

ООО "МИКРОФОР"



# ТЕРМОГИГРОМЕТР "ИВА-6Б2"

## РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

ЦАРЯ 7.772.001 РЭ

Версия от 08.07.2003

2003



## Термогигрометр ИВА-6Б2

предназначен для измерения относительной влажности и температуры воздуха в жилых, складских и производственных помещениях, в свободной атмосфере, а также для измерения влагосодержания неагрессивных технологических газов



- Термогигрометр состоит из блока индикации и измерительного преобразователя влажности и температуры типа ДВ2ТСМ.
- Щитовое исполнение блока индикации.
- **Расширенный диапазон напряжения питания от сети переменного тока ~80...240В ±15%, 50 Гц.**
- Измерительный преобразователь влажности и температуры подключается к блоку индикации двухпроводным кабелем длиной до 300 м.
- Широкая номенклатура измерительных преобразователей, отличающихся конструктивным исполнением, рабочим диапазоном температур и величиной погрешности.
- Возможность подключения до четырех измерительных преобразователей влажности и температуры к одному блоку индикации.
- Возможность подключения до четырех измерительных преобразователей давления для компенсации влияния давления на влагосодержание анализируемого газа.
- **Одновременная индикация на светодиодном дисплее величин влажности и температуры.**
- Представление измеренного значения влажности газа в различных единицах: относительная влажность (%), точка росы (°C) или абсолютная влажность (г/м<sup>3</sup>).
- Наличие двух релейных выходов (5А, ~220В) с программируемыми порогами срабатывания по задаваемым параметрам (влажность, температура, давление) и измерительным каналам.
- Возможность установки двух токовых выходов (0-5 или 4-20 мА – по любому из параметров и измерительных каналов в задаваемом диапазоне изменения параметра) или цифрового выхода (R232 или RS485).

## 1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Настоящее руководство по эксплуатации, объединенное с техническим описанием и методикой поверки, является документом, удостоверяющим гарантированные предприятием-изготовителем основные параметры и технические характеристики термогигрометра "Ива-6Б2" (в дальнейшем - термогигрометра).

Кроме того, документ позволяет ознакомиться с устройством и принципом работы термогигрометра и устанавливает правила эксплуатации, соблюдение которых обеспечивает поддержание его в постоянной готовности к действию.

## 2. НАЗНАЧЕНИЕ

2.1. Термогигрометр представляет собой автоматический, цифровой, многоканальный, многофункциональный прибор непрерывного действия и предназначен для измерения относительной влажности и температуры воздуха в жилых, складских и производственных помещениях, в свободной атмосфере, а также для измерения влагосодержания воздуха, азота, инертных и других неагрессивных газов, применяемых в различных технологических процессах промышленности, энергетики и сельского хозяйства.

2.2. По устойчивости к механическим воздействиям и по защищенности от воздействия окружающей среды термогигрометр выполнен в обыкновенном исполнении по ГОСТ 12997-84.

2.3. Рабочие условия применения термогигрометра:

- температура, °С ..... 0...50;
- относительная влажность, % ..... 20...80 (20...70 при 35...50 °С);
- атмосферное давление, кПа ..... 8,6...10,6.

## 3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

3.1. Термогигрометр изготовлен в соответствии ТУ4311-011-18513042-01.

3.2. Измерительные преобразователи влажности и температуры ДВ2ТСМ, подключаемые к блоку индикации, изготавливаются в четырех конструктивных исполнениях в соответствии с табл.1.

Таблица 1.

Исполнение	Примечание
А/xxx	Преобразователи в герметичном корпусе с гермовводом и вынесенным зондом с чувствительными элементами длиной «xxx» мм для измерения относительной влажности и температуры воздуха в жилых, складских и производственных помещениях, свободной атмосфере (рис.1).
Б/xxx/ууу	Преобразователи в цилиндрическом корпусе длиной «xxx» мм с разъемом (xxx/000) или кабелем длиной «ууу» см (xxx/ууу) для измерения относительной влажности и температуры воздуха в вентиляционных каналах, замкнутых объемах, а также в жилых, складских и производственных помещениях, свободной атмосфере (рис.2).
В	Преобразователи проточного типа для измерения влагосодержания газов при избыточном давлении (рис.3).
Г	Преобразователи в цилиндрическом корпусе с вынесенным зондом с чувствительными элементами длиной «xxx» мм для измерения относительной влажности и температуры воздуха в сушильных камерах и печах при температуре до 150°С (рис.4).

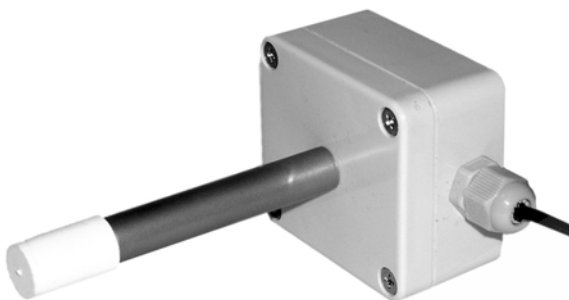


Рис.1. Преобразователь влажности и температуры ДВ2ТСМ-А (исполнение А).



Рис.2. Преобразователь влажности и температуры ДВ2ТСМ-Б (исполнение Б).



Рис.3. Преобразователь влажности и температуры ДВ2ТСМ-В (исполнение В).



Рис.4. Преобразователь влажности и температуры ДВ2ТСМ-Г (исполнение Г).

3.3. Габаритные размеры блока индикации термогигрометра, мм

..... не более 72×72×85

3.4. Габаритные размеры измерительных преобразователей влажности и температуры ДВ2ТСМ в соответствии с табл.2.

Таблица 2

Конструктивное исполнение преобразователя	Габаритные размеры корпуса преобразователя, мм	Габаритные размеры зонда, мм	Длина кабеля, м
ДВ2ТСМ-А	46×68×94	∅12×80(800)*	-
ДВ2ТСМ-Б	-	∅12×80(300)*	не более 10
ДВ2ТСМ-В	∅24×105		-
ДВ2ТСМ-Г	∅24×105	∅12×80(800)*	

\* - оговаривается при заказе термогигрометра

3.5. Длина соединительного кабеля между блоком индикации и измерительными преобразователями зависит от типа кабеля и уровня электромагнитных помех. Для кабеля типа ШТЛ-2 (двухпроводный неэкранированный телефонный кабель) в отсутствии электромагнитных помех максимальная длина кабеля не менее 300 м.

3.6. Масса термогигрометра, кг ..... не более 0,8

3.7. Диапазон измерений:

относительной влажности, % ..... 0...98  
температуры  
с преобразователем ДВ2ТСМ исполнение 1Т, °С ..... 0...60  
с преобразователем ДВ2ТСМ исполнение 2Т, °С ..... -20...60  
с преобразователем ДВ2ТСМ исполнение 3Т, °С ..... -40...60  
с преобразователем ДВ2ТСМ исполнение 4Т, °С ..... 0...150

Примечания.

1. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения относительной влажности в диапазоне температур свыше 60°С не нормируется.

2. Исполнение 3П – только для конструктивного исполнения В.

3.8. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения относительной влажности при температуре (20±2) °С

с преобразователем ДВ2ТСМ исполнение 1П, % ..... ±3  
с преобразователем ДВ2ТСМ исполнение 2П, % ..... ±1  
с преобразователем ДВ2ТСМ исполнение 3П, %  
в диапазоне отн. влажности от 0 до 10% ..... ±(0,075+0,0925П)  
в диапазоне отн. влажности от 10 до 50% ..... ±(0,5%+0,05П)  
в диапазоне отн. влажности от 50 до 98% ..... ±3,  
где П – показания преобразователя, %.

3.9. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения температуры:

в диапазоне от -40 до 0°С, °С ..... ±1  
в диапазоне от 0 до 60°С, °С ..... ±0,5  
в диапазоне от 60 до 150°С, °С ..... ±1

3.10. Предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерения относительной влажности при изменении температуры на 10°С, %

с преобразователем ДВ2ТСМ исполнение 1П и 2П, % ..... не более ±1  
с преобразователем ДВ2ТСМ исполнение 3П, %  
в диапазоне отн. влажности от 0 до 10% ..... ±(0,05+0,045П)  
в диапазоне отн. влажности от 10 до 50% ..... ±(0,5+0,01П)  
в диапазоне отн. влажности от 50 до 98% ..... ±1,  
где П – показания преобразователя, %.

3.11. Постоянная времени

по относительной влажности, мин ..... не более 1  
по температуре, мин ..... не более 2

3.12. Межповерочный интервал, мес. .... 12

3.13. Питание термогигрометра осуществляется от сети переменного тока напряжением 85...240В и частотой 50 Гц.

3.14. Потребляемая мощность, Вт ..... не более 3

3.15. Термогигрометр определяет величину абсолютной влажности на основе измененных значений относительной влажности и температуры. Величина абсолютной влажности может быть выведена на индикатор и выражается в граммах на кубический метр ( $г/м^3$ ).

3.16. Термогигрометр определяет величину точки росы (иней) воздуха на основе измеренных значений относительной влажности и температуры. Величина точки росы может быть выведена на индикатор и выражается в градусах Цельсия.

3.17. В области отрицательных температур термогигрометр может индицировать относительную влажность воздуха, насыщенного относительно поверхности воды или льда. Выбор измеряемого параметра осуществляется при конфигурировании термогигрометра.

3.18. Разрешающая способность индикатора при выводе значений относительной влажности (10-99 %), точки росы ( $^{\circ}С.р.$ ) и температуры ( $^{\circ}С$ ) ..... 0,1  
- отн.влажности в диапазоне 0...9,99% ..... 0,01

Разрешающая способность показаний индикатора при выводе значений абсолютной влажности и давления зависит от их величин и находится в пределах 0,1 – 0,001  $г/м^3$  ( $кгс/см^2$ ).

3.19. Термогигрометр имеет два независимых релейных выхода, режимы работы которых определяются при конфигурации прибора. Каждый релейный выход имеет 1 контактную группу на переключение.

3.20. Допустимые электрические нагрузки для релейного выхода:

- рабочее напряжение, В ..... ~220
- коммутируемый ток, А ..... не более 5
- напряжение изоляции, В ..... не менее 1500

3.21. Диапазон установки значений порогов срабатывания реле:

- относительной влажности, % ..... 0...99,9
- абсолютной влажности,  $г/м^3$  ..... 0...99,9
- точки росы,  $^{\circ}С.р.$  ..... -60,0...60,0
- температуры,  $^{\circ}С$  ..... -60,9...150,0
- давления,  $кгс/см^2$  ..... 0...99,99

3.22. Термогигрометр может иметь до двух гальванически развязанных от цепей питания измерительного преобразователя аналоговых токовых выходов 0-5 мА на нагрузке не более 1 кОм или 4-20 мА на нагрузке не более 400 Ом. На токовые выходы могут быть выведены следующие параметры: относительная влажность, абсолютная влажность, точка росы, температура или давление (выводимый параметр определяется при конфигурировании термогигрометра). Значения выводимого параметра, соответствующие минимальному (0 или 4 мА) и максимальному (5 или 20 мА) выходному току задаются Пользователем при конфигурации токовых выходов.

Примечание. Токовые выходы устанавливаются по согласованию с Заказчиком.

3.23. Термогигрометр может быть снабжен цифровым выходом, позволяющим взаимодействовать с внешними устройствами по интерфейсу RS-232 или RS-485 по протоколу ModBus.

#### 4. СОСТАВ ТЕРМОГИГРОМЕТРА И КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

В состав термогигрометра входят блок индикации и измерительные преобразователи, соединяемые между собой гибким кабелем.

Комплект поставки термогигрометра приведен в табл.3.

Таблица 3.

