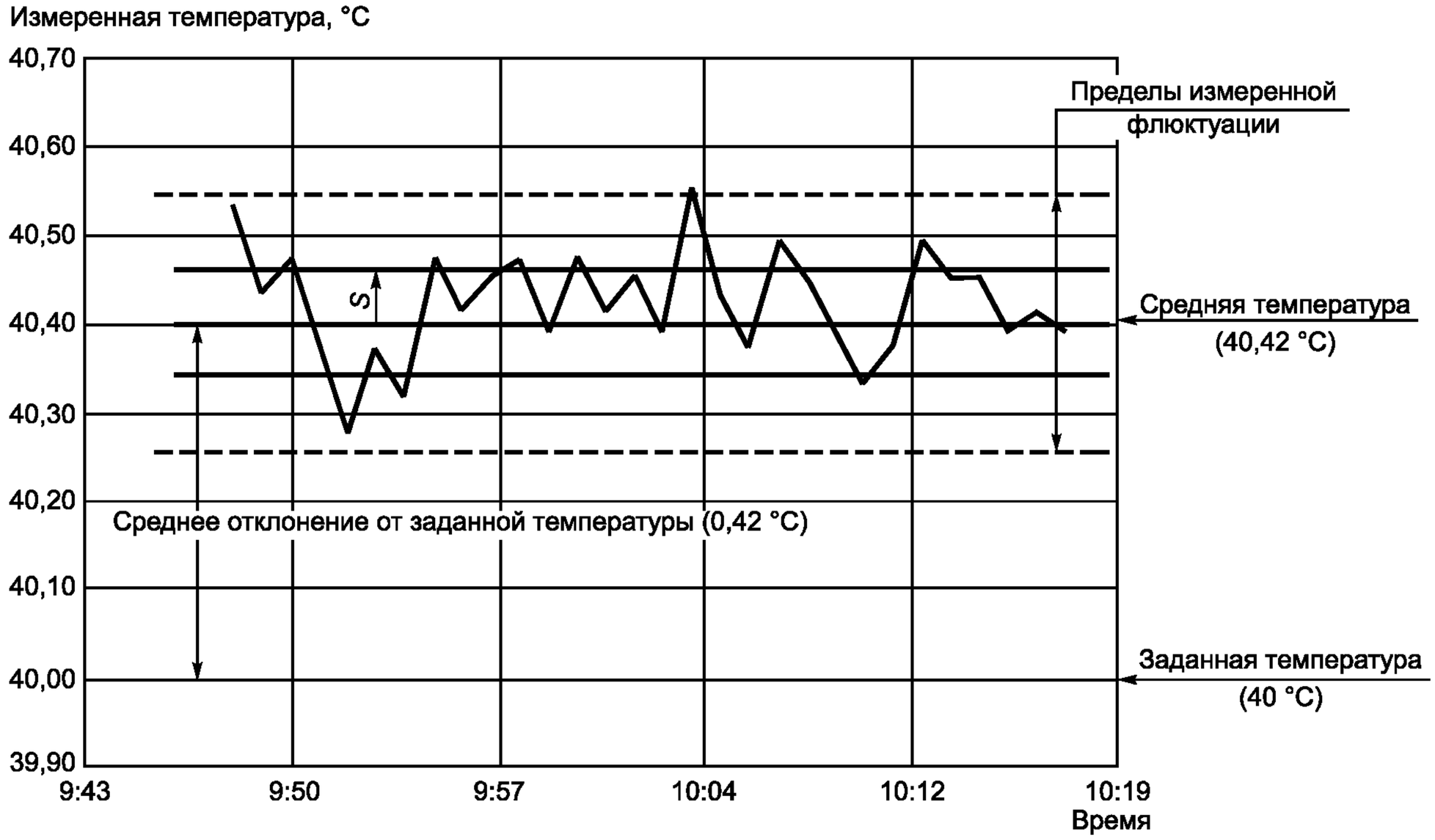

Рисунок 1 — Пример флюктуации температуры датчика

5.9.8 (7.7.8) Градиенты

Градиент — это наибольшие различия между значениями показателя в зависимости от места его измерения в полезном объеме. В большинстве случаев климатических измерений градиенты температуры — это главный источник неопределенности. Чтобы оценить значения температурных градиентов необходимо проводить измерения в различных точках вблизи испытуемого образца или на границах полезного объема камеры при аттестации камеры без загрузки.

Градиенты *абсолютной влажности* в камере обычно сравнительно невелики, хотя это может оказаться не так, если где-либо в камере имеет место конденсация. Однако, как и в случае с флюктуациями, градиенты температуры приводят к градиентам относительной влажности даже тогда, когда *значение абсолютной влажности* относительно стабильно.

5.9.9 **(7.7.9) Дополнительные причины неопределенности при аттестации камеры без загрузки или камеры с типовой загрузкой**

Такими причинами являются:

- дрейф измерительных приборов камеры;
- разрешающая способность измерительных приборов;
- *повторяемость (сходимость) результатов измерений* при использовании конкретного прибора.

5.9.10 **(7.7.10) Дополнительные причины неопределенности при аттестации камеры без загрузки**

Если камера аттестована без загрузки, то при конкретных испытаниях влияние испытуемого образца может вносить дополнительную неопределенность.

Если размеры испытуемого образца являются существенными по сравнению с размерами полезного объема камеры, то следует использовать какой-нибудь из методов *(например, ГОСТ Р 54083 (метод 2))*, чтобы определить его влияние на неопределенность.

