

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра физики и методики преподавания физики

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОЙ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ

Методические указания

Составители: В.Н. Макаров, П.П. Неясов, А.Г. Четверикова

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в образовательные области «Математические и естественные науки» и «Инженерное дело, технологии и технические науки»

Оренбург
2020

УДК 533.275(о76.5)

ББК 22.253я7

О62

Рецензент – доктор физико-математических наук, доцент Т.М. Чмерева

О62 Определение абсолютной и относительной влажности:
методические указания/ составители В.Н. Макаров, П.П. Неясов, А.Г. Четверикова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2020. – 17 с.

Методические указания к лабораторной работе по физике включают в себя описание основных положений методики определения абсолютной и относительной влажности воздуха с помощью психрометра Августа, аспирационного психрометра Ассмана и электронного датчика влажности.

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки, входящим в образовательные области «Математические и естественные науки» и «Инженерное дело, технологии и технические науки».

УДК 533.275(о76.5)

ББК 22.253я7

© Макаров В.Н.,
Неясов П.П.,
Четверикова А.Г.
составление, 2020
© ОГУ, 2020

Содержание

Цель работы	4
Приборы и принадлежности	4
1 Основные понятия и определения	4
2 Определение относительной влажности с помощью психрометров	6
3 Порядок выполнения работы	9
4 Контрольные вопросы	14
Приложение А	15
Приложение Б	16
Приложение В.....	17

Цель работы

Освоение методов измерения абсолютной и относительной влажности воздуха, определение точки росы.

Приборы и принадлежности

Психрометр Августа, аспирационный гигрометр Ассмана, электронный датчик влажности, барометр.

1 Основные понятия и определения

Атмосферный воздух содержит некоторое количество водяных паров. Главным источником влажности воздуха является испарение воды с поверхности океанов, морей, водоемов, влажной почвы и растений. Водяной пар переносится вверх турбулентностью и конвекцией, а по горизонтали – ветром.

В атмосфере Земли в среднем содержится $1,24 \cdot 10^{16}$ кг водяного пара. Сконденсировавшись, он мог бы образовать слой воды на поверхности Земли толщиной 2,4 см. Количество водяного пара быстро убывает с понижением температуры. Поэтому для атмосферы характерно уменьшение количества водяного пара от экватора к полюсам и очень быстрое уменьшение с высотой. Среднее объемное содержание водяного пара у поверхности Земли составляет: у экватора – 2,6%, а в полярных районах – 0,2%. От поверхности Земли до высоты 1,5–2 км среднее содержание водяного пара уменьшается вдвое. Выше воздух становится очень сухой. Лишь изредка, на высотах 17–82 км образуются перламутровые (стратосферные) облака, что свидетельствует о наличии насыщающей влажности воздуха.

Под влиянием различных процессов водяной пар конденсируется, образуя облака, туманы, осадки и наземные гидрометеоры: росу, иней и т.д. Фазовые переходы воды в атмосфере сопровождаются выделением или поглощением тепла, поэтому им придается большое значение в энергетике и термодинамике атмосферы. Водяной пар имеет способность к поглощению электромагнитного излучения в инфракрасном диапазоне частот. Наиболее интенсивное поглощение приходится на длины волн $\lambda = 5,5 \div 7,0$ мкм и $\lambda > 17$ мкм. Поэтому влажность воздуха сильно влияет на тепловой баланс атмосферы.

Рассмотрим основные определения.

Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется насыщающим или насыщенным. Динамическое равновесие – это состояние при котором число молекул, вылетающих из жидкости, равно числу молекул, возвращающихся обратно. Если динамическое равновесие не соблюдается – пар является ненасыщенным.

Масса водяного пара, содержащегося в 1 м^3 воздуха, называется *абсолютной влажностью*. С повышением абсолютной влажности пары воды все больше приближаются к состоянию насыщающего пара. *Максимальной*

абсолютной влажностью при данной температуре является масса насыщающего водяного пара в 1 м^3 воздуха.

Пар не является газом в строгом смысле этого слова. Газ – это агрегатное состояние вещества при данных температуре и давлении. Пар же не является агрегатным состоянием вещества, потому что агрегатным состоянием вещества при данных температуре и давлении является жидкое состояние. В связи с этим поведение пара отличается от поведения газа. В грубом приближении газовые законы могут быть применимы к ненасыщенным парам. Поэтому для описания состояния водяного пара в атмосфере обычно используют уравнение Клапейрона–Менделеева:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT. \quad (1)$$

Здесь, P – парциальное давление (упругость) водяных паров, V – объем, занимаемый паром, m – его масса, μ – молярная масса, R – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура.

