



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ • 4677/2

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ**

**ОКРУЖАЮЩИЙ ВОЗДУХ И ВОЗДУШНАЯ СРЕДА
ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ИЛИ ИСПЫТАНИЯХ.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ**

Часть 2

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРАЩЕВОГО
ПСИХРОМЕТРА**

УДК 620.1:551.584.6:533.275

Per. № ИСО 4677/2-85

Дескрипторы: воздух атмосферный, среда воздушная, определение, влажность,
психрометр

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международная организация по стандартизации (ИСО) представляет собой объединение национальных организаций по стандартизации (комитеты-члены ИСО). Разработка международных стандартов осуществляется техническими комитетами ИСО. Каждый комитет-член может принять участие в работе любого технического комитета по интересующему его вопросу, имеет право представительства в этом комитете. Правительственные и неправительственные международные организации, сотрудничающие с ИСО, также могут участвовать в этой работе.

Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, перед утверждением их Советом ИСО в качестве международных стандартов направляются на рассмотрение всем комитетам-членам. Они утверждаются в соответствии с процедурой ИСО, которая требует утверждения по меньшей мере 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Международный стандарт ИСО 4677/2 разработан Техническим комитетом ИСО/ТК 125 "Камеры и условия испытания".

Следует обратить внимание пользователей на тот факт, что международные стандарты время от времени подвергаются пересмотру, а также на то, что любая ссылка, сделанная в настоящем документе на другой международный стандарт, относится к его последнему изданию, если ее не сопровождают специальные указания.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
0. ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	6
1.1. Назначение.....	6
1.2. Область применения.....	6
2. ССЫЛКИ.....	6
3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	7
4. ПРИНЦИП.....	7
5. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ.....	8
5.1. Термометры.....	8
5.2. Муфта влажного термометра, фитиль и резервуар для воды.....	9
5.3. Вода.....	10
5.4. Воздух.....	10
6. ПОРЯДОК РАБОТЫ.....	11
6.1. Место проведения измерения.....	11
6.2. Подготовка к измерению.....	11
6.3. Вентиляция и измерение.....	11
7. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	12
7.1. Определение относительной влажности по психрометрической таблице или диаграмме.....	12
7.2. Определение относительной влажности расчетным путем.....	12
8. ТОЧНОСТЬ.....	14
9. ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ.....	14
ПРИЛОЖЕНИЯ	
А. Требования к термометрам, которые могут быть использованы в том случае, когда температура сухого термометра не превышает 40 °С.....	14
В. Порядок работы при определении минимальной длины стержня влажного термометра, на которую его должна закрывать муфта для того, чтобы было выполнено условие, установленное в пункте 5.2.3.....	17
С. Таблица значений относительной влажности.....	19
ЛИТЕРАТУРА.....	22

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ ИСО 4677/2-85(F)

ОКРУЖАЮЩИЙ ВОЗДУХ И ВОЗДУШНАЯ СРЕДА
ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ИЛИ КОМПЬЮТЕРНЫХ.

ИСО ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ. Рег №: ИСО 4677/2-85(F)
ЧАСТЬ 2: МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРАЩЕВОГО
ПСИХРОМЕТРА

0. ВВЕДЕНИЕ

Вторая часть международного стандарта ИСО 4677, относящаяся к щуповому психрометру, а также его первая часть (ИСО 4677/1), относящаяся к аспирационному психрометру, устанавливают методы, позволяющие точно измерять влажность, однако в них не описаны детали необходимых для этого психрометров с той целью, чтобы произвольно не исключить возможность использования разнообразных хороших приборов, применяемых в разных странах. В то же время, для установленных настоящим стандартом методов традиционно используемые модели не всегда пригодны. В противном случае при разработке стандарта за основу необходимо было бы взять худший прибор.

Утвержденная вторая часть настоящего стандарта, которая устанавливает только важнейшие характеристики нескольких основных типов психрометров, все же накладывает некоторые обязательные ограничения. Таким образом, должно быть очевидно, что как в отношении требований соответствующих разделов настоящего международного стандарта, так и в отношении выбора конструкции, принципа действия и способа использования, которые настоящий стандарт не устанавливает в деталях, необходимо следовать проверенной практике.

Ни настоящую часть международного стандарта, ни его первую часть (ИСО 4677/1) не следует рассматривать в качестве документов, в которых установлены требования только к тем психрометрам, которые предназначены для метеорологических измерений и любых других измерений вне помещений. Так, согласно обеим частям настоящего международного стандарта относительную влажность определяют по шкале, которая является практически универсальной как для метеорологических измерений на поверхности Земли, так и для оценки влаж-

ности атмосферы при испытаниях материалов.