Наименование изделия или документа	Обозначение	Количество	Примечание
1. Блок индикации "Ива-6Б2"	ЦАР Я4.135.006	1	см. Прим.1
2. Измерительный преобразователь влажности и температуры ДВ2ТСМ	ЦАР Я2.553.004-0X	-	см. Прим.2
3. Измерительный преобразователь давления ДД-ТСМ	ЦАР Я2.553.005	-	см. Прим.3
4. Соединительный кабель	ЦАР Я3.660.021	1	см. Прим.4
5. Руководство по эксплуатации	ЦАР Я2.772.002 РЭ	1	
6. Переходная втулка для установки измерительного преобразователя в рабочую камеру образцового генератора влажного газа "Родник-2"	ЦАР Я4.170.008	-	см. Прим.5
7. Компакт-диск с программным обеспечением для термогигрометра "Ива-6Б2"		1	см. Прим.6
8. Кабель для подключения измерительных преобразователей к компьютеру.	ЦАР Я3.660.022	1	см. Прим.7
9. Упаковка	ЦАР Я4.170.006 СБ	1	

Примечание 1. При заказе термогигрометра оговаривается наличие токовых выходов, их количество (до 2), диапазон (0-5 или 4-20 мА), наличие цифрового выхода и его тип (RS-232 или RS-485).

Примечание 2. К блоку индикации может быть подключено до 4 измерительных преобразователей ДВ2ТСМ. Количество преобразователей оговаривается при заказе термогигрометра. В стандартный комплект поставки входит 1 преобразователь ДВ2ТСМ-1 Т-1П-Б080.

Примечание 3. К блоку индикации может быть подключено до 4 измерительных преобразователей давления ДД-ТСМ. Количество преобразователей оговаривается при заказе термогигрометра. В стандартный комплект поставки преобразователь давления не входит.

Примечание 4. Длина соединительного кабеля оговаривается при заказе термогигрометра. Стандартная длина кабеля 4 м.

Примечание 5. Поставляется по согласованию с Заказчиком.

Примечание 6. Поставляется с термогигрометром с цифровым выходом.

Примечание 7. Поставляется по согласованию с Заказчиком. Предназначен для ввода градуировочных характеристик в измерительные преобразователи при их юстировке.



## 5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ТЕРМОГИГРОМЕТРА

Термогигрометр состоит из блока индикации и измерительных преобразователей. Измерительные преобразователи подключаются к блоку индикации двухпроводным кабелем параллельно.

По кабелю осуществляется питание измерительных преобразователей и обмен данными по протоколу ModBus.

Каждый измерительный преобразователь, подключаемый к блоку индикации, имеет свой индивидуальный сетевой номер от 1 до 8. Термогигрометр может иметь до 4-х измерительных каналов, каждый из которых может включать измерительный преобразователь влажности и температуры (сетевые номера от 1 до 4) и преобразователь давления (сетевые номера 5-8, соответственно). Термогигрометр поставляется с измерительными преобразователями с введенными сетевыми номерами. При необходимости расширения числа подключаемых к термогигрометру каналов Пользователь может сам установить сетевые номера измерительных преобразователей по процедуре, описанной в разделе 8.4 (пароль 75).

В измерительных преобразователях влажности и температуры ДВ2ТСМ, используемых в термогигрометре, измерение относительной влажности осуществляется сорбционно-емкостным чувствительным элементом, температуры - полупроводниковым термистором.

Принцип действия сорбционно-емкостного элемента основан на зависимости диэлектрической проницаемости полимерного влагочувствительного слоя, размещенного между двумя электродами, один из которых влагопроницаем, от влажности окружающей среды.

Чувствительные элементы относительной влажности и температуры установлены в цилиндрический корпус измерительного преобразователя и закрыты колпачком, обеспечивающим их защиту от механических повреждений и свободный доступ анализируемой среды.

В корпусе преобразователя располагается также схема обработки и выдачи сигналов, выполненная на основе микроконтроллера и осуществляющая следующие функции:

- измерение емкости чувствительного элемента влажности;
- измерение сопротивления термистора;
- вычисление значения температуры;
- вычисление значения относительной влажности;
- температурная коррекция значения относительной влажности;
- взаимодействие с внешними устройствами по протоколу ModBus.

Блок индикации выполнен на основе микроконтроллера и осуществляет следующие функции:

- опрос до 4-х измерительных преобразователей влажности и температуры и до 4-х измерительных преобразователей давления;
- вычисление значений абсолютной влажности и точки росы;
- приведение влагосодержания газа к нормальному давлению;
- индикация измеренных значений на светодиодном дисплее;
- управление двумя релейными выходами;
- формирование токовых выходных сигналов;
- поддержка цифрового выхода RS-232 или RS-485 (протокол ModBus).



## 6. ПОРЯДОК УСТАНОВКИ

6.1. Разместите измерительный преобразователь непосредственно в месте измерения относительной влажности и температуры воздуха.

Не рекомендуется размещать измерительный преобразователь вблизи предметов, выделяющих тепло (отопительные системы и пр.).

6.2. Блок индикации термогигрометра Ива-6Б2 рассчитан на утопленный монтаж на щите вдали от силовых щитов и оборудования, создающих сильные электромагнитные и электрические поля.

Подключение напряжения питания, исполнительных устройств и измерительных преобразователей к блоку индикации осуществляют к клеммным колодкам, расположенным на задней панели измерительного блока.

Установочные размеры блока индикации показаны на рис.5. Назначение клеммных контактов токовых или цифровых выходов приведено в табл.4.

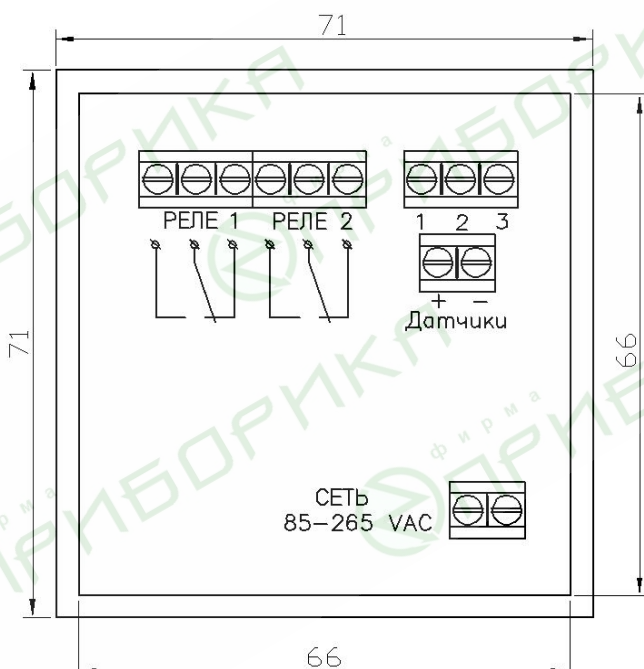


Рис.5. Установочные размеры и назначение клеммных контактов блока индикации.

Таблица 4.

Контакт	Токовый выход	RS-232	RS-485
1	Токовый выход 1	-Rx	B (-)
2	Общий	Общий	Общий
3	Токовый выход 1	-Tx	A (+)

6.3. Измерительные преобразователи ДВ2ТСМ и ДД-ТСМ подключаются к блоку индикации параллельно двухпроводным кабелем. Необходимо соблюдать полярность. Корпусной контакт разъема измерительного преобразователя или белый провод для пре-

образователя с кабельным выходом подключаются к клеммному гнезду «-». Центральный контакт разъема измерительного преобразователя или красный провод для преобразователя с кабельным выходом подключаются к клеммному гнезду «+».

6.4. Не допускается совместная прокладка кабеля между измерительными преобразователями и блоком индикации термогигрометра Ива-6Б2 с силовыми цепями.

## 7. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И РАБОТА ТЕРМОГИГРОМЕТРА

Подключите термогигрометр Ива-6Б2 к сети переменного тока.

После включения питания на верхнем индикаторе термогигрометра в течение около 5 с высвечивается его заводской номер, а на нижнем – номер версии программного обеспечения, после чего термогигрометр переходит в рабочий режим. В этом режиме на верхнем индикаторе отображается значение относительной влажности, абсолютной влажности, точки росы или давления (тип отображаемого при включении параметра определяется при конфигурировании термогигрометра - см. 8.5), на нижнем индикаторе отображается значение температуры, а светодиоды «Реле 1, 2» отображают состояние соответствующих релейных выходов.

Переключение отображаемых на верхнем индикаторе параметров осуществляется последовательным нажатием кнопки « $\Rightarrow$ ». При этом на индикаторе высвечивается значение измеряемого параметра и горит соответствующий светодиод для параметров «%RH» (относительная влажность), «г/м<sup>3</sup>» (абсолютная влажность) и «°Стр» (точка росы) или не горит ни один из этих светодиодов для выводимого значения давления (кгс/см<sup>2</sup>). Если датчик давления отсутствует и это отражено в конфигурации (см. раздел 8.4), режим отображения давления при последовательном нажатии кнопки « $\Rightarrow$ » пропускается.

Если к термогигрометру подключено несколько измерительных преобразователей (до 4-х) и это отражено в конфигурации, то при нажатии кнопки « $\uparrow$ » на верхнем индикаторе отображается номер канала, показания которого будут выведены на дисплей при отпуске кнопки « $\uparrow$ » (например, «СН. 2»).

При длительном (более 3 с) нажатии кнопки « $\uparrow$ » термогигрометр переходит в режим ввода значений порогов (см. раздел 8). Для выхода из этого режима необходимо «пролистать» значения четырех порогов последовательным нажатием кнопки « $\Rightarrow$ ». Если в режиме ввода порогов в течение 30 с кнопки не нажимались, термогигрометр переходит в рабочий режим.

Термогигрометр после включения не требует "прогрева" и, если чувствительные элементы влажности и температуры находятся в равновесии с анализируемой средой, сразу же показывает "истинное" значение влажности и температуры.

При измерении влагосодержания сжатых газов термогигрометр измеряет влажность газа, давление которого равно давлению в камере с измерительным преобразователем. Однако, в большинстве случаев для технологических газов регламентируется значение точки росы при нормальном давлении (атмосферном). Если газ после проточной камеры свободно обрасывается в атмосферу, то давление в камере равно атмосферному и термогигрометр показывает «нормально» значение точки росы.

Однако такое подключение измерительного преобразователя к газовой магистрали в ряде случаев нецелесообразно. Так, не всегда допустимо сбрасывать анализируемый газ в атмосферу. С другой стороны повышение давления в камере с преобразователем позволяет расширить диапазон измерений термогигрометра. Это связано с тем, что при снижении давления анализируемого газа его точка росы понижается. Например, если анализируемый газ при избыточном давлении 0,8 МПа имеет точку росы -50°С, то при снижении его давления до атмосферного точка росы снижается до -66,5°С. В этом случае расширяется диа-

пазон измерений точки росы и снижается погрешность измерений.

В термогигрометре предусмотрена возможность коррекции показаний влажности с учетом давления анализируемого газа. Такая коррекция возможна в случае, когда параллельно измерительному преобразователю влажности и температуры ДВ2 ТСМ-В подключен измерительный преобразователь давления ДД-ТСМ. Включение функции приведения влагосодержания газа к нормальному давлению производится при конфигурировании гигрометра как описано в разделе 8.5.

## 8. КОНФИГУРИРОВАНИЕ ТЕРМОГИГРОМЕТРА

Конфигурирование термогигрометра Ива-6Б2 осуществляется Потребителем с целью его адаптации для решения конкретных задач.

Вход в режим установки конфигурации осуществляется включением термогигрометра в сеть при нажатой кнопке «↑». При этом на верхнем индикаторе высвечивается надпись «ПАР», на нижнем – «00» и термогигрометр переходит в режим ввода пароля. Алгоритм ввода пароля приведен на рис.6. Для каждого конфигурируемого параметра предусмотрен свой уникальный пароль. При вводе пароля, отличного от указанных ниже, термогигрометр переходит в рабочий режим. Не рекомендуется вводить непредусмотренные пароли.



Рис.6. Алгоритм ввода пароля.

В термогигрометре ИВА-6Б определены следующие режимы конфигурирования и их пароли:

**Пароль «50»** - надпись на верхнем индикаторе «НАС.1»

Перевод термогигрометра в служебный режим;

Включение коррекции влажности по давлению;  
Представление относительной влажности при отрицательной температуре (по воде или по льду);

Установка типа основного параметра индикации на верхнем индикаторе.

