



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ • 4677/1

**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 1

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АСПИРАЦИОННОГО ПСИХРОМЕТРА**

УДК 620.1:551.584.6:533.275

Per. № ИСО 4677/1-85

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/I 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 она не сопровождается при этом специальными указаниями.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
0. ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	7
1.1. Назначение.....	7
1.2. Область применения.....	7
2. ССЫЛКИ.....	8
3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	8
4. ПРИНЦИП.....	9
5. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ.....	9
5.1. Термометры.....	9
5.2. Муфта влажного термометра, фитиль и резервуар для воды.....	11
5.3. Вода.....	13
5.4. Воздух.....	13
5.5. Защитный противорадиационный экран.....	13
6. ПОРЯДОК РАБОТЫ.....	15
6.1. Место проведения измерения.....	15
6.2. Подготовка к измерению.....	15
6.3. Вентиляция и измерение.....	15
7. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	16
7.1. Определение относительной влажности по психрометрической таблице или диаграмме.....	16
7.2. Определение относительной влажности расчетным путем.....	17
8. ТОЧНОСТЬ.....	18
9. ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ.....	18
ПРИЛОЖЕНИЯ	
А. Спецификации, относящиеся ко ртутным термометрам из стекла, которые могут быть использованы в тех случаях, когда температура сухого термометра не превышает 40 °С, а максимальная погрешность полученной величины относительной влажности не выше $\pm 3\%$ ОВ.....	19
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.....	21

	Стр.
С. Таблица значений относительной влажности.....	23
ЛИТЕРАТУРА.....	29

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ

ИСО 4677/1-85(F)

ОКРУЖАЮЩИЙ ВОЗДУХ И ВОЗДУШНАЯ СРЕДА
ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ИЛИ ИСПЫТАНИЯХ.
ИСО ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ. Рег.№: ИСО 4677/1-85(F)
ЧАСТЬ I: МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АСПИРАЦИОННОГО
ПСИХРОМЕТРА

0. ВВЕДЕНИЕ

Первая часть международного стандарта ИСО 4677, относящаяся к аспирационному психрометру, а также его вторая часть (ИСО 4677/2), относящаяся к пращевому 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 и хороших приборов, применяемых в разных странах. В то же время, для установленных настоящим стандартом методов традиционно используемые модели не всегда пригодны. В противном случае для разработки стандарта за основу необходимо было бы взять худший прибор.

Утвержденная первая часть настоящего стандарта, которая устанавливает только важнейшие характеристики нескольких основных типов психрометров, 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 в настоящем стандарте не установлены, необходимо следовать проверенной практике.

Ни настоящую часть международного стандарта, ни вторую его часть (ИСО 4677/2) не следует рассматривать в качестве документов, в которых установлены требования к психрометрам, предназначенным только для метеорологических измерений и любых других измерений вне помещений. При этом, согласно обеим частям стандарта влажность определяют по шкале, которая является практически универсальной как для метеорологических измерений на поверхности Земли, так и

для оценки влажности при испытаниях материалов.

Действительно, эта шкала составлена на основании общепринятых психрометрических формул для психрометров различной конструкции. Формула Спранга для психрометра Ассманна и формула Феррела для пращевого психрометра являются 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°C до 30°C . В обоих случаях максимальная погрешность A равна приблизительно 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 двух этих приборов шкала влажности определена, установив $A = 6,7 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Поскольку точность, с которой необходимо знать величину A для достижения заданной точности результатов измерения относительной влажности, быстро снижается по мере увеличения температуры влажного термометра от 40°C , то можно считать, что это определение применимо в том случае, когда температура влажного термометра не выше 100°C (при этом предполагают, что давление близко к нормальному).

Максимальные погрешности, относящиеся к измерению влажности, установленные в настоящем стандарте, соответствуют отклонениям от результатов, которые могут быть получены по этой шкале. Ее соотношение со шкалой истинной влажности будет рассмотрено в дальнейшем. Максимальная погрешность, связанная с расхождением этих двух шкал, соответствует максимальной погрешности A , которая приблизительно равна 10%. Снижение A , например, на 10% привело бы к изменению результата измерения относительной влажности при 20°C от 50,0% до 51,8%.