Действительно, эта шкала составлена на основании общепринятых психрометрических формул для психрометров различных конструкций. Формула Спранга для психрометра Ассманна и формула Феррела для працевого психрометра являются с этой точки зрения представительными. Эти формулы могут быть записаны в виде функции психрометрического коэффициента A , который фигурирует в уравнении для психрометра, приведенном в разделе 7. Результат, получаемый по формуле Спранга, соответствует постоянной величине A , равной $6,6 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, тогда как результат, получаемый по формуле Феррела, соответствует величине A , которая возрастает от $6,6 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ до $6,8 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ при увеличении температуры влажного термометра от $0 \text{ }^\circ\text{C}$ до $30 \text{ }^\circ\text{C}$. В обоих случаях максимальная погрешность A приблизительно равна 10 %. В то же время, известно, что для двух этих приборов отклонение измеряемых значений от истинных намного меньше 10 %. Таким образом, можно считать, что общая для этих двух приборов шкала влажности соответствует $A = 6,7 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Поскольку точность, с которой необходимо знать величину A для достижения заданной точности результатов измерений относительной влажности, быстро снижается по мере увеличения температуры влажного термометра, начиная от $40 \text{ }^\circ\text{C}$, то можно считать, что этот метод измерения корректен в том случае, когда температура влажного термометра не выше $100 \text{ }^\circ\text{C}$ (при этом предполагается, что давление близко к нормальному).

Предельные погрешности, относящиеся к измерению влажности, установленные настоящим стандартом, соответствуют допустимым отклонениям от результатов, которые могут быть получены с использованием этой шкалы. Ее соотношение со шкалой истинной влажности будет рассмотрено в дальнейшем. Предельная погрешность, связанная с расхождением этих двух шкал, соответствует предельной погрешности A , которая приблизительно равна 10 %. Снижение A , например на 10 %, привело бы к изменению результата измерения относительной влажности при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ от 50,0 % до 51,8 %.

Метод измерения относительной влажности с использованием працевого психрометра не так точен, как метод измерения с использованием аспирационного психрометра. Кроме того, для проведения измерений этим методом необходимо больше места, применение працевого психрометра практически ограничено стеклянными ртутными термометрами, в працевом психрометре не предусмотрена защита резервуаров термометров от внешнего излучения, а для проведения измерений тре-

буются более квалифицированные операторы. В то же время, пращевой психрометр имеет более простую конструкцию, чем аспирационный, и дешевле последнего.

В называемом международном стандарте для термина "относительная влажность" использовано сокращение ОВ. Для обозначения единицы измерения оно не служит. Предельные погрешности относительной влажности представлены в следующем виде: $\pm u$ % ОВ, - это означает, что относительная влажность предположительно находится в пределах от $(U - u)$ % до $(U + u)$ %, где U - измеренная относительная влажность. Все предельные погрешности соответствуют доверительной вероятности 95 %.

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

I.1. Назначение

Настоящая часть международного стандарта ИСО 4677 устанавливает метод определения относительной влажности окружающего воздуха и воздушной среды при измерениях или испытаниях при температуре от 5 °С до 80 °С с помощью пращевой психрометра. Предельная погрешность относительной влажности не должна превышать ± 3 % ОВ.

I.2. Область применения

Этот метод следует применять при определении относительной влажности атмосферы нормального состава, установленного международным стандартом ИСО 554, а также относительной влажности атмосферы, в которой предполагается проведение каких-либо измерений или испытаний. Область применения этого метода ограничена определенными значениями температуры влажного термометра, которая не должна быть ниже 1 °С, температуры сухого термометра, которая не должна превышать 80 °С, и давления, которое не должно отклоняться от нормального атмосферного давления более, чем на 30 %.

Этот метод нельзя применять в случае значительного загрязнения атмосферы газами, парами или пылью.

2. ССЫЛКИ

Международный стандарт ИСО 386 "Лабораторные жидкостные термометры со стеклянным кожухом. Принцип действия, конструкция и применение".

Международный стандарт ИСО 554 "Нормальная атмосфера при кондиционировании и/или проведении испытаний. Требования к составу".

Международный стандарт ИСО 1144 "Текстильные волокна. Универсальная система отсчета линейной массы (система "Текс")".