**Пароль «51»** - надпись на верхнем индикаторе «НАС.2»

Конфигурирование 1-го релейного выхода

Установка параметра, по которому работает 1-й релейный выход;

Установка режима работы 1-го релейного выхода;

Установка инверсии срабатывания 1-го реле и светодиода «Реле 1» .

**Пароль «52»** - надпись на верхнем индикаторе «НАС.3»

Установка логики срабатывания 1-го релейного выхода при работе с несколькими измерительными преобразователями.

**Пароль «53»** - надпись на верхнем индикаторе «НАС.4»

Конфигурирование 2-го релейного выхода

Установка параметра, по которому работает 2-й релейный выход;

Установка режима работы 2-го релейного выхода;

Установка инверсии срабатывания 2-го реле и светодиода «Реле 2» .

**Пароль «54»** - надпись на верхнем индикаторе «НАС.5»

Установка логики срабатывания 2-го релейного выхода при работе с несколькими измерительными преобразователями.

**Пароль «55»** - надпись на верхнем индикаторе «НАС.6»

Конфигурирование 1-го токового выхода

Установка параметра 1-го токового выхода;

Установка режима работы 1-го токового выхода (0-5 мА, 4-20 мА или ВЫКЛ.).

Установка номера измерительного канала, по которому осуществляется токовый выход.

**Пароль «56»** - надпись на верхнем индикаторе «НАС.7»

Конфигурирование 2-го токового выхода

Установка параметра 2-го токового выхода;

Установка режима работы 2-го токового выхода (0-5 мА, 4-20 мА или ВЫКЛ.).

Установка номера измерительного канала, по которому осуществляется токовый выход.

**Пароль «57»** - надпись на верхнем индикаторе «НАС.8»

Активизация измерительных каналов влажности и давления.

**Пароль "48"**

Настройка диапазона 1-го токового выхода.

**Пароль "49"**

Настройка диапазона 2-го токового выхода.

**Пароль "75"**

Установка сетевого номера измерительного преобразователя.

**Пароль "82"**

Отображение номера версии прибора.

При входе термогигрометра в режим конфигурации по паролям «50» - «57» на верхнем индикаторе высвечивается надпись «НАС.х» (х обозначает номер режима конфигурирования), а на нижнем – четырехзначное число (слово конфигурации), каждый разряд которого может принимать значения от 0 до 3 и устанавливает определенные режимы работы прибора. Первый разряд слова конфигурации мигает. При последовательном нажатии кнопки «↑» начинает мигать второй, третий, четвертый разряд, затем на нижнем индикаторе высвечиваются надписи «ЗАП.0», «ЗАП.1», после чего процедура повторяется – вновь на нижний индикатор выводится значение слова конфигурации с мигающим первым

разрядом. При нажатии кнопки « $\Rightarrow$ » значение мигающего разряда увеличивается на единицу (0, 1, 2, 3, 0 и т.д.). При нажатии кнопки « $\Leftarrow$ » в режиме «ЗАП.0» термогигрометр переходит в режим ввода нового пароля. При этом внесенные изменения в слово конфигурации не запоминаются. При нажатии кнопки « $\Rightarrow$ » в режиме «ЗАП.1» термогигрометр запоминает новое значение слова конфигурации и переходит в режим ввода нового пароля. При этом на верхнем индикаторе высвечивается надпись «ПАР», на нижнем – «00». При нажатии на кнопку « $\Rightarrow$ » термогигрометр переходит в рабочий режим.

Алгоритм ввода слова конфигурации приведен на рис. 7.



Рис.7 Алгоритм ввода конфигурации.

**ВНИМАНИЕ!** Для вступления в силу изменений конфигурации необходимо отключить прибор от сети питания и снова включить.

## 8.1. КОНФИГУРИРОВАНИЕ РЕЛЕЙНЫХ ВЫХОДОВ

Термогигрометр имеет два независимых релейных выхода, режимы работы которых определяются при конфигурировании прибора.

Каждый релейный выход может быть «привязан» к одному из следующих измеряемых параметров:

- относительная влажность;

- абсолютная влажность;
- точка росы
- температура;
- давление.

Возможны следующие режимы срабатывания реле:

**Режим 0.** Реле включается если значение контролируемого параметра меньше величины нижнего порога или выше величины верхнего порога.

**Режим 1.** Реле включается, когда значение контролируемого параметра превышает величину верхнего порога и выключается, когда значение контролируемого параметра становится ниже величины нижнего порога.

**Режим 2.** Реле включается, когда значение контролируемого параметра становится ниже величины нижнего порога и выключается, когда значение контролируемого параметра превышает величину верхнего порога.

**Режим 3.** Реле включается, если значение контролируемого параметра становится выше значения порога.

При конфигурировании термогигрометра может быть изменено направление срабатывания реле (замыкание/размыкание) и соответствующих светодиодов (включение/выключение) путём использования инверсии.

Вход в режим конфигурирования 1-го релейного выхода осуществляется по паролю «51», 2-го выхода – по паролю «53».

Назначение разрядов слова конфигурации релейного выхода по паролям «51», «53» приведено в табл.5.

Таблица 5.

Разряды слова конфигурации				Режим релейного выхода
1	2	3	4	
0	0	X	X	«привязка» выхода к относительной влажности
0	1	X	X	«привязка» выхода к температуре
0	2	X	X	«привязка» выхода к абсолютной влажности
0	3	X	X	«привязка» выхода к точке росы
1	0	X	X	«привязка» выхода к давлению
X	X	0	X	«режим 0» релейного выхода
X	X	1	X	«режим 1» релейного выхода
X	X	2	X	«режим 2» релейного выхода
X	X	3	X	«режим 3» релейного выхода
X	X	X	0	светодиод и реле работают без инверсии
X	X	X	1	инверсия включения реле
X	X	X	2	инверсия включения светодиода
X	X	X	3	инверсия включения светодиода и реле

При наличии в термогигрометре нескольких измерительных каналов можно настроить релейный выход на работу по одному из них или по нескольким сразу.

При работе релейного выхода с несколькими измерительными каналами возможно два варианта логики срабатывания реле:

**1-й вариант.** Состояние релейного выхода – логическое «И» состояний релейных выходов по каждому из активированных каналов. Это означает, что релейный выход прибора включается только тогда, когда включены все «релейные выходы» активированных измерительных каналов.

$$R = A1 \cdot r1 \wedge A2 \cdot r2 \wedge A1 \cdot r2 \wedge A1 \cdot r2, \text{ где}$$

R – состояние релейного выхода прибора (0 – выключен, 1 – включен);

$A_i$  – активность соответствующего измерительного канала (0 –  $i$ -й измерительный канал не участвует в работе релейного выхода, 1 – участвует);

$g_i$  – состояние «релейного выхода» по  $i$ -му измерительному каналу (0 – выключен, 1 – включен);

$\wedge$  – знак операции логическое «И».

**2-й вариант.** Состояние релейного выхода – логическое «ИЛИ» состояний релейных выходов по каждому из активированных каналов. Это означает, что релейный выход прибора включается, когда включен хотя бы один «релейный выход» активированных измерительных каналов.

$R = A_1 \cdot r_1 \vee A_2 \cdot r_2 \vee A_1 \cdot r_2 \vee A_1 \cdot r_2$ , где

$R$  – состояние релейного выхода прибора (0 – выключен, 1 – включен);

$A_i$  – активность соответствующего измерительного канала (0 –  $i$ -й измерительный канал не участвует в работе релейного выхода, 1 – участвует);

$g_i$  – состояние «релейного выхода» по  $i$ -му измерительному каналу (0 – выключен, 1 – включен);

$\vee$  – знак операции логическое «ИЛИ».

Вход в режим конфигурирования логики срабатывания 1-го релейного выхода осуществляется по паролю «52», 2-го выхода – по паролю «54».

Назначение разрядов слова конфигурации релейного выхода по паролям «52», «54» приведено в табл.6.

Таблица 6.

Разряды слова конфигурации				Логика срабатывания релейного выхода			
1	2	3	4				
0	X	X	X	логическое «ИЛИ» состояний релейных выходов			
1	X	X	X	логическое «И» состояний релейных выходов			
				Активность измерительных каналов			
				1-й канал	2-й канал	3-й канал	4-й канал
X	X	0	1	1	0	0	0
X	X	0	2	0	1	0	0
X	X	0	3	1	1	0	0
X	X	1	0	0	0	1	0
X	X	1	1	1	0	1	0
X	X	1	2	0	1	1	0
X	X	1	3	1	1	1	0
X	X	2	0	0	0	0	1
X	X	2	1	1	0	0	1
X	X	2	2	0	1	0	1
X	X	2	3	1	1	0	1
X	X	3	0	0	0	1	1
X	X	3	1	1	0	1	1
X	X	3	2	0	1	1	1
X	X	3	3	1	1	1	1

Вход в режим просмотра значений порогов осуществляется при длительном (более 3 с) нажатии кнопки « $\uparrow$ ». При этом на верхнем индикаторе в течение 2 с высвечивается надпись «Ch. X», затем – на верхнем – «Ni», на нижнем – значение верхнего порога 1-го релейного выхода, мигают светодиод «Реле 1» и светодиод, соответствующий параметру, по которому работает первый релейный выход. Если релейный выход установлен по каналу температуры, то светодиоды «%RH», «г/м<sup>3</sup>» и «°С.р» не горят. При работе релейного



выхода по параметру давления мигают все 3 светодиода.

При последующих нажатиях кнопки « $\uparrow$ » на нижний индикатор выводятся значения нижнего порога 1-го релейного выхода (надпись «LO» на верхнем индикаторе), верхнего порога 2-го релейного выхода (надпись «Hi» на верхнем индикаторе) и нижнего порога 2-го релейного выхода (надпись «LO» на верхнем индикаторе), после чего термогигрометр переходит в рабочий режим. для установки значения порога необходимо в режиме вывода значения порога нажать кнопку « $\Rightarrow$ ». При этом начинает мигать старший разряд значения порога и его значение при нажатии кнопки « $\uparrow$ » увеличивается на единицу. Далее последовательным нажатием кнопки « $\Rightarrow$ » выбираются следующие разряды значения порога и устанавливаются их значения нажатием кнопки « $\uparrow$ ».

Алгоритм установки значений порогов показан на рис.8.

## 8.2. КОНФИГУРИРОВАНИЕ ТОКОВЫХ ВЫХОДОВ

Термогигрометр может иметь до двух независимых токовых выхода, режимы работы которых определяются при конфигурировании прибора.

Каждый токовый выход может быть «привязан» к одному из следующих измеряемых параметров:

- относительная влажность;
- абсолютная влажность;
- точка росы;
- температура;
- давление.

Диапазон токового выхода устанавливается Пользователем при конфигурировании термогигрометра по паролю «48» для 1-го токового выхода и по паролю «49» - для 2-го токового выхода. После входа в соответствующие режимы необходимо последовательно ввести два числа – ИЛ и ИН аналогично тому, как это осуществляется при вводе значений порогов (см. раздел 8.1). Число ИЛ соответствует значению параметра при котором на токовый выход выводится минимальное значение токового сигнала (0 мА для выхода 0-5 мА и 4 мА для выхода 4-20 мА). Число ИН соответствует значению параметра при котором на токовый выход выводится максимальное значение токового сигнала (5 мА для выхода 0-5 мА и 20 мА для выхода 4-20 мА).

Зависимости выходного тока от значений ИЛ и ИН для различных параметров приведены в табл.6.

Таблица 6.

Параметр		0-5 мА	4-20 мА
относительная влажность $\Psi$ , %	ИН/ИЛ = 10 $\Psi$	$I = 50\Psi / (ИН - ИЛ)$	$I = 4 + 160\Psi / (ИН - ИЛ)$
абсолютная влажность $A$ , г/м <sup>3</sup>	ИН/ИЛ = 10A	$I = 50A / (ИН - ИЛ)$	$I = 4 + 160A / (ИН - ИЛ)$
точка росы $T_d$ , °C	ИН/ИЛ = 10 $T_d$	$I = 50(T_d + 60) / (ИН - ИЛ)$	$I = 4 + 160(T_d + 60) / (ИН - ИЛ)$
температура $T$ , °C	ИН/ИЛ = 10T	$I = 50(T + 40) / (ИН - ИЛ)$	$I = 4 + 160(T + 40) / (ИН - ИЛ)$
давление $P$ , кгс/см <sup>2</sup>	ИН/ИЛ = 100P	$I = 500P / (ИН - ИЛ)$	$I = 4 + 1600P / (ИН - ИЛ)$

Вход в режим конфигурирования 1-го токового выхода осуществляется по паролю «55», 2-го выхода – по паролю «56».