Метод измерения с использованием аспирационного психрометра более точен, чем метод измерения с использованием пращевого психрометра. Кроме того, он обладает следующими преимуществами: требует меньше места, позволяет применять термометры других типов (например, электрические термометры), позволяет защитить резервуары термометров от внешнего излучения, предъявляет меньшие требования к квалификации обслуживающего персонала.

Когда поток воздуха к психрометру перпендикулярен оси термометра, то аспирационный психрометр в целом подобен пращевому, но когда этот поток аксиален, основную роль играет противорадиационный экран влажного термометра и возникает необходимость установить дополнительные геометрические характеристики.

В настоящем международном стандарте для термина "относительная влажность" использовано сокращение ОВ. Оно не служит для обозначения единицы измерения. Максимальные погрешности относительной влажности представлены в следующем виде: $\pm u$ % ОВ, - это означает, что относительная влажность предположительно находится в области от $(U - u)$ % до $(U + u)$ %, где U - измеренная относительная влажность. Все максимальные 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 с температурой в пределах от 5 °С до 80 °С при использовании аспирационного психрометра. Относительная влажность может быть определена с погрешностью, предельная величина которой составляет либо ± 3 % ОВ, либо ± 2 % ОВ, в зависимости от предельной погрешности психрометрической разности и в зависимости от того, превышает ли 40 °С температура сухого термометра.

I.2. Область применения

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 первой части международного стандарта ИСО 4677 действуют нижеследующие определения.

3.1. Термометр - любое устройство, предназначенное для измерения температуры.

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.

Примечание. Влажный и сухой датчики называют влажным и сухим термометрами, соответственно.

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.

Примечание. Поток воздуха может быть направлен либо перпендикулярно, либо параллельно осям термометров.

3.6. Подсос - термин, относящийся к психрометру, в котором предусмотрена принудительная вентиляция за счет обдува термометров подсосываемым воздухом.

Примечание. Поток воздуха может быть направлен либо

перпендикулярно, либо параллельно осям термометров.

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

4. ПРИНЦИП

Влажный и сухой датчики обдувает поток атмосферного воздуха. Вода, испаряющаяся с поверхности влажного датчика в воздушном потоке, охлаждает этот датчик, за счет чего его температура поддерживается на постоянном уровне, соответствующем равновесию между тепловой энергией, расходуемой на испарение, и тепловой энергией, поступающей из-вне за счет конвекции и излучения. Эта температура зависит от температуры, давления и влажности атмосферы. Таким образом, зная приблизительно величину давления, температуру влажного и температуру сухого термометров (температуры, регистрируемые влажным и сухим датчиками), можно определить влажность.

5. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

5.1. Термометры

5.1.1. Можно использовать стеклянные ртутные, термопарные, резисторные термометры или термометры любого другого типа. Стеклянные ртутные термометры могут иметь либо градуированный стержень, либо внутреннюю шкалу.

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

Точность показаний термометров должна быть такой, чтобы максимальная погрешность психрометрической разности не выходила за пределы, указанные в табл. I.

Для удовлетворения этого требования предельная погрешность температуры сухого термометра должна составлять $\pm 0,2$ °C, когда эта температура не превышает 40 °C, и ± 4 °C, когда эта температура выше 40 °C.

Примечания:

I. Предельная погрешность показаний термометра для психрометри-

ческой разности соответствует предельной погрешности способа, согласно которому получают психрометрическую разность, 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.

Таблица I

Предельная погрешность психрометрической разности

Температура сухого термо- метра, °C	Предельная погрешность психрометрической разности в том случае, когда предельная погрешность относительной влажности составляет	
	$\pm 3\% \text{ ОВ}$	$\pm 2\% \text{ ОВ}$
40	$\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$
40	$\pm 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$

5.1.3. Каждый термометр должен иметь датчик температуры, главным образом цилиндрический, который расположен на едином стержне, коаксиальном датчику. Свободный конец каждого датчика должен иметь гладкое закругление. Если диаметры стержней намного меньше диаметров датчиков, то гладкое закругление должны иметь оба конца каждого датчика. Датчик стеклянного ртутного термометра включает резервуар и коническую часть или шейку резервуара^х.