Особое внимание следует обращать на тепловыделяющие нагрузки.

5.10 **(8) Оценка источников неопределенности, их расчет *и расчет общей неопределенности камеры при определении ее конкретной характеристики***

5.10.1 Классификация источников неопределенности, приведенная в 5.8 и 5.9, содержит общие описания, однако неудобна для проведения конкретных расчетов. В настоящем пункте приведена обобщенная классификация источников неопределенности и обобщенные методические указания для расчетов неопределенностей этих источников. Более подробные пояснения и методические указания по проведению расчета неопределенности каждого источника, рассматриваемого в таблицах 1 и 2, приведены в пояснениях к этим таблицам.

5.10.2 Оценку и расчет всех неопределенностей по результатам измерения наиболее удобно проводить при помощи таблицы 1. Таблица включает в себя данные рассмотрения различных типов источников неопределенности.

Подробный порядок вычисления неопределенностей изложен в настоящем стандарте в виде типовых примеров обработки результатов измерения температуры и влажности, приведенных в разделах 5.11 и 5.12 (таблицы 1 и 2). Эти примеры приведены для доверительной вероятности 95 %.

Примечание — Указанные примеры представляют собой случай, когда в паспортных и других данных на измерительные приборы (системы) приведены значения погрешностей, а не неопределенностей.

5.10.3 Оценка неопределенности результатов измерений конкретной характеристики камеры при аттестации последней состоит из двух основных этапов:

1 этап Составление перечня основных источников неопределенностей (баланс неопределенности) и вычисление неопределенности каждого источника;

2 этап Вычисление общей неопределенности результатов измерения конкретной характеристики камеры.

5.10.4 Этап 1.

Составляют перечень источников неопределенности, характерных для определяемой характеристики камеры.

Выполнение этого этапа оканчивается определением неопределенности для каждого источника. Неопределенность должна быть представлена в форме стандартного отклонения и будет использована для вычисления общей стандартной неопределенности. При этом выделяют четыре варианта.

1 — Источник неопределенности — эталонный измерительный прибор.

Как указывалось, этот источник, в свою очередь, состоит из нескольких более мелких источников неопределенностей, так что в данном случае принимают, что имеет место нормальное статистическое распределение. Значение погрешности для данного случая принимают по паспортным данным или по протоколу очередной поверки прибора. При этом полагают, что в данных документах

приведено значение погрешности, вычисленной для расширенного доверительного интервала с доверительной вероятностью 95 %. Поэтому для определения расчетного стандартного отклонения (совпадающего в данном случае с доверительным интервалом для среднего; см. 3.2.14, примечание 1) принимают делитель, равный 2.

2 — Источник неопределенности — повторяемость (сходимость) результатов испытаний.

В данном случае определение стандартного отклонения результатов измерения температуры для каждого датчика, расположенного в полезном объеме, рекомендуется проводить по результатам непосредственных измерений. Эти результаты имеют нормальное статистическое распределение. При достаточном числе измерений вычисленное по их результатам стандартное отклонение совпадает с доверительным интервалом для среднего (см. 3.2.14, примечание 1) при доверительной вероятности 95 %. Это стандартное отклонение принимают в качестве расчетного, поэтому делитель равен 1.

3 — Источник неопределенности — градиент измеряемого показателя.

По определению градиент представляет собой разность между наибольшим и наименьшим средними значениями показателя из числа определенных для каждого датчика, размещенного в полезном объеме камеры. Учитывается, что для каждого из таких датчиков вычислено стандартное отклонение. Обычно в качестве стандартного отклонения для показателя, представляющего собой сумму или разность двух составляющих, принимают значение стандартного отклонения для той составляющей, для которой это значение наибольшее. Поэтому для градиента в качестве расчетного стандартного отклонения логично принять наибольшее стандартное отклонение, получившееся для членов указанной разности. Однако для большей надежности конечного результата иногда рекомендуется принять в качестве расчетного наибольшее стандартное отклонение, получившееся для одного из всех установленных датчиков.

4 — Источники неопределенности, для которых по разным причинам принимают, что имеет место прямоугольное статистическое распределение. В частности, такое распределение имеет место для систематической погрешности (см. 3.2.21 и 3.2.22).

В этом случае полагают, что приведенные для разных источников неопределенности значения погрешности вычислены для расширенного доверительного интервала с доверительной вероятностью 95 %. Поэтому для определения расчетного стандартного отклонения принимают делитель, равный корню квадратному из трех (1,73).

5.10.5 Этап 2.

Определяют общую стандартную неопределенность. Ее значение умножается на коэффициент расширения k = 2 для определения расширенного интервала неопределенности, который может интерпретироваться как двусторонний доверительный интервал, включающий в себя истинное значение измеряемой величины с вероятностью 95 %.

Примечание — В 5.10.4 и в таблицах 1 и 2 приведены примеры расчета неопределенностей каждого источника для того случая, когда в документации на измерительные приборы приведены значения погрешностей измерений, связанные с данным прибором. Если в документации на приборы приведены значения неопределенностей, эти значения непосредственно используют для вычисления расчетного стандартного отклонения, приводимого в таблицах 1 и 2 для дальнейшего вычисления обобщенной среднеквадратичной неопределенности.

5.11 (9) Общая неопределенность измерения температуры

5.11.1 (9.1) Общие сведения

В таблице 1 проиллюстрирован метод сложения неопределенностей по данным таблицы А1. Каждый источник неопределенности подробно описан в пояснении к таблице 1. Этот метод может быть использован для камер на воздействие температуры и для камер испытаний на воздействие сочетания «относительная влажность — температура».