Назначение разрядов слова конфигурации токового выхода приведено в табл.7.

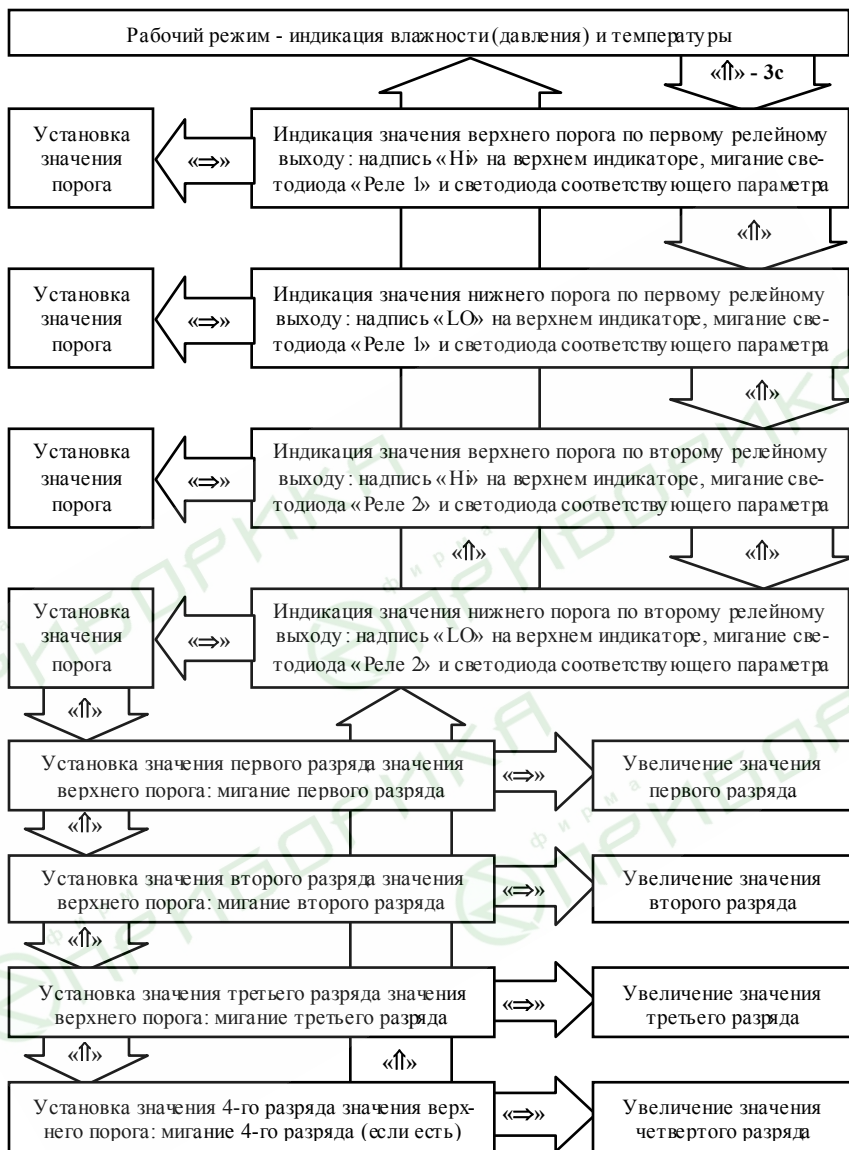


Рис.8. Алгоритм установки значений порогов показан.

ПРИМЕР. Термогигрометр с одним токовым выходом 0-5 мА по точке росы в диапазоне от  $-60$  до  $+20$  °С точки росы по 1-му измерительному каналу.

1. Устанавливаем согласно табл.4 по паролю «56» следующее слово конфигурации 1-го токового выхода:

**0 3 0 1.**

2. Устанавливаем по паролю «48» диапазон 1-го токового выхода:

HI = -600

HL = 0200

Таблица 7.

Разряды слова конфигурации				Режим токового выхода
1	2	3	4	
0	0	X	1,2	«привязка» выхода к относительной влажности
0	1	X	1,2	«привязка» выхода к температуре
0	2	X	1,2	«привязка» выхода к абсолютной влажности
0	3	X	1,2	«привязка» выхода к точке росы
1	0	X	1,2	«привязка» выхода к давлению
X	X	0	1,2	«привязка» выхода к 1-му измерительному каналу
X	X	1	1,2	«привязка» выхода к 2-му измерительному каналу
X	X	2	1,2	«привязка» выхода к 3-му измерительному каналу
X	X	3	1,2	«привязка» выхода к 4-му измерительному каналу
X	X	X	0	отключение токового выхода
X	X	X	1	0-5 мА, (0-20 мА)*
X	X	X	2	4-20 мА, (1-5 мА)**
X	X	X	3	отключение токового выхода, включение цифрового выхода

\* - для версии прибора с выходом 4-20 мА;

\*\* - для версии прибора с выходом 0-5 мА

### 8.3. КОНФИГУРИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ВЫХОДА

Термогигрометр может быть снабжен цифровым выходом, позволяющим взаимодействовать с внешними устройствами по интерфейсу RS-232 или RS-485 по протоколу ModBus. Для активизации цифрового выхода (если прибор снабжен цифровым выходом) необходимо установить по паролям «55» и «56» следующее слово конфигурации:

0 0 0 3.

Назначение выводов клеммной колодки цифрового выхода RS-232 или RS-485 приведено в табл.4.

### 8.4. УСТАНОВКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ВЛАЖНОСТИ/ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Термогигрометр может иметь до четырех измерительных каналов, каждый из которых может включать измерительный преобразователь влажности и температуры и измерительный преобразователь давления.

Выход в режим настройки каналов осуществляется по паролю «57».

Назначение разрядов слова конфигурации активности каналов приведено в табл.8.

Каждый измерительный преобразователь, подключаемый к блоку индикации, имеет свой индивидуальный сетевой номер от 1 до 8. Каждому измерительному каналу соответствуют свои сетевые номера измерительных преобразователей влажности/температуры и давления как показано в табл.9.

Установка сетевых номеров преобразователей может осуществляться Пользователем следующим образом:

Таблица 8.

Разряды слова конфигурации				Активность измерительных каналов (0-выкл., 1-вкл.)							
				1-й канал		2-й канал		3-й канал		4-й канал	
1	2	3	4	RH,T	P	RH,T	P	RH,T	P	RH,T	P
0	0	X	X	X	0	X	0	X	0	X	0
0	1	X	X	X	1	X	0	X	0	X	0
0	2	X	X	X	0	X	1	X	0	X	0
0	3	X	X	X	1	X	1	X	0	X	0
1	0	X	X	X	0	X	0	X	1	X	0
1	1	X	X	X	1	X	0	X	1	X	0
1	2	X	X	X	0	X	1	X	1	X	0
1	3	X	X	X	1	X	1	X	1	X	0
2	0	X	X	X	0	X	0	X	0	X	1
2	1	X	X	X	1	X	0	X	0	X	1
2	2	X	X	X	0	X	1	X	0	X	1
2	3	X	X	X	1	X	1	X	0	X	1
3	0	X	X	X	0	X	0	X	1	X	1
3	1	X	X	X	1	X	0	X	1	X	1
3	2	X	X	X	0	X	1	X	1	X	1
3	3	X	X	X	1	X	1	X	1	X	1
X	X	0	0	0	X	0	X	0	X	0	X
X	X	0	1	1	X	0	X	0	X	0	X
X	X	0	2	0	X	1	X	0	X	0	X
X	X	0	3	1	X	1	X	0	X	0	X
X	X	1	0	0	X	0	X	1	X	0	X
X	X	1	1	1	X	0	X	1	X	0	X
X	X	1	2	0	X	1	X	1	X	0	X
X	X	1	3	1	X	1	X	1	X	0	X
X	X	2	0	0	X	0	X	0	X	1	X
X	X	2	1	1	X	0	X	0	X	1	X
X	X	2	2	0	X	1	X	0	X	1	X
X	X	2	3	1	X	1	X	0	X	1	X
X	X	3	0	0	X	0	X	1	X	1	X
X	X	3	1	1	X	0	X	1	X	1	X
X	X	3	2	0	X	1	X	1	X	1	X
X	X	3	3	1	X	1	X	1	X	1	X

Таблица 9.

Номер измерительного канала	Сетевой номер преобразователя влажности и температуры	Сетевой номер преобразователя давления
1	1	5
2	2	6
3	3	7
4	4	8

1) подключите к блоку индикации **один** измерительный преобразователь, у которого требуется установить сетевой номер;

- 2) войдите в режим установки сетевого номера преобразователя по паролю «75»;
- 3) введите последовательным нажатием кнопки « $\Rightarrow$ » требуемое значение сетевого номера согласно табл. 9;
- 4) последовательным нажатием кнопки « $\uparrow$ » войдите в режим «ЗАП.1» и нажмите на кнопку « $\Rightarrow$ ».

Примечание. Термогигрометр поставляется с измерительными преобразователями с введенными сетевыми номерами. Ввод сетевых номеров Пользователем осуществляется только при замене измерительных преобразователей или добавлении новых.

## 8.5. ДРУГИЕ НАСТРОЙКИ ТЕРМОГИГРОМЕТРА

В режиме конфигурирования термогигрометра по паролю «50» устанавливаются следующие настройки прибора:

- перевод термогигрометра в служебный режим – используется при юстировке каналов влажности, температуры и давления;
- включение коррекции влажности по давлению;
- представление относительной влажности при отрицательной температуре (по воде или по льду);
- установка типа основного параметра индикации на верхнем индикаторе.

Назначение разрядов слова конфигурации в этом режиме приведено в табл.10.

Таблица 10.

Разряды слова конфигурации				Настройки термогигрометра
1	2	3	4	
0	X	X	X	Служебный режим работы термогигрометра
1	X	X	X	Рабочий режим термогигрометра
X	0	X	X	Выключение коррекции влажности по давлению, представление относительной влажности по воде
X	1	X	X	Выключение коррекции влажности по давлению, представление относительной влажности по льду
X	2	X	X	Включение коррекции влажности по давлению, представление относительной влажности по воде
X	3	X	0	Включение коррекции влажности по давлению, представление относительной влажности по льду
Установка типа основного параметра на верхнем индикаторе				
1	X	X	0	RH – верхний индикатор, температура – нижний индикатор
1	X	X	1	Абс.влажность – верхний индикатор, температура – нижний
1	X	X	2	Точка росы – верхний индикатор, температура – нижний
1	X	X	3	Давление – верхний индикатор, температура – нижний

## 9. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Термогигрометр в процессе работы производит самодиагностику и при обнаружении неисправностей выводит на дисплей код ошибки. Значения этих кодов и методы устранения неисправностей приведены в табл.11.

Таблица 11.

Код ошибки	Наименование неисправности	Метод устранения
Е.хх.0, хх-Н, °С,А,dP	Отсутствует связь с преобразователем влажности и температуры	Проверить целостность соединительного кабеля между блоком индикации и измерительным преобразователем влажности и температуры. Если линия исправна, требуется ремонт термогигрометра на предприятии-изготовителе.
Е.Р.0	Отсутствует связь с преобразователем давления.	Проверить целостность соединительного кабеля между блоком индикации и измерительным преобразователем давления. Если линия исправна, требуется ремонт термогигрометра на предприятии-изготовителе.
Е.хх.у, хх-Н, °С,А,dP, у-1,2,3,4	Ошибка преобразователя влажности и температуры	Требуется ремонт преобразователя влажности и температуры на предприятии-изготовителе.
Е.Р.у, у-1,2,3,4	Ошибка преобразователя давления	Требуется ремонт преобразователя давления на предприятии-изготовителе

## 10. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Перечень работ для различных видов технического обслуживания термогигрометра приведен в табл.12.