5.1.4. В случае поперечной вентиляции диаметры датчиков (муфта влажного термометра при этом не учитывается) не должны быть меньше 1 мм и больше 4 мм.

5.1.5. В случае аксиальной вентиляции диаметры датчиков (муфта влажного термометра при этом не учитывается) не должны быть меньше 2 мм и больше 5 мм, а их длина не должна быть меньше 10 мм и больше 30 мм.

5.1.6. Термометры должны быть установлены таким образом, чтобы датчики были параллельными и чтобы расстояние между ними по мень-

^х Термин "коническая часть резервуара" соответствует международному стандарту ИСО 386.

шей мере в три раза превышало диаметр влажного датчика (учитывая при этом и муфту влажного термометра), а также чтобы линия, соединяющая свободные концы датчиков, была перпендикулярна их осям.

5.1.7. Стекланные ртутные термометры должны быть проградуированы через $0,5^{\circ}\text{C}$ или через меньшие интервалы, а их показания должны считываться с точностью $0,1^{\circ}\text{C}$ или большей.

П р и м е ч а н и е. В приложении А приведены требования к стекланным ртутным термометрам, которые могут быть использованы, если предельная погрешность относительной влажности составляет $\pm 3\%$ ОВ и если температура сухого термометра не выше 40°C .

5.1.8. Резисторные термометры могут быть подключены таким образом, чтобы считывать непосредственно значения психрометрической разности и температуры сухого термометра.

5.1.9. Соединительные провода резисторных термометров должны быть объединены с их стержнями и должны быть изолированы от влаги, содержащейся в муфте влажного термометра.

5.1.10. Тепло, выделяемое вентилятором или его двигателем, не должно сказываться на показаниях термометра.

5.2. Муфта влажного термометра, фитиль и резервуар для воды

5.2.1. Муфта должна быть изготовлена из неалпретированного 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, обусловленную самим тканьем.

П р и м е ч а н и е. Если диаметр стержня намного отличается от диаметра датчика, то и для стержня, и для датчика невозможно подобрать соответствующую муфту без шва (см. пункт 5.2.3).

5.2.2. После изготовления, муфту и фитиль, если он предусмотрен конструкцией прибора, необходимо прокипятить 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 $0,05^{\circ}\text{C}$ если температура сухого датчика превышает 40°C , и была не выше $0,1^{\circ}\text{C}$, если температура сухого датчика ниже 40°C . В приложении В описан метод, который может быть использован для определения минимальной длины участка стержня, закрываемого муфтой, удовлетворяющей этому требованию.

П р и м е ч а н и е. В случае стеклянного ртутного термометра с градуировкой, нанесенной на стержень, эта длина должна превышать диаметр стержня в два раза.

5.2.4. На стержне каждого термометра не должно быть ничего лишнего, что могло бы послужить препятствием для потока воздуха на отрезке, измеряемом от датчика, длина которого не менее, чем в 1,5 раза, должна быть больше длины, установленной в пункте 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 поправить 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 с влажным датчиком может контактировать только тот воздух, который обдувает фитиль вблизи влажного датчика. В случае аксиальной вентиляции фитиль должен быть прикреплен к тому краю муфты, который закрывает стержень.

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 уровня самой нижней части резервуара.

5.3. Вода

Для психрометра необходимо использовать дистиллированную или деминерализованную воду.

5.4. Воздух

Скорость потока воздуха для принудительной вентиляции влажного и сухого термометров в случае поперечной вентиляции должна составлять (4 ± 1) м/с, а в случае аксиальной - $(2 \pm 0,5)$ м/с.

5.4.2. До контакта со влажным и сухим термометрами проба воздуха не должна встречать никаких препятствий и не должна проходить через вентилятор.