Т а б л и ц а 1 — Расчет неопределенностей по результатам измерения температуры

	Источник неопределенностей	Значение погрешности (неопределенности), °С	Вид статистического распределения	Делитель	Стандартная неопределенность *(расчетное стандартное отклонение)*	Дисперсия неопределенности (квадрат стандартной неопределенности)
Эталонный измерительный прибор	Поверка (калибровка)	0,100	Нормальное	2,00	0,050	0,002 500
	Повторяемость	0,010	Нормальное	1,00	0,010	0,000 100
	Гистерезис	0,010	Прямоугольное	1,73	0,006	0,000 033
	Влияние температуры	0,010	Прямоугольное	1,73	0,006	0,000 033
	Дрейф	0,100	Прямоугольное	1,73	0,058	0,003 333
	Линейность	0,020	Прямоугольное	1,73	0,012	0,000 133
	Разрешающая способность	0,010	Прямоугольное	1,73	0,006	0,000 033
Камера	Градиент температуры	0,469	Нормальное	1,00	0,0469	0,219 961
	Флюктуации температуры	0,061	Нормальное	1,00	0,061	0,003 721
	Общее среднее	0,026	Нормальное	1,00	0,026	0,000 676

Сумма квадратов 0,230 525.

Общая среднеквадратичная неопределенность ± 0,480 °С.

Расширенная неопределенность при 95 % доверительной вероятности ± 0,96 °С.

Пояснения к таблице 1

1 Неопределенность поверки (калибровки) эталонного измерительного прибора (± 0,1 °С) указана в паспорте термометров. Предполагается, что неопределенность поверки (калибровки) имеет нормальное распределение, потому что она представляет собой сумму целого ряда составляющих калибровочной последовательности. Эта неопределенность указана для доверительной вероятности 95 %, так что ее надо поделить на 2, чтобы получить стандартную неопределенность.

2 Повторяемость, если это возможно, следует измерять путем непосредственных измерений. Если ее значение вычисляют по последовательности повторяющихся измерений (в данном случае ± 0,01 °С), то повторяемость серии показаний образует нормальное распределение, характеризующееся некоторым средним значением и оцененным стандартным отклонением. Стандартная неопределенность равна стандартному отклонению (т. е. делитель имеет значение 1). С другой стороны, ее значение можно взять из технической документации на термометры и рассматривать как прямоугольное распределение вероятностей, как это описано в следующем параграфе.

3 Гистерезис представляет собой разность между результатами при повышении и снижении температуры. Значение ± 0,01 °С взято из свидетельства о *поверке* (калибровке). Для получения этого значения при первичной *поверке* (калибровке) термометров были проведены измерения при повышении и снижении температуры в среднем диапазоне температур. Поскольку предполагается прямоугольное статистическое распределение, то для получения стандартной неопределенности результаты измерения должны быть разделены на корень квадратный из трех (1,73).

4 Влияние температуры происходит вследствие наличия температурного коэффициента электронной составляющей измерительного прибора и изменений температуры, которые он испытывает в процессе эксплуатации. По данным технической документации изготовителя (температурный коэффициент электронной составляющей — 0,001 °С/°С) и условий эксплуатации (20 ± 10) °С вычислено, что результат влияния температуры не может превышать ± 0,01 °С. Вероятность работы при средних или крайних значениях этого диапазона определить невозможно, поэтому делается предположение о прямоугольном статистическом распределении. Значение эквивалентного стандартного отклонения определяют путем деления указанной величины на корень квадратный из трех. Стандартная неопределенность равна стандартному отклонению (делитель везде имеет значение квадратного корня из трех).

5 Дрейф эталонного прибора оценивается сравнением данных свидетельств о *поверке* (калибровке) двух следующих друг за другом операций *поверки* (калибровки). В рассматриваемом примере разность между данными *поверки* (калибровки) составляет 0,1 °С. Предполагается, что любое последующее изменение может быть в любом из двух направлений и иметь то же значение. Поэтому предполагается прямоугольное распределение. Для того чтобы получить стандартную неопределенность, предельные значения делят на корень квадратный из трех.

6 Линейность характеризуется величиной отклонения показаний датчика или измерительного прибора от прямой линии, определенного методом линейной регрессии. Отклонение предполагается в любом направлении и равновероятным в пределах установленного значения нелинейности. Таким образом, следует сделать предположение о прямоугольном распределении со значением ± 0,02 °С, а для того чтобы получить стандартную неопределенность, предельные значения делятся на корень квадратный из трех.

7 Разрешающая способность (в данном случае 0,01 °С) — это неопределенность, связанная с цифровой индикацией. Просто по наблюдению невозможно сказать, изменится ли показание до следующей цифры вверх или вниз. Истинное значение равновероятно между верхним и нижним пределами, и, таким образом, делается предположение о прямоугольном распределении и предельные значения делят на корень квадратный из трех, чтобы получить стандартную неопределенность. Для некоторых измерительных приборов возможно принятие половины значения этого числа (т. е. ± 0,005 °С).