Таблица 12.

Периодичность обслуживания	Содержание работ и метод их проведения	Технические требования	Приборы, инструменты, материалы, необходимые для проведения работ.
Не реже 1 раза в год	Поверка п.11.8.2	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения: относит.влажн. - см. п.3.8; температуры - см. п.3.9	См. табл. 13

## 11. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

11.1. Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодических проверок термогигрометра.

Каждый термогигрометр при выпуске из производства должен пройти первичную поверку. Результаты первичной поверки должны быть оформлены, как указано в п.11.9.

Периодичность поверки 1 раз в год.

11.2. Операции поверки.

11.2.1. При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в табл.13.

Таблица 13.

Наименование операции	Номер пункта	Обязательность проведения операции при		
		выпуске из производства	выпуске после ремонта	эксплуатации и хранении
1. Внешний осмотр и опробование	11.8.1	Да	Да	Да
2. Определение основной абсолютной погрешности измерения влажности	11.8.2.1	Да	Да	Да
3. Определение основной абсолютной погрешности измерения температуры	11.8.2.3	Да	Да	Да

### 11.3. Средства поверки.

11.3.1. При проведении поверки должны применяться средства поверки и вспомогательное оборудование, указанные в табл.14.

Таблица 14.

Наименование или обозначение средства поверки	Наименование и обозначение метрологической характеристики	Нормированное значение метрологической характеристики	Номер пункта ТД по поверке
1. Эталонный динамический генератор влажного газа "Родник-2"	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности создания парогазовой смеси (Дэт)	$\pm 0,5$ % относительной влажности	11.8.2.1
2. Термостат U15C ТГЛ 32386	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности задания температуры	$\pm 0,02$ °C	11.8.2.3
3. Набор термометров стеклянных 2 разряда ТЛ-4	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения температуры, Дэт	$\pm 0,1$ °C	11.8.2.3

**Примечание:** При поверке допускается применять другие средства поверки, не указанные по техническим и метрологическим характеристикам средствам, указанным в табл.14.

11.3.2. Все средства должны иметь действующие Свидетельства о поверке.

11.4. Требования к квалификации поверителей.

11.4.1. К проведению поверки допускаются лица, прошедшие обучение по специальности "Физико-химические измерения", имеющие среднетехническое или высшее образование и право проведения поверки.

11.5. Требования безопасности.

11.5.1. Во время подготовки и проведения поверки необходимо соблюдать правила безопасной работы, установленные в технических описаниях на приборы, оговоренные в табл.14.

11.6. Условия поверки.

11.6.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

1) температура окружающего воздуха, °C .....  $20 \pm 3$



- 2) относительная влажность, % ..... 30...80
- 3) атмосферное давление, кПа ..... 84...106,7
- 4) напряжение питания ..... ~220В±15%, 50Гц

#### 11.7. Подготовка к поверке.

11.7.1. Поверку термогигрометра проводят, собрав схему рабочего места в соответствии с технической документацией на эталонный генератор "Родник - 2".

11.7.2. Поверяемые средства измерений подготавливают к поверке в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

#### 11.8. Проведение поверки.

##### 11.8.1. Внешний осмотр, опробование.

При проверке определяется наличие принадлежностей в соответствии с техническим описанием.

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие маркировки, тип и заводской номер термогигрометра;
- отсутствие механических повреждений, влияющих на работоспособность и метрологические характеристики термогигрометра;
- наличие четких надписей на органах управления.

Опробование проводится в соответствии с техническим описанием на термогигрометр.

##### 11.8.2. Определение основной абсолютной погрешности измерений термогигрометра.

11.8.2.1. Определение основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности проводят в следующей последовательности:

1) установите преобразователь влажности и температуры термогигрометра в рабочую камеру генератора "Родник-2", используя переходную втулку (см. табл.3), для чего проделайте следующие операции:

- а) отвинтите защитный колпачок преобразователя;
- б) вверните преобразователь в переходную втулку;
- в) установите переходную втулку в рабочую камеру генератора влажного газа;

2) установите в рабочей камере генератора "Родник-2" температуру равную (18...22)°С;

3) последовательно задайте в рабочей камере генератора "Родник-2" следующие значения относительной влажности:

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| $\Psi_1 = 0 \%$ ,         | $\Psi_5 = (30...32) \%$ , |
| $\Psi_2 = (5...6) \%$ ,   | $\Psi_6 = (48...50) \%$ , |
| $\Psi_3 = (9...10) \%$ ,  | $\Psi_7 = (74...76) \%$ ; |
| $\Psi_4 = (20...22) \%$ , | $\Psi_8 = (90...92) \%$ ; |

4) после установления в рабочей камере генератора "Родник-2" заданной влажности (через 20 мин) произведите измерение соответствующего значения  $\Psi'_i$  по термогигрометру.

11.8.2.2. Обработку результатов измерений проводят согласно ГОСТ 8.207. По формуле, указанной в паспорте на генератор, рассчитывается относительная влажность создаваемой парогазовой смеси-  $\Psi_i$ . Результат испытаний считается положительным, если во всех контролируемых точках выполняется соотношение:

$$|\Delta\Psi_i| < \Delta_{\text{уст}} - \Delta_{\text{эт}}, \text{ где}$$

$|\Delta\Psi_i|$  - основная абсолютная погрешность измерения относительной влажности, вычисленная по формуле

$$|\Delta\Psi_i| = |\Psi'_i - \Psi_i|;$$

$\Delta_{\text{уст}}$  - предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения относительной влажности, установленный в документации на термогигрометр согласно п.3.8;

$\Delta_{\text{Эт}}$  - предел допускаемой основной абсолютной погрешности задания относительной влажности эталонного генератора, равный 0,5% относительной влажности.

Таким образом

для исполнения П1 -	$ \Delta\Psi_i  < 2,5\%$ относительной влажности;
для исполнения П2 -	$ \Delta\Psi_i  < 0,5\%$ относительной влажности;
для исполнения П3	
в точке	$\Psi_1^* = 0\%$ - $ \Delta\Psi_i  < 0,075\%$ отн. влажности;
в точках	$\Psi_2 = (5...6)\%$
	$\Psi_3 = (9...10)\%$ - $ \Delta\Psi_i  < \pm(0,075 + 0,0925\Psi_i)$ ;
в точках	$\Psi_4 = (20...22)\%$
	$\Psi_5 = (30...32)\%$
	$\Psi_6 = (48...50)\%$ - $ \Delta\Psi_i  < \pm(0,5\% + 0,05\Psi_i)$ ;
в точках	$\Psi_7 = (74...76)\%$
	$\Psi_8 = (90...92)\%$ - $ \Delta\Psi_i  < 2,5\%$ отн. влажности;

\* Точка  $\Psi_1 = 0\%$  в образцовом генераторе влажного газа «Родник-2» получается пропуском газа через осушитель с пятиокисью фосфора. Относительная влажность такого газа менее 0,01%.

11.8.2.3. Определение основной абсолютной погрешности измерения температуры проводят в следующей последовательности:

1) в термостате поочередно устанавливают температуру контролируемой точки:

для исполнения 1Т

$$T_1 = (0 \dots 2) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_2 = (23 \dots 25) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_3 = (38 \dots 42) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_4 = (58 \dots 60) \text{ } ^\circ\text{C}$$

для исполнения 2Т

$$T_1 = (-22 \dots -18) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_2 = (0 \dots 2) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_3 = (23 \dots 25) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_4 = (38 \dots 42) \text{ } ^\circ\text{C}; \\ T_5 = (58 \dots 60) \text{ } ^\circ\text{C}$$

для исполнения 3Т

$$T_1 = (-40 \dots -38) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_2 = (-22 \dots -18) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_3 = (0 \dots 2) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_4 = (23 \dots 25) \text{ } ^\circ\text{C}; \\ T_5 = (38 \dots 42) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_6 = (58 \dots 60) \text{ } ^\circ\text{C}$$

для исполнения 4Т

$$T_1 = (0 \dots 2) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_2 = (23 \dots 25) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_3 = (38 \dots 42) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_4 = (58 \dots 60) \text{ } ^\circ\text{C} \\ T_5 = (88 \dots 90) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_6 = (125 \dots 130) \text{ } ^\circ\text{C}; \quad T_7 = (145 \dots 150) \text{ } ^\circ\text{C}$$

2) в термостат помещают эталонный термометр и испытуемый преобразователь влажности и температуры;

3) выдерживают эталонный термометр и испытуемый преобразователь при установившейся температуре в термостате в каждой контролируемой точке в течение 15 мин;

4) регистрируют показания эталонного термометра ( $T_0$ ) и испытуемого преобразователя ( $T_j$ );

5) извлекают из термостата испытуемый преобразователь и через 1 ... 2 мин снова погружают в термостат, регистрируют установившиеся показания эталонного термометра ( $T_0$ ) и испытуемого преобразователя ( $T_j$ ). Эту операцию повторяют в каждой контролируемой точке 3 раза.

Результат испытаний считается положительным, если во всех контролируемых точках выполняется соотношение:

$$|\Delta_i| < \Delta_{\text{уст}} - \Delta_{\text{Эт}}, \text{ где}$$

$|\Delta_i|$  - основная абсолютная погрешность измерения температуры, вычисленная по формуле

$$|\Delta_i| = |T_j - T_0|$$

$\Delta_{\text{уст}}$  - предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения температуры, установленный в документации на термогигрометр согласно п.3.9;

$\Delta_{\text{эт}}$  - предел допускаемой основной абсолютной погрешности эталонного термометра, равный  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом,

для исполнения 1Т -	$ \Delta_i  \leq 0,4$ ;
для исполнения 2Т -	$ \Delta_i  \leq 0,9$ в диапазоне $(-20 \dots 0)^{\circ}\text{C}$ ; $ \Delta_i  \leq 0,4$ в диапазоне $(0 \dots 60)^{\circ}\text{C}$ ;
для исполнения 3Т -	$ \Delta_i  \leq 0,9$ в диапазоне $(-40 \dots 0)^{\circ}\text{C}$ ; $ \Delta_i  \leq 0,4$ в диапазоне $(0 \dots 60)^{\circ}\text{C}$
для исполнения -	$ \Delta_i  \leq 0,4$ в диапазоне $(0 \dots 60)^{\circ}\text{C}$ ; $ \Delta_i  \leq 0,9$ в диапазоне $(60 \dots 150)^{\circ}\text{C}$ .

11.9. Оформление результатов поверки.

11.9.1. При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке или заполняется таблица в разделе 15 «Сведения о поверке» и ставится оттиск поверительного клейма.

## 12. ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ (ПОСТАВЩИКА)

12.1. Предприятие-изготовитель (поставщик) гарантирует соответствие качества термогигрометра "Ива-6Б2" требованиям технических условий ТУ4311-011-18513042-01 при соблюдении условий и правил эксплуатации, установленных настоящим Руководством по эксплуатации.

12.2. Гарантийный срок эксплуатации 12 месяцев. Срок гарантии отсчитывается от даты отгрузки прибора Потребителю поставщиком, являющимся торговым агентом изготовителя. При отсутствии гарантийного талона или неправильного его заполнения гарантийный срок исчисляется от даты выпуска.

Гарантия не распространяется на приборы:

- имеющие механические повреждения вследствие ненадлежащей эксплуатации или транспортировки;
- эксплуатируемые вне условий применения.

Гарантийные обязательства не распространяются на услуги по поверке данного средства измерения в органах Государственной метрологической службы. Стоимость первичной поверки прибора включена в стоимость прибора.

Предприятие-изготовитель обязуется в течение гарантийного срока безвозмездно устранять выявленные дефекты или заменять вышедшие из строя части или весь гигрометр, если он не может быть исправлен на предприятии-изготовителе.

При необходимости проведения очередной (внеочередной) поверки прибора **рекомендуется** проведение предварительных регламентных работ по дополнительной калибровке (юстировке) прибора на предприятии-изготовителе, в органах Государственной метрологической службы, оказывающих данную услугу или самим Потребителем в соответствии с методикой, приведенной в Руководстве по эксплуатации на данный прибор.