5.4.3. В случае аксиальной вентиляции поток должен быть направлен от свободного конца каждого датчика к концу, соединенному со стержнем.

5.4.4. Контакт воздуха, охлажденного влажным термометром или фитилем, с сухим термометром должен быть исключен.

Примечание. Это можно достичь, если имеется два раздельных набегающих потока.

Воздух, выходящий из прибора, не должен смешиваться со входящим воздухом.

5.5. Защитные противорадиационные экраны

5.5.1. Любой защитный противорадиационный экран должен быть изготовлен из тонколистового металла. Поверхности, которые должны быть полированными, следует изготавливать из металла без покрытия который будет сохранять блеск.

5.5.2. В случае поперечной вентиляции для защиты влажного и сухого датчиков от внешнего излучения могут быть предусмотрены противорадиационные экраны. Кроме того, один экран может быть предусмотрен между датчиками.

Форма экранов должна обеспечивать доступ потока воздуха к каждому датчику и части несущего стержня, к которой крепится датчик, а также к той части фитиля, если последний предусмотрен конструкцией прибора, которая находится в поле экрана.

Все поверхности экрана, обращенные к датчикам или к одному из них, должны быть зачернены; все прочие поверхности экрана должны быть отполированы.

5.2.3. В случае аксиальной вентиляции для каждого датчика должен быть предусмотрен отдельный цилиндрический концентрический противорадиационный экран, который должен быть отполирован внутри и снаружи. Экраны влажного и сухого датчиков должны быть похожими, их диаметры должны быть в пределах $1,75-2,5 d$, где d - полный диаметр влажного датчика (с муфтой влажного термометра).

Длина и расположение экранов должны быть выбраны так, чтобы линия, соединяющая передние края экранов, была перпендикулярна осям, и чтобы экран выступал за края влажной муфты, а этот выступ был в пределах $1-3 d$.

Кроме того случая, когда снаружи двух экранов предусмотрена вторая пара цилиндрических концентрических противорадиационных экранов, каждый экран на входе должен иметь расширенную форму; на уровне входа его края должны быть выгнуты наружу так, чтобы в поперечном разрезе форма экрана соответствовала четверти окружности радиусом $0,75-1,5 d$.

Если вокруг первой пары предусмотрена вторая пара цилиндрических концентрических противорадиационных экранов, то последние должны быть отполированы и снаружи, и внутри; внутренние экраны по всей длине должны иметь ровную цилиндрическую форму. Во входной части каждый внешний экран должен слегка выступать за края внутреннего экрана и края внешнего экрана в этой части должны быть выгнуты наружу так, чтобы в поперечном разрезе радиус кривизны был в пределах $1-2 d$. Расходы воздуха, проникающего во внутренний экран, и воздуха, проникающего в пространство между внутренним и внешним экранами, должны быть приблизительно равными.

Примечание. В случае аксиальной вентиляции экран во-

круг влажного термометра приблизительно в три раза уменьшает общий перенос к нему теплового излучения из окружающего пространства, поскольку внутренняя поверхность этого экрана отполирована. Поэтому, в отличие от экрана, зачерненного внутри, в случае поперечной вентиляции, для определения коэффициента A психрометра экран очень важен. Если в случае аксиальной вентиляции экран будет зачернен внутри, то коэффициент A увеличится по сравнению с поперечной вентиляцией на 8 % (с или без экрана, зачерненного внутри). Тогда в случае аксиальной вентиляции для компенсации такого изменения A скорость воздуха необходимо увеличить от 2 м/с приблизительно до 16 м/с. Условия, установленные для случая аксиального потока, несколько сходны с условиями применения психрометра Ассманна.

6. ПОРЯДОК РАБОТЫ

6.1. Место проведения измерения

По мере возможности выбирать такое место, в котором воздух может служить в качестве представительного образца и где на него не оказывают влияния такие факторы, как присутствие механизмов и персонала.