Парциальное давление – часть общего давления, относящаяся к одному из компонентов газовой смеси. Математически оно равно давлению, которое газ оказывал бы в отсутствии других компонентов газовой смеси.

При одинаковой температуре отношение абсолютных влажностей в двух различных состояниях имеет вид:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{P_1}{P_2}. \quad (2)$$

где ρ_1 и ρ_2 – плотность водяных паров в двух различных состояниях.

Из (2) следует, что мерой абсолютной влажности может быть величина парциального давления водяных паров в атмосфере. Поэтому обычно *абсолютной влажностью* принято называть упругость водяного пара и выражать ее в миллиметрах ртутного столба. В системе СИ эта величина измеряется в Паскалях.

Относительной влажностью называется отношение *абсолютной влажности* к *максимальной абсолютной влажности* при данной температуре, выраженное в процентах. Она определяется выражением:

$$f = \frac{P}{P_{n \text{ (сух)}}} 100\%, \quad (3)$$

где P – упругость водяных паров при температуре t , $P_{n \text{ (сух)}}$ – упругость паров, насыщающих воздух при той же температуре (температуре сухого термометра). Физически, P численно равна абсолютной влажности воздуха.

Относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром.

Температуру t_p , при которой водяной пар становится насыщенным, называют **точкой росы**. При охлаждении воздуха до точки росы начинается конденсация паров: появляется туман, выпадает роса. Точка росы характеризует влажность воздуха, так как она позволяет определить парциальное давление водяного пара и относительную влажность

Влажность воздуха измеряется с помощью гигрометров (греч. ὑγρός – влажный) и психрометров (ψυχρός – холодный). Существуют дистанционные методы определения влажности воздуха, использующие лазерные и радиометрические приборы. Эти методы позволяют производить измерения с борта самолета и метеорологических спутников Земли. В дистанционных психрометрах используются термометры сопротивления, термисторы, термопары. В Оренбургском государственном университете в «Институте микро- и нанотехнологий» ведутся исследования по созданию очень точного датчика влажности. Датчик основан на оптических свойствах молекул ДНК, способных поглощать водяные пары в воздухе.

Рассмотрим классические методы определения влажности воздуха.

2 Определение относительной влажности с помощью психрометров

Психрометр Августа состоит из двух термометров, помещенных на одном щитке. Баллончик одного из термометров обвязан батистом, конец которого погружен в стаканчик с водой. Сухой термометр показывает комнатную температуру.

Благодаря испарению воды с батиста, облегающего баллончик, так называемого «влажного термометра», последний показывает температуру более низкую, чем соседний сухой термометр. Чем меньше влажность окружающего воздуха, тем интенсивнее испарение и тем ниже показание влажного термометра. Отметки по двум термометрам дают разность температур, которая и характеризует влажность воздуха. Для определения относительной влажности воздуха пользуются таблицами психрометрической разности. По разности показаний сухого и влажного термометров отыскивают искомое значение f . Зная относительную влажность, можно определить и абсолютную. При известной относительной влажности абсолютная влажность равна:

$$P = \frac{f \cdot P_n^{(сух)}}{100\%}. \quad (4)$$

Значение $P_n^{(сух)}$ находят по таблице значений (приложение 1).

Аспирационный психрометр Ассмана состоит из двух термометров, укрепленных на одном штативе. Баллончик одного из термометров обвязан батистом, конец которого погружен в стаканчик с водой. В верхней части штатива имеется вентилятор, приводимый во вращение часовым механизмом, который заводится ключом, при установившемся режиме испарения. Когда температура влажного термометра тоже установится, приход тепла Q_1 извне будет равен расходу тепла Q_2 на испарение воды с поверхности термометра. Тогда по закону Ньютона-Рихмана имеем:

$$Q_1 = \alpha (t - t_1) \cdot S_1, \quad (5)$$

где $(t - t_1)$ – наблюдаемая разность температур, S_1 – поверхность баллончика термометра (влажного), α – коэффициент пропорциональности.