При выполнении регламентных работ предприятие-изготовитель может оказывать услуги по проведению поверки в органах Государственной метрологической службы, других уполномоченных на то органах и организациях, стоимость которых включается в стоимость указанных услуг. Предприятие-изготовитель может заключать с Потребителем соглашения на техническое обслуживание выпускаемой им продукции

По всем вопросам гарантийного или послегарантийного обслуживания обращайтесь к Вашему поставщику или на предприятие-изготовитель.

### 13. ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ

13.1. Термогигрометры, упакованные в соответствии с техническими условиями ТУ4311-011-18513042-01, могут транспортироваться на любое расстояние всеми видами транспорта: водным, воздушным (в отапливаемых герметизированных отсеках), железнодорожным, в сочетании их между собой и автомобильным транспортом, с общим числом перегрузок не более четырех, в крытых транспортных средствах, в том числе, в универсальных контейнерах при температуре окружающей среды от минус 50 до 50°С.

13.2. Термогигрометры должны храниться в сухом помещении при температуре окружающего воздуха от 10 до 35°С, влажности до 80 %. Наличие в воздухе паров кислот, щелочей и прочих примесей не допускается.

### 14. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

14.1. Термогигрометр "Ива-6Б2" заводской номер \_\_\_\_\_ соответствует техническим условиям ТУ4311-011-18513042-01 и признан годным к эксплуатации.

Дата выпуска " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ " 2003г.

\_\_\_\_\_   
 подпись руководителя предприятия-изготовителя

Конфигурация термогигрометра, установленная на предприятии-изготовителе при выпуске из производства:

Пароль, по которому устанавливается слово конфигурации							
50	51	52	53	54	55	56	57

Комплект поставки термогигрометра:

1	Блок индикации	зав.№		
2	Токовый выход 1		0-5 мА	4-20 мА
3	Токовый выход 2		0-5 мА	4-20 мА
4	Цифровой выход		RS-232	RS-485
5	1-й канал - преобразователь ДВ2ТСМ			зав.№
6	1-й канал - преобразователь ДД-ТСМ			зав.№
7	2-й канал - преобразователь ДВ2ТСМ			зав.№
8	2-й канал - преобразователь ДД-ТСМ			зав.№
9	3-й канал - преобразователь ДВ2ТСМ			зав.№
10	3-й канал - преобразователь ДД-ТСМ			зав.№
11	4-й канал - преобразователь ДВ2ТСМ			зав.№
12	4-й канал - преобразователь ДД-ТСМ			зав.№
13	Соединительный кабель			
14	Компакт-диск с программным обеспечением			
15	Переходная втулка для установки измерительного преобразователя в рабочую камеру образцового генератора влажного газа "Родник-2"			
16	Кабель для подключения измерительных преобразователей к компьютеру			

## 15. СВЕДЕНИЯ О ПОВЕРКЕ

Дата поверки	Параметр, по которому проводилась поверка	Результат поверки (годен, не годен)	Подпись и клеймо представителя поверочного органа	Дата очередной поверки
	<i>Влажность</i>			
	<i>Температура</i>			
	<i>Влажность</i>			
	<i>Температура</i>			
	<i>Влажность</i>			
	<i>Температура</i>			
	<i>Влажность</i>			
	<i>Температура</i>			
	<i>Влажность</i>			
	<i>Температура</i>			

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Введение	2
2.	Назначение	2
3.	Основные технические данные и характеристики	2
4.	Состав термогигрометра и комплект поставки	6
5.	Устройство и работа термогигрометра	6
6.	Порядок установки	7
7.	Подготовка к работе и работа	8
8.	Конфигурирование термогигрометра	9
8.1.	Конфигурирование релейных выходов	11
8.2.	Конфигурирование токовых выходов	13
8.3.	Конфигурирование цифрового выхода	15
8.4.	Установка преобразователя давления	16
8.5.	Другие настройки термогигрометра	16
9.	Возможные неисправности и методы их устранения	17
10.	Техническое обслуживание	17
11.	Методика поверки	17
12.	Гарантии изготовителя (поставщика)	21
13.	Транспортировка и хранение	22
14.	Свидетельство о приеме	22
15.	Сведения о поверке	23

## Уважаемый Потребитель!

Вы приобрели термогигрометр серии «Ива-6», разработанный и изготовленный ООО «Микрофор».

Коллектив нашей организации более 30 лет работает в области гигрометрии. Наши приборы (Ива-1, Ива-4, Бриз, Ива-6, Ива-8) многие годы успешно используются в различных отраслях промышленности. Надеемся, что у Вас не возникнет проблем при эксплуатации приобретенного прибора.

Опыт работы с потребителями приборов для измерения влажности газов показывает, что очень часто пользователи имеют слабое представление о понятии «влажность газа», единицах измерения влажности и их физической сущности, что зачастую порождает много вопросов как технического, так и методического характера. Для того чтобы уменьшить вероятность их возникновения хотелось бы сконцентрировать Ваше внимание на некоторых вопросах, связанных с работой термогигрометра «Ива-6». В этом разделе приведены краткие характеристики основных единиц измерения влажности газов и даны ответы на наиболее часто возникающие в процессе эксплуатации гигрометров вопросы.

### Единицы измерения влажности

Для количественной оценки «влажности» газов наиболее часто используют следующие характеристики:

- **парциальное давление** водяного пара ( $p$ );
- **относительная влажность**, определяемая как отношение парциального давления водяного пара ( $p$ ) к давлению насыщенного пара ( $p_s$ ) при данной температуре, выраженное в процентах;
- **точка росы (иная)**, определяемая как температура, при которой парциальное давление насыщенного относительно воды (льда) пара равно парциальному давлению водяного пара в характеризуемом газе;
- **абсолютная влажность**, определяемая как массовое содержание воды в единице объема газа.

Зависимости давления насыщенного пара над плоской поверхностью воды и льда от температуры, полученные теоретически на основании уравнения Клаузиуса - Клапейрона и сверенные с экспериментальными данными многих исследователей, рекомендованы для метеорологической практики Всемирной метеорологической организацией (ВМО):

$$\ln p_{sw} = -6094,4692T^{-1} + 21,1249952 - 0,027245552T + 0,000016853396T^2 + 2,4575506 \ln T$$

$$\ln p_{si} = -5504,4088T^{-1} - 3,5704628 - 0,017337458T + 0,0000065204209T^2 + 6,1295027 \ln T,$$

где  $p_{sw}$  и  $p_{si}$  – давление насыщенного пара над плоской поверхностью воды и льда соответственно (Па);

$T$  – температура (К).

Приведенные формулы справедливы для температур от 0 до 100 °С (для  $p_{sw}$ ) и от -100 до 0 °С (для  $p_{si}$ ). В то же время ВМО рекомендует первую формулу и для отрицательных температур для переохлажденной воды (до -50 °С).

В Приложении 1 приведены значения давления насыщенного пара над плоской поверхностью воды ( $p_{sw}$ ) и льда ( $p_{si}$ ) в температурном диапазоне от 0 до



минус 50°C.

В Приложении 2 приведены значения давления насыщенного пара над плоской поверхностью воды ( $p_{sw}$ ) в температурном диапазоне от 0 до 100°C.

### **Программа для пересчета различных единиц влажности**

Оговоримся сразу, что приведенные ниже достаточно сложные и громоздкие расчеты помещены здесь исключительно из методических соображений. Мы надеемся, что «оцифровка» различных единиц, характеризующих влажность газа, сделает их сущность более доступной для понимания.

Нет никакой необходимости самим осуществлять пересчет из одних единиц влажности в другие. Потому что, во первых, это могут сделать сами почти все приборы серии «Ива-6» (кроме «Ива-6НР» - но если у Вас возникнет такая необходимость, мы его научим), и, во вторых, Вы можете воспользоваться нашей программой MCalc.exe. Эту программу Вы можете найти на диске с нашим ПО или на нашем сайте в Интернет по адресу: <http://www.microfor.ru/soft/mcalc.zip>.

### **Измерение относительной влажности при отрицательных температурах**

Согласно определению относительная влажность воздуха – это отношение давления водяного пара ( $p$ ) в воздухе и давления насыщенного водяного пара ( $p_s$ ) при данной температуре, выраженное в процентах:

$$\Psi = 100 (p / p_s)$$

В области отрицательных температур возникает неоднозначность в определении давления насыщенного пара. Водяной пар может быть насыщенным относительно «плоской поверхности льда» и относительно «плоской поверхности воды». В последнем случае подразумевается возможность существования воды в жидкой фазе в переохлажденном состоянии при температуре вплоть до -50 °С. Единицы измерения относительной влажности воздуха по воде при отрицательной температуре широко используются в метеорологической практике. Это объясняется тем, что в свободной атмосфере отсутствуют центры кристаллизации и процесс перехода «лишнего» водяного пара в твердую фазу затруднен. Иная ситуация наблюдается в замкнутых объемах, например, в холодильных камерах. Здесь на поверхностях, зачастую покрытых инеем, свободно конденсируется избыточный водяной пар и его «пересыщения» не происходит.

На рис. 1 приведена зависимость значения относительной влажности «по воде» при 100% относительной влажности «по льду» от температуры.

Физический смысл графика состоит в том, что в области, лежащей на кривой и выше ее, происходит выпадение инея из воздуха.

Следует отметить, что очень часто в нормативных документах, в технической документации на приборы для измерения влажности не указывается относительно чего измеряется влажность при отрицательной температуре.

При необходимости измерения относительной влажности воздуха, насыщенного относительно льда гигрометром, измеряющим влажность относительно воды, в показания термогигрометра следует вводить поправку, учитывающую разницу давлений насыщенного водяного пара.



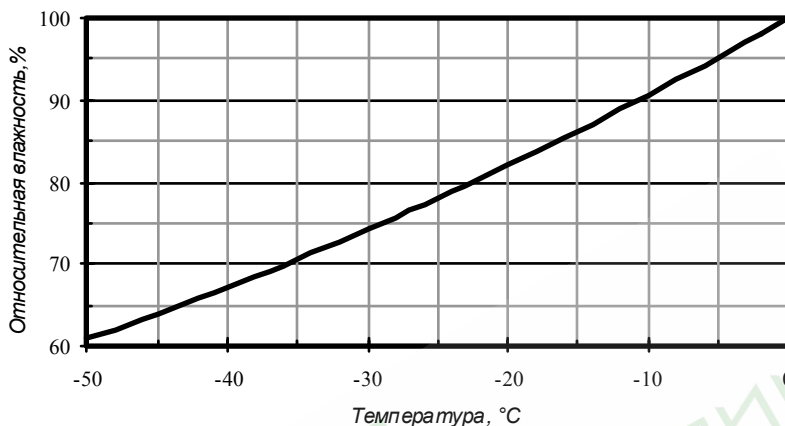


Рис. 1. Зависимость значения относительной влажности воздуха "по воде" при 100% относительной влажности "по льду" от температуры

Эта поправка рассчитывается следующим образом:

По определению

$$\psi_w = 100 p / p_{sw}, \quad \psi_l = 100 p / p_{sl}, \quad \text{где}$$

$\psi_w, \psi_l$  - относительная влажность воздуха относительно воды и льда, соответственно;

$p$  - парциальное давление водяного пара;

$p_{sw}$  и  $p_{sl}$  - парциальные давления водяного пара, насыщенного относительно поверхности воды и льда, соответственно.

Отсюда следует соотношение для пересчета относительной влажности воздуха, насыщенного относительно воды, в относительную влажность воздуха, насыщенного относительно льда:

$$\psi_l = \psi_w (p_{sw} / p_{sl})$$

В таблице 1 приведены значения поправочных коэффициентов ( $p_{sw} / p_{sl}$ ) при различных температурах, на которые нужно умножать показания термогигрометра, чтобы получить значение относительной влажности воздуха, насыщенного относительно льда.

Таблица 1.