8 Градиент температуры можно определить по данным таблицы А.1. При каждом измерении вычислялось среднее значение и стандартное отклонение показаний всех восьми датчиков. Так как градиент температуры представляет собой разность средних значений для двух датчиков, то в этом случае мерой неопределенности является наибольшее значение стандартного отклонения, а именно ± 0,469 °С (см. 5.10.4, 3 вариант). Результатом, вносимым в таблицу, будет стандартное отклонение от результатов повторяющихся измерений, и, следовательно, распределение предполагается нормальным и делитель равен 1.

9 Флюктуации также определяются по таблице А.1. Для каждого датчика вычисляется среднее значение и стандартное отклонение за период испытания. Мерой флюктуаций является стандартное отклонение. Самым надежным предположением будет взять наибольшее его значение, а именно ± 0,01 °С. Учитывая, что показателем является стандартное отклонение, делаем предположение о наличии нормального статистического распределения, и делитель будет равен 1. Как и в случае градиентов, при больших расхождениях стандартных отклонений возможен выбор наибольшей разности и рассмотрение полученного диапазона как прямоугольного распределения.

10 Общее среднее всех данных измерений в таблице А.1, равное 39,8 °С, имеет вероятностную природу и не является истинным средним значением. Значение погрешности для общего среднего, равное 0,026 °С, — фактически представляет собой общее стандартное отклонение, приведенное в таблице А.1 (± 0,397 °С), деленное на квадратный корень из числа измерений (240). Этот компонент, рассматриваемый как «стандартное отклонение от среднего», может показаться пренебрежимо малым, но в данном случае он включается в общее значение неопределенности, так как при малом количестве измерений он может оказаться существенным.

11 Результатом этого анализа измерений, выполненных в процессе испытаний откалиброванным эталонным прибором, является то, что возможно сделать следующее утверждение: в данном примере среднее значение температуры будет составлять (39,8 ± 0,96) °С при доверительной вероятности 95 %.

Как указывалось в предыдущих разделах, при выполнении анализа неопределенностей всегда делают допущения. Их нужно четко формулировать. В общем случае небольшие остаточные ошибки в результате этих допущений не окажут серьезного воздействия, если они не относятся к одной из двух или трех наиболее важных составляющих неопределенности.

5.11.2 (9.1) Дополнительные замечания

Если в приведенном выше примере измерения проводят во время испытаний, то неопределенность по температуре составит ± 0,96 °С.

Если измерения выполняются с типовой нагрузкой, то необходимо учесть разрешающую способность контроллера камеры и его дрейф. Их нужно скомбинировать (в виде суммы квадратов) с общей неопределенностью вышеуказанных измерений, в результате будет получена общая неопределенность, учитывающая неопределенность процесса испытания образца.

Если проводилась аттестация камеры без загрузки, то результаты аттестации следует дополнить показателями, учитывающими возможное влияние загрузки.

5.12 (10) Общая неопределенность измерения относительной влажности

Прежде чем оценить неопределенность измерения относительной влажности в процессе самого измерения, необходимо оценить неопределенность при измерении температуры в точках расположе-

ния датчиков, так как эти значения температуры используются в расчетах относительной влажности в указанных точках.

5.12.1 **(10.1) Неопределенность измерения температуры в каждой точке расположения датчика**

5.12.1.1 Ниже приведены результаты определения неопределенности измерения температуры в некоторых точках камеры, которые далее будут учитываться при оценке неопределенности измерения влажности в этих точках. Учитываемые составляющие неопределенности и анализ очень похожи на приведенные в *5.11*, за исключением того, что в расчет не включены составляющие неопределенности градиента и общего среднего. Суммирование стандартных неопределенностей с наибольшим удобством выполняется с помощью электронной таблицы.

Т а б л и ц а 2 — Расчет неопределенностей температур в каждой точке установки датчиков

	Источник неопределенностей	Значение погрешности (неопределенности), °С	Вид статистического распределения	Делитель	Стандартная неопределенность (*расчетное стандартное отклонение*)	Дисперсия неопределенности (квадрат стандартной неопределенности)
Эталонный измерительный прибор	Калибровка	0,100	Нормальное	2,00	0,050	0,002 500
	Сходимость	0,010	Нормальное	1,00	0,010	0,000 100
	Гистерезис	0,010	Прямоугольное	1,73	0,006	0,000 033
	Температурные эффекты	0,010	Прямоугольное	1,73	0,006	0,000 033
	Дрейф	0,100	Прямоугольное	1,73	0,058	0,003 333
	Линейность	0,020	Прямоугольное	1,73	0,012	0,000 133
	Разрешение	0,010	Прямоугольное	1,73	0,006	0,000 033
	Флюктуации температуры в камере	0,061	Нормальное	1,00	0,061	0,003 721

Суммирование температурных неопределенностей в каждой точке.

Сумма квадратов 0,009853.

Суммарная стандартная неопределенность ± 0,099 К.

Расширенная неопределенность на 95%-ном доверительном уровне ± 0,20 К.

5.12.2 **(10.2) Неопределенность измерения относительной влажности**

В рассматриваемом примере каждое значение относительной влажности вычислялось по точке росы, определяемой с помощью единственного датчика влажности, и значению температуры, измеренному соответствующим отдельным датчиком температуры.

В приведенном ниже анализе рассматривается баланс неопределенности результатов измерения относительной влажности. Сделанные допущения относительно идентификации источников неопределенности и способ получения значений неопределенности аналогичны приведенным в *5.11* с одним отличием: многие значения, включенные в баланс неопределенности, в свою очередь, представляют собой сумму более мелких неопределенностей. Кроме того, стандартные неопределенности должны перед суммированием быть выражены в единицах относительной влажности.