3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В рамках настоящей части международного стандарта ИСО 4677 действуют нижеследующие определения.

3.1. Термометр - ртутный термометр из стекла.

3.2. Психрометр - устройство, предназначенное для измерения относительной влажности и состоящее в основном из двух термометров, один из которых имеет влажный датчик, а второй - сухой.

3.3. Муфта влажного термометра - муфта из хлопчатобумажной ткани, удерживающая воду и покрывающая влажный термометр.

3.4. Фитиль - хлопчатобумажная ровница, которая может быть использована для соединения муфты влажного термометра с резервуаром для воды, так чтобы за счет капиллярности к муфте непрерывно поступала вода.

3.5. Вентиляция - термин, относящийся к психрометру, конструкцией которого предусмотрен обдув термометров потоком воздуха.

П р и м е ч а н и е. Этот поток воздуха возникает при вращении прибора в руке, он перпендикулярен осям датчиков термометров.

3.6. Психрометрическая разность температур - разность температур влажного и сухого термометров.

4. ПРИНЦИП

Если вращать психрометр, то воздух поступает ко влажному и к сухому термометрам. Вода, испаряясь с поверхности влажного датчика, обдуваемого потоком воздуха, охлаждает его и поддерживает при постоянной температуре, соответствующей равновесию между расходуемой на испарение тепловой энергией и энергией, которая подводится к датчику за счет конвекции и излучения. Величина этой температуры зависит от температуры, давления и влажности атмосферы. Таким образом, зная приблизительное значение давления, относительную влажность можно определить по разности считываемых показаний влаж-

ного и сухого термометров (влажного и сухого датчиков).

5. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

5.1. Термометры

5.1.1. Термометры могут иметь градуированный стержень или внутреннюю шкалу.

5.1.2. Термометры психрометра должны быть номинально подобными, их шкала измерения должна включать участок от 0 °С до 40 °С или участок от 40 °С до 80 °С и может включать оба эти участка.

Точность показаний термометров должна быть такой, чтобы максимальная погрешность психрометрической разности не превышала $\pm 0,2$ °С, когда температура влажного термометра не выше 40 °С, и чтобы эта погрешность не превышала $\pm 0,4$ °С, когда температура влажного термометра выше 40 °С. Если это требование удовлетворено, максимальная погрешность температуры сухого термометра может достигать $\pm 0,2$ °С, когда она не выше 40 °С, и может достигать ± 4 °С, когда она превышает 40 °С.

П р и м е ч а н и я:

1. Предельная погрешность показаний термометра для психрометрической разности соответствует предельной погрешности способа, согласно которому получают психрометрическую разность температур, реально возникающую в приборе.

2. Допускается применение термометров, точность которых не ниже установленной только после введения в их показания поправок (определяемых с помощью калибровки этих термометров), если такие поправки будут вводиться при каждом использовании прибора.

5.1.3. Диаметры резервуаров термометров не должны быть больше 4 мм и меньше 2 мм.

5.1.4. Термометры должны быть установлены таким образом, чтобы их оси были параллельны, а расстояние между ними было по меньшей мере в три раза больше диаметра влажного термометра (включая муфту влажного термометра).

5.1.5. Термометры должны быть проградуированы через 0,5 °С, а их показания должны считываться с точностью 0,1 °С.

П р и м е ч а н и е. Характеристики термометров, которые могут быть использованы, когда температура сухого термометра не превы-

шает 40 °С, приведены в приложении А.

5.2. Муфта влажного термометра, фитиль и резервуар для воды

5.2.1. Муфта должна быть изготовлена из неаппретированного белого гидрофильного хлопчатобумажного муслина, сотканного из нити с линейной массой в пределах от 10 до 25 текс (см. международный стандарт ИСО 1144), имеющего 20-25 нитей на сантиметр в направлении основы и в направлении утка. Рекомендуется применять муфты без швов; шов допускается в том случае, когда он не увеличивает заметно шероховатость поверхности ткани.

5.2.2. Муфту и фитиль (если он предусмотрен конструкцией прибора) после изготовления необходимо прокипятить в течение приблизительно 15 мин в водном растворе десятиводного карбоната натрия, массовое содержание которого в этом растворе должно быть равно приблизительно 5 %, затем тщательно промыть в чистой воде (см. подраздел 5.3) и, наконец, прокипятить в чистой воде в течение по меньшей мере 15 мин. После этого прикасаться к ним руками нельзя. Время от времени муфту и фитиль следует снимать с прибора и обрабатывать таким образом.