Температура	-0	-10	-20	-30	-40
-0	1	1,104	1,219	1,347	1,489
-1	1,010	1,115	1,231	1,361	1,504
-2	1,020	1,126	1,243	1,374	1,519
-3	1,030	1,137	1,256	1,388	1,534
-4	1,040	1,148	1,269	1,402	1,549
-5	1,050	1,160	1,281	1,416	1,565
-6	1,061	1,171	1,294	1,430	1,580
-7	1,071	1,183	1,307	1,445	1,596
-8	1,082	1,195	1,320	1,459	1,612
-9	1,093	1,207	1,334	1,474	1,628

### Пример 1.

Показания термогигрометра при температуре  $-22^{\circ}\text{C}$  - 76 % относительной влажности относительно воды.

Для перевода в значение относительной влажности воздуха, относительно льда, необходимо:

1) определить из табл. 1 значение поправочного коэффициента для температуры  $-22^{\circ}\text{C}$ . Искомое значение коэффициента 1,243 находим на пересечении столбца  $-20^{\circ}\text{C}$  и  $-2^{\circ}\text{C}$ .

2) Умножаем поправочный коэффициент на показания термогигрометра:  
 $76\% \times 1,243 = 94,5\%$ .

Относительная влажность воздуха, насыщенного относительно льда составляет 94,5 %.

### Влияние температуры датчика на погрешность измерения относительной влажности

Согласно определению относительная влажность воздуха – это отношение давления водяного пара ( $p$ ) в воздухе и давления насыщенного водяного пара ( $p_s$ ) при данной температуре, выраженное в процентах:

$$\Psi = 100 (p / p_s).$$

Давление насыщенного пара  $p_s$  сильно зависит от температуры. Вследствие этого даже небольшое различие между температурой анализируемого воздуха и датчика приводит к значительной погрешности в определении относительной влажности. На рис. 2 приведена зависимость величины ошибки гигрометра от температуры при относительной влажности воздуха 100% и при условии, что температура датчика на  $0,1^{\circ}\text{C}$  выше температуры воздуха.

Верхняя кривая соответствует ошибке относительной влажности относительно льда.

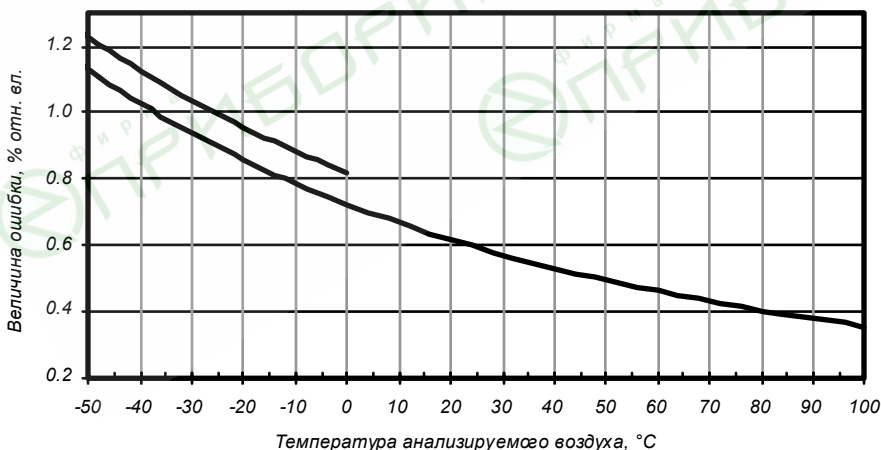


Рис. 2. Зависимость величины ошибки гигрометра от температуры при 100% относительной влажности, если температура датчика на  $0,1^{\circ}\text{C}$  выше температуры анализируемого воздуха.

Величина ошибки прямо пропорциональна величине относительной влажности. Так при относительной влажности воздуха 20% величина ошибки уменьшается в 5 раз по сравнению с указанной на рис. 2.

Сказанное выше иллюстрирует необходимость проведения измерений относительной влажности воздуха в условиях установившегося теплового равновесия между датчиком и анализируемой средой. Кроме того, отсюда видно, какие проблемы возникают при измерении и трактовке результатов измерений относительной влажности в помещениях с большими градиентами температур.

Так, в помещении с температурой 19...21°C и относительной влажностью 50 % (в точке с температурой 20°C) разность в величине относительной влажности в разных точках достигает 6% относительной влажности. Следует отметить, что градиент температуры 2°C в приведенном выше примере – небольшая величина для реальных помещений, в которых градиенты температур в пристенной области, вблизи окон, полов и потолков, а также отопительных приборов могут достигать значительно больших значений.

### Вычисление абсолютной влажности газа

Абсолютная влажность газа  $A$  (г/м<sup>3</sup>) связана с его относительной влажностью  $\Psi$  (%) следующей зависимостью:

$$A = 6,2198 \Psi p_s / (10000(T+273,16)), \text{ где}$$

$p_s$  – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре  $T$  (Па);

$T$  – температура газа (°C).

В Приложении 2 приведена зависимость от температуры абсолютной влажности газа с относительной влажностью по воде 100%, рассчитанная на основе приведенного выше соотношения и таблиц из Приложения 1.

**Пример 2.** Определить какое количество влаги необходимо испарить в помещении с относительной влажностью воздуха 13% и температурой 20°C, чтобы повысить относительную влажность до 50%. Габариты помещения 5×8×4 м.

1. Определяем по таблице в Приложении 2, что в 1 м<sup>3</sup> воздуха при температуре 20°C и относительной влажности 100% содержится 17,3 г воды.

2. Находим количество влаги в 1 м<sup>3</sup> воздуха при температуре 20°C и относительной влажности 13%:

$$A(13\%) = 0,13 \times 17,3 = 2,25 \text{ г}$$

3. Находим количество влаги в 1 м<sup>3</sup> воздуха при температуре 20°C и относительной влажности 50%:

$$A(50\%) = 0,50 \times 17,3 = 8,65 \text{ г}$$

4. Находим количество влаги которое необходимо добавить в 1 м<sup>3</sup> воздуха при температуре 20°C, чтобы увеличить его относительную влажность с 13% до 50%:

$$m = A(50\%) - A(13\%) = 8,65 - 2,25 = 6,4 \text{ г.}$$

5. Находим объем помещения:

$$V = 5 \times 8 \times 4 = 160 \text{ м}^3$$

6. Определяем общее количество влаги  $M$ :

$$M = mV = 6,4 \times 160 = 1024 \text{ г.}$$

## Вычисление точки росы газа

Точка росы (иней), определяется как температура, при которой парциальное давление насыщенного относительно воды (льда) пара равно парциальному давлению водяного пара в характеризуемом газе. Физический смысл этой величины состоит в том, что она характеризует температуру, при которой из газа начинает конденсироваться влага.

Точка росы (иней) однозначно определяется величиной парциального давления водяного пара в газе и может быть рассчитана с помощью таблиц, приведенных в Приложении 1.

### Пример 3.

Парциальное давление водяного пара в воздухе равно 1000 Па.

Для нахождения точки росы газа необходимо найти в столбце « $p_{sw}$ , Па» таблиц в Приложении 1 или 2 соответствующее значение давления насыщенного пара. Из таблицы в Приложении 1.2 находим, что значению 1000 Па соответствует температура около 7°C. Таким образом, точка росы воздуха с парциальным давлением водяного пара 1000 Па составляет 7°C.

### Пример 4.

Парциальное давление водяного пара в воздухе равно 7,2 Па.

В таблице из Приложения 1 находим, что значению 7,2 Па в столбце « $p_{sw}$ , Па» соответствует температура -49°C, а в столбце « $p_{si}$ , Па» - температура -45°C. Таким образом, точка росы воздуха с парциальным давлением водяного пара 7,2 Па составляет -49°C, а его точка инея составляет -45°C.

**Пример 5.** Относительная влажность воздуха при температуре 20°C составляет 55%. Определить точку росы воздуха.

1. Определяем давление насыщенного водяного пара при температуре 20°C, используя таблицу в Приложении 2. Получаем 2340 Па.

2. Определяем парциальное давление водяного пара в воздухе:

$$p = p_s (\psi/100) = 2340 \cdot 55/100 = 1287 \text{ Па.}$$

3. Из таблицы в Приложении 2. находим, что значению 1287 Па соответствует температура около 10,5°C.

Таким образом, точка росы воздуха с относительной влажностью 55% при температуре 20°C составляет около 10,5°C.

В помещении с относительной влажностью воздуха 55% и температурой 20°C запотевание оконных стекол начинается при температуре внутренней поверхности стекол около 10,5°C.

Необходимо отметить, что приведенные выше расчеты точки росы (иней) справедливы только для изобарических процессов, т.е. процессов, протекающих при постоянном давлении. Температура, при которой начинается конденсация водяного пара из воздуха в изохорических условиях (в замкнутом постоянном объеме) будет ниже, чем в изобарических (в замкнутом объеме с «мягкими» стенками), поскольку в процессе охлаждения давление воздуха и, следовательно, парциальное давление водяного пара в замкнутом постоянном объеме будет снижаться.

На рис.3 приведена зависимость точки росы газа от его относительной влажности при температуре газа 20°C. Эта зависимость иллюстрирует с одной стороны, температуру стекол в помещении при которой начинается их запотевание, а с другой стороны, показывает, какая максимальная относительная влажность может быть в отапливаемом помещении, в которое пода-

ется наружный воздух без увлажнения. При этом предполагается, что относительная влажность наружного воздуха 100% (по воде) и в помещении не происходит влаговыделения или влагопоглощения. Отсюда видно, что при наружной температуре воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  и его относительной влажности 100% относительная влажность воздуха в отапливаемом помещении с температурой  $20^{\circ}\text{C}$  составит около 13%.



Рис.3. Зависимость точки росы газа от его относительной влажности при температуре газа  $20^{\circ}\text{C}$ .

### **О «национальных» особенностях микроклимата в Российской Федерации**

Большая часть территории нашей страны лежит в континентальной и резко континентальной климатической зоне. Это означает продолжительные и довольно суровые зимы со средней температурой по крайней мере ниже минус  $10^{\circ}\text{C}$ . При этом температура воздуха в помещениях в большинстве регионов страны поддерживается на уровне  $20...22^{\circ}\text{C}$ . Как отмечалось в предыдущем разделе, относительная влажность воздуха в таком помещении при наружной температуре  $-10^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности 100% составит 13%. При наружной температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  — 4,4%. Уже к середине зимы стены, мебель, бумага отдадут накопленную в летний период влагу (а это могут быть десятки килограмм) и становятся мощными насосами, выкачивающими водяной пар из воздуха при потеплениях или попытках одновременного повышения влажности в помещении путем полива, испарения или разбрызгивания воды.

В связи с этим представляются изощренным издательством требования различных нормативных документов к величине относительной влажности в рабочих помещениях. Ну, например, стр.18 этого документа: «...11.6.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- 1) температура окружающего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$  .....  $20 \pm 3$
- 2) относительная влажность, % .....  $30..80...$ »

Но это уже не наша (ООО «Микрофор») проблема...



Наши проблемы начинаются, когда разнерничавшиеся пользователи начинают с наступлением холодов звонить и подвергать сомнениям достоверность показаний термогигрометров «Ива-6». Особенно частым аргументом наших оппонентов является сравнение показаний «Ива-6» с показаниями настенного психрометра ВИТ: «...ВИТ показывает 40%, а «Ива» - 15...». Мы (а также поверители «Ростеста» и других ЦСМ) уже успели объяснить, что

- психрометры ВИТ не являются средством измерения;
- диапазон измерений ВИТ-1 – 20...90%, ВИТ-2 – 40...90%;
- психрометрические таблицы для ВИТ приведены при скорости обдува 1 м/с;

- декларируемая погрешность ВИТ  $\pm 7\%$  относительной влажности;
- мокрый термометр в психрометре должен быть заправлен дистиллированной водой, а тряпочка должна быть чистой.

Эти доводы убеждают далеко не всех. Некоторые продвинутые пользователи пытаются использовать для верификации гигрометра растворы солей. Иногда это приводит к непредсказуемым результатам – не стоит заливать датчик раствором соли, поскольку это не только полностью искажает влажностный режим в его окрестностях, но и может плохо отразиться на конструктивных элементах прибора и на работоспособности сенсора. Мы испытываем определенный скептицизм относительно целесообразности использования солевых эталонов для проверки или юстировки гигрометров неквалифицированными пользователями, поэтому в следующем разделе приведем рекомендации, соблюдение которых позволит получить положительный результат

### Об использовании насыщенных растворов солей для проверки гигрометров

Практическое использование насыщенных растворов солей для проверки гигрометров основано на том, что равновесная относительная влажность воздуха над поверхностью такого раствора мало зависит от температуры. В таблице 4 приведены значения относительной влажности для различных солей при различных температурах.