В рассматриваемом примере номинальным режимом является температура 40 °С и относительная влажность 85 %. При этих условиях изменение температуры в пределах ± 0,1 °С соответствует изменению относительной влажности в пределах ± 0,45 %. Изменение температуры точки росы в пределах ± 0,1 °С сопровождается почти таким же эффектом. Таким образом, чтобы перейти от неопределенности в выражении точки росы или температуры к неопределенности в выражении относительной влажности, нужно провести умножение на 4,5 %/°С. Этот множитель иногда называют чувствительностью, и его следует вычислять для каждого режима.

Чтобы вычислить чувствительность, по точке росы и температуры вычисляют относительную влажность и затем повторяют расчет, изменяя точку росы или температуру на 0,1 °С.

Таблица 3 — Расчет неопределенностей относительной влажности

	Источник неопределенностей	Значение погрешности (неопределенности), % RH	Вид статистического распределения	Делитель	Стандартная неопределенность (*расчетное стандартное отклонение*)	Дисперсия неопределенности (квадрат стандартной неопределенности)
Эталонный измерительный прибор	Калибровка приборов	0,900	Нормальное	2,00	0,450	0,202 500
	Сходимость	0,225	Нормальное	1,00	0,225	0,050 625
	Гистерезис	0,045	Прямоугольное	1,73	0,026	0,000 675
	Влияние температуры	0,225	Прямоугольное	1,73	0,130	0,016 900
	Дрейф гигрометра	0,450	Прямоугольное	1,73	0,260	0,067 600
	Линейность	0,225	Прямоугольное	1,73	0,013	0,016 900
	Разрешение гигрометра	0,450	Прямоугольное	1,73	0,260	0,067 600
Камера	Флюктуации относительной влажности	0,755	Нормальное	1,00	0,755	0,570 025
	Градиент относительной влажности, определяемый градиентом температуры	2,130	Нормальное	1,00	2,130	4,536 900
	Градиент абсолютной влажности	0,900	Прямоугольное	1,73	0,520	0,270 400
	Влияние неопределенности температуры на неопределенность влажности	0,896	Нормальное	2,00	0,448	0,200 704
	Общее среднее	0,124	Нормальное	1,00	0,124	0,015 376

Суммирование неопределенностей влажности:
сумма квадратов 6,016 205;
суммарная стандартная неопределенность ± 2,453 %;
расширенная неопределенность для 95 % доверительной вероятности ± 4,9.

Пояснения к таблице 3

1 Неопределенность *поверки* (калибровки) измерительного прибора — температура точки росы ± 0,2 °С — указана в сертификате *поверки* (калибровки) гигрометра. Для того чтобы преобразовать неопределенность поверки в относительную влажность, ее умножают на коэффициент чувствительности (4,5) и в результате получают 0,900 % (см. 5.12.2, третий абзац). Неопределенность *поверки* (калибровки) предполагается нормальным распределением, потому что она представляет собой сумму многих составляющих калибровочной последовательности на 95 %-ном доверительном уровне. Одно значение стандартной неопределенности получают делением на 2.

2 Повторяемость, если это возможно, следует измерять путем непосредственных измерений. Если ее значение вычисляют по последовательности повторяющихся измерений (в данном случае температура точки росы равна ± 0,05 °С), то повторяемость будет характеризоваться нормальным распределением, и для выражения ее в единицах относительной влажности необходимо полученное значение умножить на 4,5. Стандартная неопределенность равна стандартному отклонению (т. е. делитель имеет значение 1). С другой стороны, это значение может быть получено из технической документации на прибор и рассматриваться как прямоугольное распределение.

3 В случае использования конденсационных гигрометров гистерезисом обычно пренебрегают, но при использовании датчиков относительной влажности он может составлять несколько процентов. Для получения этого значения при первичной *поверке* (калибровке) датчиков относительной влажности проводят измерения при повышении и снижении относительной влажности в среднем диапазоне относительной влажности. В рассматриваемом случае при *поверке* (калибровке) не обнаружено

существенного значения гистерезиса, но для большей надежности было предположено, что он соответствует температуре точки росы ± 0,01 °С. Для преобразования в относительную влажность его значение умножают на 4,5. Поскольку предполагается прямоугольное статистическое распределение, то для получения стандартной неопределенности результаты измерения должны быть разделены на корень квадратный из трех.

4 Влияние температуры происходит вследствие наличия температурного коэффициента электронной составляющей измерительного прибора и изменений температуры, которые он испытывает в процессе эксплуатации. По данным технической документации изготовителя (температурный коэффициент измерителя точки росы — 0,005 °С/° С) и условий эксплуатации (20 ± 10) °С вычислено, что результат влияния температуры не может превышать температуру точки росы ± 0,05 °С. Для преобразования в относительную влажность ее значение умножают на 4,5. Стандартная неопределенность равна стандартному отклонению (делитель везде имеет значение квадратного корня из трех).

5 Дрейф эталонного прибора оценивается сравнением данных свидетельств о *поверке* (калибровке) двух следующих друг за другом операций *поверки* (калибровки). В рассматриваемом примере разность между данными *поверки* (калибровки) составляет 0,1 °С. Предполагается, что любое последующее изменение может быть в любом из двух направлений и иметь то же значение. Для приведения к относительной влажности это значение умножается на 4,5. При этом предполагается, что имеет место прямоугольное статистическое распределение. Для того чтобы получить стандартную неопределенность, предельные значения делят на корень квадратный из трех (1,73).