6.2. Подготовка к измерению

Следует убедиться в том, что вода хорошо смочила всю муфту влажного термометра. Если до этого муфта была сухой, необходимо выждать несколько минут для достижения состояния насыщения. Следует избегать прикосновений пальцев к муфте или фитилю, если он имеется. Необходимо убедиться в том, что сухой термометр является действительно сухим.

6.3. Вентиляция и измерение

6.3.1. Включить подачу воздуха и не выключать ее, пока не будет получена постоянная температура влажного термометра или пока изменение этой температуры не приобретет равномерный циклический характер.

Примечание. В случае стеклянных ртутных термометров, как правило, для вентиляции необходимо около 2 мин.

Если измерения проводят в небольшом и замкнутом пространстве и если температура влажного и температура сухого термометров все время повышаются, то следует проверить, не связано ли это с увеличе-

нием температуры и влажности воздуха самим прибором.

6.3.2. Снять показания термометров с требуемой точностью, учитывая при этом указания, приведенные в пункте 5.1.2.

6.3.3. Если измерения проводят в практически постоянных условиях, например, когда время между измерениями велико по сравнению с продолжительностью измерения, необходимо повторять операции, установленные в пунктах 6.3.1 и 6.3.2, смачивая в случае необходимости муфту снова, пока для трех последовательных показаний не будут получены две соответствующие психрометрические разности, расхождение которых будет в пределах, установленных в табл. I.

6.3.4. Если измерения проводят в условиях, которые в ходе самого измерения быстро меняются, то необходимо снимать несколько показаний в течении по меньшей мере двух полных циклов.

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

6.3.5. При необходимости, 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^х термометра и различных значений психрометрической разности при нормальном атмосферном давлении и для величин A : $6,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, $6,7 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ и $6,9 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

^х Опечатка оригинала. Следует читать: сухого (примеч. пер.).

7.2. Определение относительной влажности расчетным путем

7.2.1. Определить парциальное давление пара воды в образце воздуха (p), исходя из нижеследующего психрометрического уравнения или исходя из подобного и эквивалентного уравнения, составленного для 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, °С;

t_w - температура влажного термометра, °С;

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

Примечание. Например, если при 20 °С и нормальном атмосферном давлении в случае использования для расчета относительной влажности $A = 6,5 \times 10^{-4} K^{-1}$ результат составит 50,0 %, то в случае $A = 6,9 \times 10^{-4} K^{-1}$ относительная влажность будет равна 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 необходимости может быть рассчитана точка росы. Это температура, при которой парциальное давление насыщения равно p .

7.2.4. Величина давления насыщения для паров воды при любой температуре может быть получена по формуле или по таблицам, при-

веденным в "Règles techniques de l'Organisation météorologique mondiale (ОММ)"^х.

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.

8. ТОЧНОСТЬ

Предельная погрешность полученной величины относительной влажности не должна выходить за рамки $\pm 3\% \text{ ОВ}$ или $\pm 2\% \text{ ОВ}$, в зависимости (см. табл. I) от предельной погрешности полученного значения психрометрической разности, а также в зависимости от того, превышает ли 40°C температура сухого термометра.

Примечание. 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:

- а) ссылка на настоящую часть международного стандарта ИСО 4677;
- б) описание используемого прибора;
- с) дата и время проведения измерения;
- д) место измерения и факторы, влияющие на условия его проведения (см. подраздел 6.1 и пункт 6.3.1);
- е) температура сухого термометра, относительная влажность в процентах, а также влажность в любых других единицах;
- ф) максимальная погрешность температуры сухого термометра (см. пункт 5.1.2) и максимальная погрешность относительной влажности, выраженная согласно настоящей части международного стандарта ИСО 4677 (см. раздел 0).

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации, относящиеся ко ртутным термометрам из стекла, которые могут быть использованы в тех случаях, когда температура сухого термометра не превышает 40 °С, а максимальная погрешность полученной величины относительной влажности не выше $\pm 3\%$ ОВ

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

А.1. Соответствие международному стандарту ИСО 386

Кроме тех случаев, когда разделы настоящего приложения требуют отступлений от характеристик и методов применения, установленных международным стандартом ИСО 386, влажный и сухой термометры должны удовлетворять требованиям стандарта ИСО 386.