5.2.3. Муфта должна полностью закрывать датчик термометра и не очень плотно к нему прилегать. Она должна закрывать такой участок стержня, чтобы погрешность регистрируемой температуры влажного датчика, обусловленная теплопроводностью стержня, не превышала 0,1 °С, если температура сухого датчика больше 40 °С, и чтобы эта погрешность была не выше 0,2 °С, если температура сухого датчика ниже 40 °С. В приложении В описан метод, который может быть использован для определения минимальной длины участка стержня, закрываемого муфтой, удовлетворяющей этому требованию.

Примечание. Для термометра с градуированным стержнем обычно достаточна длина, превышающая диаметр стержня в два раза.

5.2.4. На стержне каждого термометра не должно быть ни чего лишнего, что могло бы послужить препятствием для потока воздуха на отрезке, измеряемом от датчика, длина которого не менее, чем в полтора раза, должна быть больше длины (установленной пунктом 5.2.3) участка стержня, закрываемого муфтой.

5.2.5. При использовании психрометра муфта должна быть полностью пропитана водой, что можно контролировать по блеску ее поверхности.

5.2.6. Каждый раз, когда муфту необходимо установить или попра-

вить на датчике влажного термометра, а также в других случаях время от времени ее следует промывать, не снимая с прибора, чистой водой, используя с этой целью, например, лабораторную промывалку. При появлении любых признаков, свидетельствующих о необходимости замены, муфту следует сменить.

5.2.7. Если конструкцией прибора предусмотрен фитиль, то он должен быть изготовлен из белой скрученной хлопчатобумажной пряжи и его поперечное сечение должно обеспечивать непрерывное поступление необходимого количества воды к муфте влажного термометра при самой высокой интенсивности испарения. Свободная длина фитиля должна быть по меньшей мере в два раза больше диаметра влажного термометра и по меньшей мере в три раза больше диаметра самого фитиля, так чтобы температура воды, поступающей к муфте, была уже практически равна температуре влажного датчика. При этом фитиль не должен быть натянут.

5.2.8. Если конструкцией прибора предусмотрен фитиль, то со влажным датчиком должен контактировать только тот воздух, который обдувает фитиль вблизи этого датчика.

5.2.9. Резервуар с водой не должен быть препятствием для потока воздуха и его содержимое не должно сказываться на влажности пробы воздуха.

5.2.10. Уровень воды в резервуаре не должен более, чем на 50 мм, опускаться ниже самой нижней части резервуара.

5.3. Вода

Для психрометра необходимо использовать дистиллированную или деминерализованную воду.

5.4. Воздух

5.4.1. Скорость воздуха, обдувающего влажный и сухой термометры, должна быть в пределах (4 ± 1) м/с.

5.4.2. Проба воздуха до поступления ко влажному и сухому термометрам не должна встречать на своем пути ни каких препятствий.

5.4.3. Воздух, охлажденный влажным термометром или фитилем, не должен контактировать с сухим термометром.

6. ПОРЯДОК РАБОТЫ

6.1. Место проведения измерения

По мере возможности следует выбирать такое место, где воздух может служить представительным образцом и где на него не оказывают влияние такие факторы, как присутствие механизмов и персонала.

6.2. Подготовка к измерению

Следует убедиться в том, что вся муфта влажного термометра хорошо смочена водой. Если до этого муфта была сухой, необходимо выждать несколько минут для достижения состояния насыщения. К муфте и фитилю (если он предусмотрен конструкцией) не следует прикасаться руками. Необходимо убедиться в том, что сухой термометр является действительно сухим.

6.3. Вентиляция и измерение

6.3.1. Держа прибор с подветренной стороны и на достаточном расстоянии от тела, привести его во вращение в руке с такой скоростью, чтобы скорость потока воздуха, обдувающего влажный и сухой термометры, удовлетворяла требованиям пункта 5.4.1. Периодически прекращать вращение и считывать показания термометров. Сразу после остановки быстро снять показания влажного термометра, затем - сухого. Продолжать эту процедуру, пока температура влажного термометра не перестанет изменяться или пока ее изменения не приобретут равномерный циклический характер.

П р и м е ч а н и е. Обычно для вентиляции достаточно около 2 мин.

6.3.2. Считывать показания термометров с требуемой точностью, учитывая требования, указанные в пункте 5.1.2.