6 Линейность характеризуется величиной отклонения показаний гигрометра от прямой линии, определенной методом линейной регрессии аналогично случаю для датчика тепла. Отклонение от линейности температуры точки росы в пределах ± 0,05 °С умножается на 4,5 и приводится к относительной влажности. Таким образом, следует сделать предположение о прямоугольном распределении, а для того чтобы получить стандартную неопределенность, предельные значения делятся на корень квадратный из трех.

7 Разрешающая способность гигрометра равна температуре точки росы: ± 0,1 °С. Она умножается на 4,5, и предполагается, что имеет место прямоугольное распределение. Для того чтобы получить стандартную неопределенность, ее значение делится на корень квадратный из трех.

8 Каждое значение относительной влажности вычисляется по точке росы и соответствующему результату измерения температуры, так что в значениях относительной влажности учитывается влияние температуры.

9 Флюктуации относительной влажности определяются при помощи данных измерения по таблице А.2 точно так же, как это было сделано для температуры. Для каждого датчика температуры вычисляют среднее и стандартное отклонение относительной влажности за период испытания. Самым надежным предположением будет взять наибольшее его значение, а именно ± 0,755 %. Учитывая, что показателем является стандартное отклонение, делаем предположение о наличии нормального статистического распределения, и делитель будет равен 1.

10 Градиенты относительной влажности определяются при помощи данных измерения температуры по таблице А.2. Так же, как и по таблице А.1, вычисляют среднее значение и стандартное отклонение относительной влажности для каждого из восьми датчиков температуры в каждый момент времени. Самым надежным предположением будет принять наибольшее значение стандартного отклонения ± 2,130 %. Распределение предполагают нормальным, и для определения стандартной неопределенности принимают делитель 1.

11 Градиент абсолютной влажности можно измерить путем взятия проб в различных точках камеры, *например, при помощи трубок, протянутых от измерительного прибора до отдельных точек камеры,* и измерения точки росы этих проб. Градиент абсолютной влажности также можно измерить при помощи нескольких датчиков относительной влажности, но в этом случае результаты будут более неопределенными (и обычно завышенными) из-за влияния изменений температуры и неопределенностей калибровки датчиков. При испытании выяснилось, что градиент оказался меньше, чем ± 0,2 °С (по точке росы). Для преобразования в относительную влажность было выполнено умножение на 4,5 и сделано предположение о прямоугольном распределении. Поэтому для получения стандартного отклонения полученные значения пределов распределения были разделены на квадратный корень из трех.

Этот параметр на практике, как правило, измеряется очень редко, только для очень крупных камер, и ни в ГОСТ Р 53616, ни в соответствующих ему международных стандартах не предусмотрен.

12 Неопределенность измерения температуры также имеет влияние на неопределенность относительной влажности. Значение этой неопределенности получают по данным таблицы А.1. Неопреде-

ленность (± 0,20) °С умножают на 4,5, приводят к относительной влажности и предполагают, что имеет место нормальное распределение. Значение суммарной стандартной неопределенности приведено в таблице 3.

13 Общее среднее всех данных измерений в таблице А.1 (84,9 %) имеет вероятностную природу и может не являться истинным средним значением. Значение погрешности для общего среднего 0,124 фактически представляет собой общее стандартное отклонение, приведенное в таблице А.1 (± 1,924 °С), деленное на квадратный корень из числа измерений (240). Результатом анализа измерений, выполненных в процессе испытаний откалиброванным эталонным прибором, является следующее утверждение: в данном примере среднее значение влажности, которой подвергался испытуемый образец, составляло 84,9 ± 4,9 % при доверительной вероятности 95 %.

Если измерения выполняются с целью *аттестации* камеры — с загрузкой или без нее, — нужно учесть дополнительные неопределенности (см. *5.8.4*).

5.13 (11) Аномальные данные и представление результатов

Существует два подхода к расчету неопределенности результатов измерений в условиях, обеспеченных внутри камеры. В одном случае расчет основывается на средних условиях в камере, в другом выбирается самый тяжелый режим. Выбор подхода зависит от типа испытуемого оборудования и требований заказчика.

5.13.1 (11.1) Анализ для средних условий

Результатом анализа для средних условий является правомерность утверждения: параметр, измеренный в процессе испытания, есть параметр плюс-минус неопределенность с доверительной вероятностью ± 95 %. Например, 39,8 °С ± 0,96 °С с доверительной вероятностью 95 %. В этом случае мы имеем средний измеренный параметр, он может удовлетворять или не удовлетворять требованиям испытаний.

В «среднем случае» фактический параметр определяется точно по мере возможности с указанием неопределенности. При испытаниях на влажность полученные результаты определения среднего значения и неопределенности могут выходить за пределы допусков на испытания, установленных в методике испытаний, но, по крайней мере, дают представление о состоянии вопроса.

5.13.2 (11.2) Анализ наихудшего случая

Данные всегда следует проверять на аномальности. Если при проверке находят, что показания одного конкретного датчика или средний результат измерений за короткий промежуток времени превышает три стандартных отклонения от среднего значения, то, возможно, мы имеем право утверждать, что показания датчика выходят за допустимые пределы.