П р и м е ч а н и е. Поскольку к термометрам, используемым в психрометрах, предъявляются специфические требования, некоторые нижеследующие разделы не соответствуют международному стандарту ИСО 386; упомянутому стандарту не соответствуют некоторые размеры, указанные в разделе А.8.

А.2. Тип

Термометры должны иметь градуированный стержень и должны быть подобными 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.

П р и м е ч а н и е. 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, а 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 коническую часть резервуара).....	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 нижней 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. Тол-

шина градуировочных рисок не должна превышать 0,15 мм. Градуировочные риски должны быть пронумерованы через каждые 5 °С.

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 температур, находящихся в номинальном диапазоне, 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. Запасной термометр

Если в психрометре предусмотрен третий термометр, то требования, установленные в разделе А.10, должны быть выполнены 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 двух 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 стеклянных ртутных термометров с градуированным стержнем достаточна длина, в три раза превышающая диаметр стержня.

Использовать прибор обычным образом, но с двумя влажными муфтами, выбрав для измерений место, в котором условия в ходе измерения не меняются. Снять показания термометров и рассчитать их раз-

ность. Эта разность определяется, главным образом, 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 максимально допустимая погрешность температуры. Тогда по 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 поправка на различие этих условий. В основу такой поправки можно положить зависимость погрешности температуры, определяющейся длиной муфты на стержне, от приведенной в табл. 2 величины Γ , которая приблизительно пропорциональна этой погрешности.

Таблица 2

Значения Γ

Температура сухого тер- мометра, °C	Относительная влажность, %			
	20	40	60	80
	Значение Γ			
I	2	3	4	5
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

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
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 °С и относительной влажности 60 %, а описанная выше процедура была проведена при температуре 30 °С и относительной влажности 40 %, то погрешность полученной температуры в том случае, когда длина муфты влажного термометра имеет минимально допустимую величину, составит:

$$\frac{4,7}{2,7} \times 0,05 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ то есть приблизительно } 0,09 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

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 T согласно табл. 2 максимальна.

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Таблица значений относительной влажности

Значения относительной влажности, округленные до 0,5 % ОВ, указаны в табл. 3 для различных температур и для различных значений психрометрической разности, для нормального атмосферного давления и для трех величин психрометрического коэффициента A . Таблица составлена таким образом, чтобы с ней можно было сравнивать более подробные таблицы. Интервал температуры сухого термометра (10 °С) и интервал психрометрической разности (2 °С) слишком велики для того, чтобы эту таблицу можно было использовать для стандартизированных измерений влажности.

При расчете значений, приведенных в табл. 3, давление насыщения для паров воды 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 3

Относительная влажность для различных температур и для различных значений психрометрической разности

Психрометри- ческая раз- ность, °C $t - t_w$	Температура, t , °C								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Относительная влажность, %								
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
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	
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	

Продолжение табл. 3

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

Продолжение табл. 3

I	2	3	4	5	6	7	8	9
20,0				14,0 13,5 12,5	23,5 23,5 23,0	30,5 30,0 30,0	35,5 35,0 35,0	39,5 39,0 39,0
22,0				8,5 7,5 7,0	19,0 18,5 18,0	26,0 26,0 25,5	31,0 31,0 31,0	35,5 35,0 35,0
24,0				3,0 2,5 2,0	14,5 14,0 13,5	22,0 21,5 21,5	27,5 27,0 27,0	31,5 31,5 31,5
26,0					10,5 10,0 9,5	18,0 18,0 17,5	23,5 23,5 23,5	28,0 28,0 28,0
28,0					6,5 6,0 5,5	14,5 14,5 14,0	20,5 20,0 20,0	25,0 24,5 24,5
30,0					3,0 2,5 2,0	11,5 11,0 11,0	17,5 17,0 17,0	22,0 22,0 21,5

Продолжение табл. 3

I	2	3	4	5	6	7	8	9
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, Washindton 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).