6.3.3. Если измерения проходят в практически постоянных условиях, например, когда время между измерениями велико по сравнению с продолжительностью самого измерения, операции, установленные пунктами 6.3.1 и 6.3.2, необходимо повторять, смачивая (если это необходимо) муфту снова, пока для трех последовательных показаний не будут получены две соответствующие психрометрические разности, расхождение которых будет не выше $0,2^{\circ}\text{C}$, если температура сухого термометра не превышает 40°C , и не выше $0,4^{\circ}\text{C}$, если эта температура больше 40°C .

6.3.4. Если измерение проходит в условиях, которые в ходе самого измерения быстро меняются, то необходимо снять несколько показаний в течение по меньшей мере двух полных циклов.

Примечание. Если измерения проходят в условиях, которые в ходе самого измерения меняются, то результаты могут оказаться неприемлемыми.

6.3.5. Если необходимо, в показания термометров и, следовательно, в величину психрометрической разности нужно вносить поправки в соответствии с предварительно проведенной калибровкой термометров.

7. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

7.1. Определение относительной влажности по психрометрической таблице или диаграмме

Исходя из температуры сухого термометра и психрометрической разности определять относительную влажность и влажность в каких-либо иных единицах необходимо с помощью психрометрической таблицы или диаграммы, в которой указаны значения, соответствующие уравнениям и величине психрометрического коэффициента A согласно подразделу 7.2. Для облегчения выбора подходящей таблицы или диаграммы в приложении С приведены значения относительной влажности для различных температур влажного термометра и различных значений психрометрической разности при нормальном атмосферном давлении для тех величин коэффициента A : $6,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, $6,7 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ и $6,9 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

7.2. Определение относительной влажности расчетным путем

7.2.1. Определить парциальное давление пара воды в образце воздуха (p) согласно нижеследующему психрометрическому уравнению или по аналогичному уравнению, составленному для иных условий измерения.

$$p = p_w(t_w) - A p_T (t - t_w),$$

где $p_w(t_w)$ - давление насыщения для паров воды при температуре влажного термометра;

t - температура сухого термометра, $^{\circ}\text{C}$;

t_w - температура влажного термометра, $^{\circ}\text{C}$;

p_T - полное атмосферное давление;

A - психрометрический коэффициент, K^{-1} .

Примечание. Давления p , $p_w(t_w)$ и p_T должны быть выражены в одних и тех же единицах.

Величину A необходимо выбирать из диапазона, ограниченного значениями $6,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ и $6,9 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Если величина A , определенная для психрометра некоторого типа, находится в указанном выше диапазоне, то для расчетов ее можно использовать. Если же она выходит за рамки этого диапазона, то для расчета необходимо брать ближайшее к ней предельное значение из упомянутого диапазона. Если величина A не была определена, то использовать следует значение $6,7 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

Примечание. Например, если при 20°C и при нормальном атмосферном давлении для расчета относительной влажности использовать $A = 6,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, то результат составит 50,0 %, а если взять значение $A = 6,9 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, то относительная влажность окажется равной 48,9 %.

7.2.2. Выраженная в процентах относительная влажность должна быть рассчитана по формуле:

$$100 p/p_w(t),$$

где $p_w(t)$ - парциальное давление насыщения для паров воды при температуре сухого термометра t .

7.2.3. При желании может быть определена точка росы. Это температура, при которой парциальное давление насыщения равно p .

7.2.4. Для паров воды величина давления насыщения при любой температуре может быть получена по формуле или по таблицам, приведенным в "*Règles techniques de l'Organisation météorologique mondiale (ОММ)*"^X.

Примечание. Несмотря на то, что результаты, получаемые по формуле Гоффа и Грача¹, а также по формуле Уэкслера², в целом несколько отличаются от результатов, которые дает формула, установленная ВМО, можно считать, что для современных нужд упомянутые формулы согласуются с формулой ВМО.

^X "Технические правила Всемирной метеорологической организации (ВМО)" (примеч. пер.).

8. ТОЧНОСТЬ

Предельная погрешность величины относительной влажности должна быть равна $\pm 3\%$ ОВ.

П р и м е ч а н и е. Допустимые отклонения максимальной погрешности величины относительной влажности включают все возможные погрешности, кроме той, которая может быть связана с расхождением принятой шкалы влажности и истинной шкалы, упомянутом в разделе 0.

9. ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ

Протокол измерения должен включать следующие пункты:

- a) ссылка на настоящую часть международного стандарта ИСО 4677;
- b) описание используемого прибора;
- c) дата и время проведения измерения;
- d) место измерения и факторы, влияющие на условия его проведения (см. подраздел 6.1);
- e) температура сухого термометра, относительная влажность в процентах или влажность в любых других единицах;
- f) максимальная погрешность показаний сухого термометра (см. пункт 5.1.2) и максимальная погрешность относительной влажности, выраженная согласно настоящей части международного стандарта ИСО 4677 (см. раздел 0).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Требования к термометрам, которые могут быть использованы, в том случае, когда температура сухого термометра не превышает $40\text{ }^{\circ}\text{C}$

(Настоящее приложение не является составной частью стандарта. Пользователь может следовать приведенным в приложении рекомендациям по своему усмотрению; эти рекомендации не меняют суть и интерпретацию текста настоящего стандарта)

А.1. Соответствие международному стандарту ИСО 386

Кроме тех случаев, когда разделы настоящего приложения требуют отступлений от характеристик прибора и методов применения, уста-

новленных международным стандартом ИСО 386, влажный и сухой термометры должны удовлетворять требованиям этого стандарта.

Примечание. Поскольку к термометрам, используемым в психрометрах, предъявляются специфические требования, то некоторые нижеследующие разделы не соответствуют международному стандарту ИСО 386; упомянутому стандарту не соответствуют также некоторые размеры, указанные в разделе А.8.

А.2. Тип

Термометры должны иметь градуированный стержень и должны быть подобны номинально. Стержень может иметь небольшое сужение на уровне резервуара, облегчающее установку муфты влажного термометра с помощью хлопчатобумажной нити.

А.3. Диапазон

Номинальный диапазон должен быть 0-40 °С.

А.4. Иммерсия

Термометры должны быть проградуированы с учетом полной иммерсии.

Примечание. В психрометре влажный термометр используют в условиях частичной иммерсии. Для термометров, соответствующих настоящему приложению, погрешностью, связанной с этим расхождением, можно пренебречь.

А.5. Материалы

Материалы, используемые для изготовления термометров, должны соответствовать международному стандарту ИСО 386; резервуары должны быть сделаны из стекла. Требования к стеклу для изготовления резервуаров термометров будут установлены международным стандартом ИСО 4795.

А.6. Отжиг и стабилизация

Перед заполнением термометров ртутью их стеклянные части должны быть подвергнуты тщательному отжигу, а стекло резервуаров должно быть стабилизировано с помощью соответствующей термообработки.

А.7. Расширительная камера

Над верхней отметкой градуировочной шкалы должна быть предусмотрена расширительная камера, которая должна иметь объем, достаточный для того, чтобы быть уверенным в том, что термометры смогут

выдержать температуру по крайней мере 60 °С без существенного риска повреждения или без необходимости проведения новой калибровки.

А.8. Размеры

Общая длина (максимальная).....	240 мм
Длина шкалы, соответствующая номинальному диапазону (минимальная).....	130 мм
Длина резервуара (включая его коническую часть).....	15-25 мм
Диаметр резервуара.....	3-4 мм
Диаметр стержня.....	4-5 мм
Расстояние до сужения (если оно предусмотрено) в вершине конической части резервуара.....	10-14 мм
Расстояние от вершины конической части резервуара до градуировочной риски, соответствующей границе номинального диапазона (минимальное).....	30 мм
Расстояние от расширительной камеры до верхней риски градуировочной шкалы (минимальное).....	10 мм

А.9. Градуировка и деления шкалы

Градуировка термометра должна быть выполнена с интервалом 0,5 °С, длинные риски должны быть нанесены через каждый 1 °С. Толщина градуировочных рисок не должна превышать 0,15 мм. Градуировочные риски через каждые 5 °С должны быть пронумерованы.

А.10. Точность

При постоянной температуре показания термометров, считываемые опытным оператором, со внесенными поправками (если они необходимы), отвечающими результатам предварительно проведенной калибровки термометров, должны соответствовать истинным температурам резервуаров термометров с погрешностью, не превышающей $\pm 0,2$ °С. Кроме того, для любых двух значений температуры, не выходящих за пределы номинального диапазона, разность показаний двух термометров, рассчитанная и скорректированная аналогичным образом, должна соответствовать истинной разности температур резервуаров термометров с погрешностью, не превышающей $\pm 0,2$ °С.