При анализе случаев получения аномальных результатов измерений во внимание принимают только данные от датчика с наибольшим отклонением среднего значения от установленного. Максимальное среднее отклонение результатов, полученных от этого датчика, прибавляется к удвоенному стандартному отклонению их флюктуаций плюс расширенная неопределенность, определенная суммированием всех других неопределенностей. В результате мы имеем право сделать заявление в следующей формулировке: ни одна точка на испытуемом образце не выходит за пределы установленного значения плюс-минус неопределенность с доверительной вероятностью 95 %. В рассматриваемом примере по данным таблиц А.1 и А.2 мы получаем (40,0 ± 2,0) °С с доверительной вероятностью 95 %. В случае измерения температуры этот тип анализа часто дает право утверждать, что результат испытания попадает в пределы заданного допуска, т. е. (40,0 ± 2,0) °С с доверительной вероятностью 95 %. В случае измерения влажности возможность сделать подобное заявление бывает редкой.

Какой бы подход не был выбран, данные для него берутся одни и те же, и в процессе составления баланс неопределенности служит в качестве очень полезного индикатора основных источников неопределенности. Он может показать, что основными источниками неопределенности являются температурные градиенты в камере для испытаний и часто встречающаяся цикличность ее управления.

При измерениях влажности температурные градиенты могут привести к весьма большим отклонениям показаний относительной влажности от места к месту в пределах камеры. Вблизи насыщения при 20 °С разница температур в 1 °С дает разницу в 6 % при измерениях относительной влажности. Одна такая неопределенность может быть настолько большой, что остальными можно пренебречь.

Примечание — Для случая выхода результатов определения неопределенности за допустимые допуски для испытаний могут быть рекомендованы и другие приемы для исправления положения (см. 5 2, примечание, а также ГОСТ Р 53618 (подраздел 10.3).

Приложение А
(информационное)

Набор данных измерений температуры — камера с загрузкой

Таблица А.1 — Обычный набор данных измерений температуры, их анализ и примечания

Время		Температура датчиков при измерении температуры, °С								При каждом измерении	
		1	2	3	4	5	6	7	8	Среднее	SD
09:48	1	39,15	39,90	40,06	39,36	39,36	40,31	40,53	39,68	39,825	0,469
09:49	2	39,13	39,86	39,60	39,98	39,30	40,21	40,43	39,66	39,771	0,441
09:50	3	39,13	39,86	39,56	40,00	39,28	40,23	40,47	39,66	39,773	0,460
09:51	4	39,13	39,84	39,58	39,96	39,28	40,19	40,37	39,64	39,748	0,429
09:52	5	39,05	39,74	39,50	39,86	39,20	40,10	40,27	39,60	39,664	0,419
09:53	6	39,19	39,86	39,64	40,02	39,64	40,23	40,37	39,66	39,790	0,411
09:54	7	39,15	39,82	39,62	39,66	39,32	40,17	40,31	39,66	39,751	0,400
09:55	8	39,17	39,86	39,62	40,02	39,32	40,25	40,47	39,68	39,798	0,445
09:56	9	39,13	39,80	39,56	39,94	39,28	40,19	40,41	39,66	39,746	0,436
09:57	10	39,17	39,82	39,58	39,94	39,28	40,21	40,45	39,68	39,766	0,438
09:58	11	39,19	39,82	39,58	39,98	39,32	40,23	40,47	39,70	39,786	0,437
09:59	12	39,15	39,84	39,62	39,98	39,32	40,21	40,39	39,70	39,776	0,423
10:00	13	39,17	39,86	39,64	40,00	39,36	40,25	40,47	39,72	39,808	0,436
10:01	14	39,17	39,86	39,64	40,00	39,36	40,23	40,41	39,72	39,798	0,420
10:02	15	39,19	39,86	39,62	39,98	39,36	40,23	40,45	39,74	39,803	0,424
10:03	16	39,19	39,86	39,62	40,00	39,36	40,21	40,39	39,74	39,795	0,409
10:04	17	39,28	39,94	39,70	40,12	39,44	40,35	40,55	39,80	39,897	0,434
10:05	18	39,24	39,86	39,66	39,98	39,38	40,21	40,43	39,76	39,815	0,398
10:06	19	39,23	39,86	39,66	40,00	39,36	40,17	40,37	39,74	39,798	0,389
10:07	20	39,28	39,94	39,70	40,08	39,42	40,29	40,49	39,78	39,872	0,414
10:08	21	39,28	39,92	39,68	40,04	39,38	40,25	40,45	39,78	39,848	0,404
10:09	22	39,21	39,86	39,62	39,96	39,34	40,17	40,39	39,72	39,783	0,400
10:10	23	39,13	39,78	39,58	39,86	39,28	40,10	40,33	39,70	39,718	0,397
10:11	24	39,19	39,82	39,62	39,94	39,32	40,17	40,37	39,72	39,768	0,401
10:12	25	39,21	39,88	39,66	40,04	39,38	40,25	40,49	39,76	39,833	0,429
10:13	26	39,19	39,86	39,64	40,00	39,36	40,21	40,45	39,78	39,810	0,420
10:14	27	39,21	39,88	39,66	40,02	39,38	40,23	40,45	39,78	39,825	0,416
10:15	28	39,19	39,86	39,64	39,98	39,38	40,19	40,39	39,76	39,798	0,401
10:16	29	39,19	39,86	39,66	40,00	39,38	40,21	40,41	39,76	39,808	0,408
10:17	30	39,21	39,86	39,66	40,02	39,38	40,21	40,39	39,78	39,813	0,400
Для каждого датчика											
Среднее		39,180	39,852	39,623	39,987	39,342	40,219	40,424	39,715		
SD_S		0,052	0,041	0,044	0,053	0,042	0,052	0,061	0,051		
								Общее среднее		39,793	
								Общее SD		0,397	