Таблица 4.

Соли	Относительная влажность (%) и оценка доверительных интервалов абсолютной погрешности (при $P=0,9$ ) над насыщенными водными растворами солей при $t, ^\circ\text{C}$						
	0	10	20	30	40	50	60
LiCl	18,6 $\pm$ 0,1	14,5 $\pm$ ,2	12,0 $\pm$ 0,1	11,9 $\pm$ 0,1	11,5 $\pm$ 0,1	11,0 $\pm$ 0,1	11,0 $\pm$ 0,1
MgCl <sub>2</sub>	34,0 $\pm$ 0,2	33,6 $\pm$ 0,2	33,0 $\pm$ 0,1	32,5 $\pm$ 0,1	31,6 $\pm$ 0,1	30,5 $\pm$ 0,1	29,4 $\pm$ 0,1
NaBr	66,8 $\pm$ 0,2	62,8 $\pm$ 0,2	59,4 $\pm$ 0,2	57,6 $\pm$ 0,2	53,2 $\pm$ 0,1	-	-
NaCl	76,2 $\pm$ 0,2	75,9 $\pm$ 0,2	75,6 $\pm$ 0,3	75,3 $\pm$ 0,2	75,1 $\pm$ 0,2	74,8 $\pm$ 0,2	74,5 $\pm$ 0,2
KCl	88,2 $\pm$ 0,3	86,7 $\pm$ 0,3	85,3 $\pm$ 0,3	83,6 $\pm$ 0,3	82,3 $\pm$ 0,2	81,4 $\pm$ 0,2	80,0 $\pm$ 0,2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	99,6 $\pm$ 0,3	98,3 $\pm$ 0,3	97,5 $\pm$ 0,4	97,2 $\pm$ 0,3	97,1 $\pm$ 0,2	97,0 $\pm$ 0,2	-

Рекомендации по практическому использованию солей для проверки гигрометров.

1. Выберите стеклянную тару (банку) с герметично закрывающейся полиэтиленовой или жестяной крышкой объемом 100-200 мл.

2. Прорежьте в крышке отверстие, в которое можно было бы вставить датчик со снятым защитным колпачком. Снимите колпачок с датчика,

вставить его в отверстие в крышке и закрутите колпачок. Желательно для обеспечения герметичности использовать резиновую прокладку.

3. Поместите на дно банки около 0,5 см (уровень) сухой соли и смочите ее дистиллированной водой. При этом вода не должна попасть на стенки и соль должна быть покрыта водой.

4. Закройте банку крышкой со вставленным датчиком. Раствор соли (соль) не должен попадать на датчик. Банка должна быть герметично закрыта крышкой с датчиком для исключения "разбавления" паро-воздушной смеси внутри стакана окружающим воздухом. Подвесьте банку с датчиком в месте без сквозняков со стабильной температурой, а лучше поместите в термос с широкой горловиной (предварительно укутав ее поролоном или мягкой тканью (чтобы не разбить колбу), и дождитесь установления показаний. Время установления равновесия может достигать нескольких часов. Имейте в виду, что изменение температуры в процессе проверки отодвигает момент достижения равновесия на неопределенное время.

Точность метода зависит от следующих факторов:

1. Отсутствие градиентов температуры в системе «банка – датчик» и ее стабильность в процессе измерений.
2. Герметичность системы.

### **О поверке гигрометра**

Поверка термогигрометров «Ива-6» может быть осуществлена в региональных органах Государственной метрологической службы, располагающих соответствующей метрологической базой. При этом необходимо учитывать тот факт, что ни один из известных нам органов Государственной метрологической службы, осуществляющих поверку гигрометров не проводит их юстировку. А ведь метрологические характеристики практически любого средства измерений в процессе эксплуатации претерпевают изменения, для коррекции которых необходима периодическая юстировка приборов.

В связи с вышесказанным мы настоятельно рекомендуем проводить ежегодное техническое обслуживание термогигрометра, включающее тестирование, устранение мелких дефектов и юстировку, а также последующую поверку на предприятии-изготовителе.

Это позволит Вам сэкономить время и деньги.

### **ВНИМАНИЕ!!!**

**Начиная с 2003 года мы осуществляем техническое обслуживание наших приборов после первого года эксплуатации БЕСПЛАТНО.**

**При этом Вы платите только за поверку термогигрометра по расценкам «Ростест-Москва».**



ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Значения давления насыщенного пара над плоской поверхностью воды ( $p_{sw}$ )  
и льда ( $p_{sl}$ ).

T, °C	$p_{sw}$ , Па	$p_{sl}$ , Па	T, °C	$p_{sw}$ , Па	$p_{sl}$ , Па	T, °C	$p_{sw}$ , Па	$p_{sl}$ , Па
-50	6,453	3,924	-33	38,38	27,65	-16	176,37	150,58
-49	7,225	4,438	-32	42,26	30,76	-15	191,59	165,22
-48	8,082	5,013	-31	46,50	34,18	-14	207,98	181,14
-47	9,030	5,657	-30	51,11	37,94	-13	225,61	198,45
-46	10,08	6,38	-29	56,13	42,09	-12	244,56	217,27
-45	11,24	7,18	-28	61,59	46,65	-11	264,93	237,71
-44	12,52	8,08	-27	67,53	51,66	-10	286,79	259,89
-43	13,93	9,08	-26	73,97	57,16	-9	310,25	283,94
-42	15,48	10,19	-25	80,97	63,20	-8	335,41	310,02
-41	17,19	11,43	-24	88,56	69,81	-7	362,37	338,26
-40	19,07	12,81	-23	96,78	77,06	-6	391,25	368,84
-39	21,13	14,34	-22	105,69	85,00	-5	422,15	401,92
-38	23,40	16,03	-21	115,32	93,67	-4	455,21	437,68
-37	25,88	17,91	-20	125,74	103,16	-3	490,55	476,32
-36	28,60	19,99	-19	136,99	113,52	-2	528,31	518,05
-35	31,57	22,30	-18	149,14	124,82	-1	568,62	563,09
-34	34,83	24,84	-17	162,24	137,15	0	611,65	611,66

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Значения давления насыщенного пара над плоской поверхностью воды ( $p_{sw}$ ).

T, °C	$p_{sw}$ , Па	T, °C	$p_{sw}$ , Па	T, °C	$p_{sw}$ , Па	T, °C	$p_{sw}$ , Па
0	611,65	26	3364,5	52	13629,5	78	43684,4
1	657,5	27	3568,7	53	14310,3	79	45507,1
2	706,4	28	3783,7	54	15020,0	80	47393,4
3	758,5	29	4009,8	55	15759,6	81	49344,8
4	814,0	30	4247,6	56	16530,0	82	51363,3
5	873,1	31	4497,5	57	17332,4	83	53450,5
6	935,9	32	4760,1	58	18167,8	84	55608,3
7	1002,6	33	5036,0	59	19037,3	85	57838,6
8	1073,5	34	5325,6	60	19942,0	86	60143,3
9	1148,8	35	5629,5	61	20883,1	87	62524,2
10	1228,7	36	5948,3	62	21861,6	88	64983,4
11	1313,5	37	6282,6	63	22878,9	89	67522,9
12	1403,4	38	6633,1	64	23936,1	90	70144,7
13	1498,7	39	7000,4	65	25034,6	91	72850,8
14	1599,6	40	7385,1	66	26175,4	92	75643,4
15	1706,4	41	7787,9	67	27360,1	93	78524,6
16	1819,4	42	8209,5	68	28589,9	94	81496,5
17	1939,0	43	8650,7	69	29866,2	95	84561,4
18	2065,4	44	9112,1	70	31190,3	96	87721,5
19	2198,9	45	9594,6	71	32563,8	97	90979,0
20	2340,0	46	10098,9	72	33988,0	98	94336,4
21	2488,9	47	10625,8	73	35464,5	99	97795,8
22	2646,0	48	11176,2	74	36994,7	100	101359,8
23	2811,7	49	11750,9	75	38580,2		
24	2986,4	50	12350,7	76	40222,5		
25	3170,6	51	12976,6	77	41923,4		

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

Значения абсолютной влажности газа с относительной влажностью по воде 100% при различных температурах.

T, °C	A, г/м <sup>3</sup>	T, °C	A, г/м <sup>3</sup>	T, °C	A, г/м <sup>3</sup>	T, °C	A, г/м <sup>3</sup>
-50	0,063	-10	2,361	30	30,36	70	196,94
-49	0,070	-9	2,545	31	32,04	71	205,02
-48	0,078	-8	2,741	32	33,80	72	213,37
-47	0,087	-7	2,950	33	35,64	73	221,99
-46	0,096	-6	3,173	34	37,57	74	230,90
-45	0,107	-5	3,411	35	39,58	75	240,11
-44	0,118	-4	3,665	36	41,69	76	249,61
-43	0,131	-3	3,934	37	43,89	77	259,42
-42	0,145	-2	4,222	38	46,19	78	269,55
-41	0,160	-1	4,527	39	48,59	79	280,00
-40	0,177	0	4,852	40	51,10	80	290,78
-39	0,196	1	5,197	41	53,71	81	301,90
-38	0,216	2	5,563	42	56,44	82	313,36
-37	0,237	3	5,952	43	59,29	83	325,18
-36	0,261	4	6,364	44	62,25	84	337,36
-35	0,287	5	6,801	45	65,34	85	349,91
-34	0,316	6	7,264	46	68,56	86	362,84
-33	0,346	7	7,754	47	71,91	87	376,16
-32	0,380	8	8,273	48	75,40	88	389,87
-31	0,416	9	8,822	49	79,03	89	403,99
-30	0,455	10	9,403	50	82,81	90	418,52
-29	0,498	11	10,02	51	86,74	91	433,47
-28	0,544	12	10,66	52	90,82	92	448,86
-27	0,594	13	11,35	53	95,07	93	464,68
-26	0,649	14	12,07	54	99,48	94	480,95
-25	0,707	15	12,83	55	104,06	95	497,68
-24	0,770	16	13,63	56	108,81	96	514,88
-23	0,838	17	14,48	57	113,75	97	532,56
-22	0,912	18	15,37	58	118,87	98	550,73
-21	0,991	19	16,31	59	124,19	99	569,39
-20	1,076	20	17,30	60	129,70	100	588,56
-19	1,168	21	18,33	61	135,41		
-18	1,266	22	19,42	62	141,33		
-17	1,372	23	20,57	63	147,47		
-16	1,486	24	21,78	64	153,83		
-15	1,608	25	23,04	65	160,41		
-14	1,739	26	24,37	66	167,23		
-13	1,879	27	25,76	67	174,28		
-12	2,029	28	27,22	68	181,58		
-11	2,190	29	28,75	69	189,13		



## Термогигрометр ИВА-6Б

предназначен для измерения относительной влажности и температуры воздуха в жилых, складских и производственных помещениях, а также в свободной атмосфере



- Термогигрометр состоит из блока индикации и измерительного преобразователя влажности и температуры типа ДВ2 ТСМ.
- Щитовое исполнение блока индикации.
- Измерительный преобразователь влажности и температуры подключается к блоку индикации двухпроводным кабелем длиной до 300 м.
- Широкая номенклатура измерительных преобразователей, отличающихся конструктивным исполнением, рабочим диапазоном температур и величиной погрешности.
- Возможность подключения измерительного преобразователя давления для компенсации влияния давления на влагосодержание анализируемого газа.
- Представление измеренного значения влажности газа в различных единицах: относительная влажность (%), точка росы ( $^{\circ}\text{C}$ ) или абсолютная влажность ( $\text{г}/\text{м}^3$ ).
- Наличие двух релейных выходов (5А,  $\sim 220\text{В}$ ) с программируемыми порогами срабатывания по задаваемому измерительному каналу.
- Возможность установки двух токовых выходов (0-5 или 4-20 мА) или цифрового выхода (R232 или RS485).