А.11. Заласной термометр

Если в психрометре предусмотрен третий термометр, то требования, установленные в разделе А.10, должны выполняться для каждой из трех возможных комбинаций двух термометров.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Порядок работы при определении минимальной длины стержня влажного термометра, на которую его должна закрывать муфта для того, чтобы были выполнены условия, установленные в пункте 5.2.3

В.1. Временно установить на резервуары обоих термометров муфты, аналогичные той, которая должна быть использована для влажного термометра, но поднять их по стержню на высоту, намного большую, чем та высота, которая соответствует указанной предельной погрешности, связанной с теплопроводностью. Если выбранная высота не превышает установленную, то это будет отчетливо видно по результатам описанных ниже операций, и тогда всю процедуру необходимо повторить снова с муфтой большей длины. Для термометров с градуированным стержнем достаточна длина, в три раза превышающая диаметр стержня.

Использовать прибор обычным образом, но с двумя влажными муфтами, выбрав для измерения место, в котором условия в ходе измерения не меняются. Снять показания термометров и рассчитать их разность. Эта разность определяется в основном погрешностями самих термометров.

Постепенно уменьшать длину одной из муфт на стержне, пока изменение разности показаний термометров не станет равным предельно допустимой погрешности температуры (см. пункт 5.2.3). Соответствующая длина является искомой минимально допустимой длиной стержня, на которую его должна закрывать муфта.

В.2. Можно провести более точное определение, если построить графическую зависимость разности показаний термометра от длины муфты в интервалах значений, больших и меньших той величины, которой соответствует предельная погрешность температуры. Тогда по этой кривой легко определить искомую минимально допустимую длину.

В ходе этой процедуры, как и при нормальном использовании психрометра, к муфтам нельзя прикасаться пальцами и следует принимать все меры предосторожности, чтобы быть уверенным в том, что муфты совершенно чистые.

Эту процедуру можно проводить в условиях (температура и влажность), весьма отличающихся от тех, в которых должен быть использован психрометр (согласно пункту 5.2.3), если будет введена по-

правка на различие этих условий. В основу этой поправки можно положить зависимость погрешности температуры, определяющейся длиной муфты на стержне, от приведенной в табл. I величины γ , которая приблизительно пропорциональна этой погрешности.

Таблица I

Значения γ

Температура сухого тер- мометра, °C	Относительная влажность, %			
	20	40	60	80
	Значение γ			
10	6,2	4,3	2,6	1,2
20	7,3	4,7	2,7	1,2
30	7,8	4,7	2,5	1,0
40	7,8	4,2	2,2	0,9
50	7,3	3,6	1,8	0,7
60	6,6	3,0	1,4	0,5
70	5,6	2,5	1,1	0,4
80	4,8	2,0	0,9	0,3

Например, если психрометр должен быть использован при температуре 20 °C и относительной влажности 60 %, а описанная выше процедура была проведена при температуре 30 °C и относительной влажности 40 %, то погрешность полученной температуры в том случае, когда длина муфты влажного термометра имеет минимально допустимую величину, составит:

$$\frac{4,7}{2,7} \times 0,1 \text{ °C, то есть приблизительно } 0,17 \text{ °C.}$$

П р и м е ч а н и е. Эту процедуру лучше проводить в атмосфере с минимальной относительной влажностью. Если она проходила при относительной влажности, намного превышающей ту, при которой должен быть использован психрометр, то чувствительность последнего может оказаться недостаточной. Если психрометр должен быть использован в некотором диапазоне температур и значений относительной влажности, то длина муфты на стержне должна быть выбрана так, чтобы требования пункта 5.2.3 были выполнены в самом неблагоприятном случае, то есть тогда, когда величина γ согласно табл. I максимальна.

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Таблица значений относительной влажности

Значения относительной влажности, округленные до 0,5 % ОВ, указаны в табл. 2 для различных температур и для различных значений психрометрической разности, для нормального атмосферного давления и для трех значений психрометрического коэффициента А. Таблица составлена таким образом, чтобы с ней можно было сопоставлять более подробные таблицы. Шаг изменения температуры сухого термометра (10 °С) и психрометрической разности (2 °С) слишком велик для того, чтобы эту таблицу можно было использовать для стандартизованных измерений влажности.

При расчете значений, приведенных в табл. 2, давление насыщения для паров воды было получено по формуле, указанной в подразделе 7.2.