Т а б л и ц а А.2 — Анализ измерения влажности, основанный на измерениях температур в таблице А.1

Время		Вычисленный % RH для каждого датчика измерения температуры									При каждом измерении	
		Изме-ренная точка росы	1	2	3	4	5	6	7	8	Среднее	SD
09:48	1	36,85	88,32	84,84	86,11	84,13	87,31	82,98	82,02	85,84	85,192	2,130
09:49	2	36,74	87,89	84,51	85,69	83,98	87,06	82,92	81,96	85,41	84,927	2,002
09:50	3	36,73	87,84	84,51	85,82	83,84	87,11	82,78	81,74	85,37	84,871	2,081
09:51	4	36,62	87,31	84,05	85,22	83,52	86,59	82,46	81,68	84,95	84,471	1,936
09:52	5	36,63	87,73	84,54	85,63	84,01	87,00	82,95	82,16	85,17	84,898	1,901
09:53	6	36,72	87,51	84,42	85,41	83,71	86,69	82,74	82,13	85,32	84,741	1,861
09:54	7	37,02	98,14	85,99	86,91	85,36	88,31	84,37	83,75	86,73	86,321	1,847
09:55	8	36,60	87,03	83,87	84,94	83,16	86,31	82,11	81,16	84,67	84,157	2,000
09:56	9	36,63	87,36	84,27	85,35	83,65	86,63	82,51	81,55	84,90	84,529	1,965
09:57	10	36,85	88,23	85,20	86,29	84,66	87,68	83,42	82,37	85,84	85,460	1,996
09:58	11	36,98	88,76	85,81	86,91	85,08	88,12	83,92	82,86	86,36	85,977	2,003
09:59	12	36,63	87,27	84,09	85,08	83,47	86,45	82,42	81,64	84,72	84,394	1,907
10:00	13	36,83	88,13	84,93	85,93	84,30	87,21	83,15	82,19	85,56	85,175	1,980
10:01	14	36,59	86,98	83,82	84,81	83,20	86,08	82,15	81,38	84,45	84,108	1,887
10:02	15	36,64	87,13	84,05	85,13	83,52	86,31	82,38	81,43	84,59	84,317	1,906
10:03	16	36,84	88,08	84,97	86,06	84,35	87,26	83,37	82,58	85,52	85,275	1,865
10:04	17	36,60	86,48	83,51	84,58	82,72	85,76	81,68	80,82	84,14	83,711	1,937
10:05	18	36,85	87,85	85,02	85,93	84,48	87,22	83,42	82,45	85,47	85,230	1,811
10:06	19	37,02	88,76	85,81	86,73	85,18	88,12	84,37	83,48	86,36	86,103	1,789
10:07	20	36,57	86,33	83,38	84,44	82,76	85,71	81,80	80,94	84,09	83,683	1,846
10:08	21	36,60	86,48	83,60	84,67	83,07	86,03	82,11	81,25	84,22	83,930	1,808
10:09	22	36,59	86,60	83,82	84,90	83,38	86,17	82,41	81,46	84,45	84,173	1,799
10:10	23	36,84	88,37	85,34	86,25	84,97	87,63	83,90	82,84	85,70	85,625	1,819
10:11	24	36,74	87,60	84,69	85,59	84,15	86,97	83,09	82,22	85,14	84,934	1,820
10:12	25	36,67	87,18	84,10	85,09	83,39	86,36	82,43	81,39	84,64	84,321	1,932
10:13	26	36,62	84,03	83,96	84,95	83,34	86,22	82,38	81,34	84,32	84,191	1,889
10:14	27	36,84	87,99	84,88	85,88	84,26	87,17	83,28	82,32	85,34	85,140	1,892
10:15	28	37,00	88,86	85,72	86,73	85,18	87,93	84,19	83,31	86,18	86,010	1,842
10:16	29	36,77	87,75	84,65	85,55	84,03	86,84	83,05	82,18	85,10	84,893	1,850
10:17	30	36,95	88,52	85,49	86,40	84,76	87,69	83,87	83,08	85,85	85,708	1,835
Для каждого датчика												
Среднее			87,69	84,59	85,63	83	86,931	82,95	82,05	85,21		
SD_S												
									Общее среднее		84,88	
									Общее SD		1,924	

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р 53616—2009 (МЭК 60068-3-6:2001)	MOD	МЭК 60068-3-6:2001 «Испытания на внешние воздействующие факторы. Часть 3-6: Вспомогательная информация и руководство. Подтверждение характеристик камер температуры/влаги»
ГОСТ Р 53618—2009 (МЭК 60068-3-5:2001)	MOD	МЭК 60068-3-5:2001 «Испытания на внешние воздействующие факторы. Часть 3-5: Вспомогательная информация и руководство. Подтверждение характеристик камер температуры»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - MOD — модифицированные стандарты.		

УДК 621.002.5.027.3-758:006.354 ОКС 19.040 Е02, П02, Э02 ОКП 33 0000;
34 0000;
43 0000;
61 0000—68 0000

Ключевые слова: камеры для испытаний на стойкость к воздействию влажности, обработка результатов аттестации камер, вычисление средних значений измеренных показателей, вычисление неопределенности измерений

Редактор *Е.С. Котлярова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 27.09.2011. Подписано в печать 12.10.2011. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,30. Тираж 136 экз. Зак. 953.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.