- Верхние значения: $A = 6,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$;
- средние значения: $A = 6,7 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$;
- нижние значения: $A = 6,9 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

Таблица 2

Относительная влажность при различных температурах и для различных значений психрометрической разности

Психрометрическая разность, °С $t - t_w$	Температура t , °С							
	10	20	30	40	50	60	70	80
I	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2,0	76,5	82,5	86,0	88,0	89,5	90,5	91,0	92,0
	76,5	82,5	86,0	88,0	89,5	90,5	91,0	92,0
	76,0	82,5	86,0	88,0	89,5	90,5	91,0	92,0

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9
4,0	54,5	66,5	73,0	77,0	79,5	81,5	83,0	84,5
	54,0	66,0	73,0	77,0	79,5	81,5	83,0	84,5
	53,5	66,0	72,5	77,0	79,5	81,5	83,0	84,5
6,0	34,0	51,5	61,0	67,0	70,5	73,5	75,5	77,0
	33,0	51,0	60,5	66,5	70,5	73,5	75,5	77,0
	32,0	50,5	60,5	66,5	70,5	73,0	75,5	77,0
8,0	14,5	37,5	50,0	57,5	62,0	65,5	68,5	70,5
	13,5	36,5	49,5	57,0	62,0	65,5	68,5	70,5
	12,0	36,0	49,0	57,0	62,0	65,5	68,5	70,5
10,0		24,5	39,5	48,5	54,5	58,5	62,0	64,5
		23,5	39,0	48,5	54,5	58,5	62,0	64,5
		22,5	38,5	48,0	54,0	58,5	61,5	64,5
12,0		12,0	30,0	40,5	47,5	52,0	55,5	58,5
		11,0	29,5	40,0	47,0	52,0	55,5	58,5
		10,0	29,0	40,0	47,0	52,0	55,5	58,5
14,0		0,5	21,0	33,0	40,5	46,0	50,0	53,5
			20,5	32,5	40,5	46,0	50,0	53,0
			20,0	32,5	40,0	45,5	50,0	53,0
16,0			13,0	26,0	34,5	40,5	45,0	48,5
			12,0	25,5	34,5	40,0	44,5	48,0
			11,5	25,5	34,0	40,0	44,5	48,0
18,0			5,0	20,0	29,0	35,0	40,0	43,5
			4,5	19,5	28,5	35,0	40,0	43,5
			3,5	19,0	28,5	35,0	39,5	43,5
20,0				14,0	23,5	30,5	35,5	39,5
				13,5	23,5	30,0	35,0	39,0
				12,5	23,0	30,0	35,0	39,0

I	2	3	4	5	6	7	8	9
22,0				8,5	19,0	26,0	31,0	35,5
				7,5	18,5	26,0	31,0	35,0
				7,0	18,0	25,5	31,0	35,0
24,0				3,0	14,5	22,0	27,5	31,5
				2,5	14,0	21,5	27,0	31,5
				2,0	13,5	21,5	27,0	31,5
26,0					10,5	18,0	23,5	28,0
					10,0	18,0	23,5	28,0
					9,5	17,5	23,5	28,0
28,0					6,5	14,5	20,5	25,0
					6,0	14,5	20,0	24,5
					5,5	14,0	20,0	24,5
30,0					3,0	11,5	17,5	22,0
					2,5	11,0	17,0	22,0
					2,0	11,0	17,0	21,5
32,0						8,5	14,5	19,0
						8,0	14,5	19,0
						7,5	14,0	19,0
34,0						5,5	12,0	16,5
						5,5	11,5	16,5
						5,0	11,5	16,5
36,0						3,0	9,5	14,0
						2,5	9,0	14,0
						2,5	9,0	14,0
38,0						0,5	7,0	12,0
						0,5	7,0	12,0
							6,5	11,5
40,0							5,0	10,0
							5,0	10,0
							4,5	9,5

Литература

1. List, R.J. *Smithsonian Meteorological Tables, Publication 4014, sixième édition révisée, Smithsonian Institution, Washington D.C. (1958).*
2. *J. Res. Nat. Bur. Stand. (U.S.), 80 A, 775 (1976).*
3. Hickman, M.J. *Measurement of Humidity. Notes on Applied Science, No. 4, 4th edition, National Physical Laboratory, Her Majesty's Stationery Office, London (1970).*
4. Wexler, A. and Brombacher, W.G. *Methods of Measuring Humidity and Testing Hygrometers, Nat. Bur. Stand. (U.S.) Circular, No. 512 (1951).*
5. Wylie, R.G. *Moisture in Gases. Australian J. Inst. Techn. 22, No. 2, 43-52 (1966).*
6. Sonntag, D. *Psychrometer, Partie 2 (Chapitre 4) de Hygrometrie, Akademie Verlag, Berlin (1967).*