Скорость испарения воды с охлаждающей поверхности влажного термометра (масса воды, испаряющаяся в единицу времени)

$$M \approx \frac{S_2 P_n^{(влаж)} - P}{P_{атм}}, \quad (6)$$

где S_2 – площадь испаряющей поверхности, P – упругость паров, находящихся в воздухе, $P_n^{(влаж)}$ – упругость насыщенных паров при температуре влажного термометра, $P_{атм}$ – атмосферное давление.

Вводя коэффициент пропорциональности k , имеем

$$M = \frac{k \cdot S_2 P_n^{(влаж)} - P}{P_{атм}}. \quad (7)$$

Расход энергии на испарение:

$$Q_2 = M \cdot \lambda = \frac{k \cdot \lambda S_2 P_n^{(влаж)} - P}{P_{атм}}, \quad (8)$$

где λ – удельная теплота испарения.

Приравнивая Q_1 к Q_2 получим:

$$P = P_n^{(влаж)} - A^* \cdot P_{атм} t - t_1, \quad (9)$$

$$A^* = \frac{\alpha \cdot S_1}{k \cdot \lambda S_2} = \frac{P_n^{(влаж)} - P}{P_{атм} t - t_1}. \quad (10)$$

Здесь A^* – постоянная, которая в значительной мере зависит от скорости движения воздуха и поэтому для всякого психрометра определяется отдельно.

Выражение (9) носит название психрометрической формулы. Обычно влажный термометр покрыт батистом так, чтобы можно было считать $S_1 = S_2$. Тогда

$$A = \frac{\alpha}{k \cdot \lambda}. \quad (11)$$

В таком случае зависимость коэффициента A от скорости обтекания воздухом резервуаров термометров представлена на рисунке.

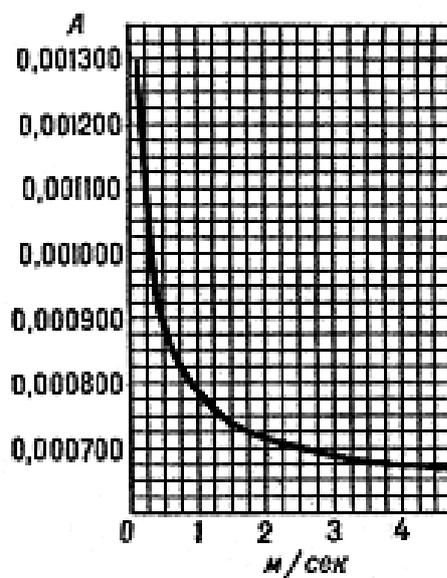


Рисунок 1 – Зависимость величины A от скорости прохождения воздуха через прибор

Скорость воздушного потока, создаваемого пружинным аспиратором (вентилятором), обычно составляет (2–2,5) м/с.

При помощи ключа заводят часовой механизм до предела и после установления процесса испарения отсчитывают температуру на обоих термометрах (t и t_1). Величины P_n берут из психометрических таблиц. $P_{атм.}$ определяют по барометру. Значение A рассчитывается по формуле (10). Для определения A величину P следует взять из данных измерений психрометром Августа.

Аспирационный психрометр Ассмана МВ-4М

Работа психрометра Ассмана МВ-4М основана на зависимости разности температур сухого и смоченного термометров от влажности окружающего воздуха. Психрометр состоит из двух одинаковых ртутных термометров, закрепленных в специальной оправе, и аспирационной головки. Оправа представляет собой трубку, раздваивающуюся книзу, с защитной пленкой. К нижней раздвоенной части трубки с помощью пластмассовых втулок прикреплены два патрубка, являющихся радиационной защитой резервуаров термометров. Верхний конец трубки соединен с аспиратором. Аспирационная головка состоит из заводного механизма и вентилятора, которые закрыты колпаком. Пружина заводного механизма психрометра Ассмана МВ-4М заводится ключом. При вращении вентилятора, в прибор всасывается воздух, который обтекает резервуары термометров и проходит по воздухопроводной трубке к вентилятору и выбрасывается наружу через прорези в аспираторной головке. Сухой термометр будет показывать температуру воздуха, а показания смоченного термометра будут меньше из-за охлаждения, вызванного испарением воды с поверхности батиста облегающего баллончик термометра. Для определения влажности по

показаниям сухого и влажного термометров используют психрометрические таблицы.

Для определения абсолютной влажности необходимо использовать значения атмосферного давления, которое измеряется барометром.

Барометр-анероид

Барометр является прибором непрерывного действия, предназначенным для ориентированных наблюдений в помещениях за изменением атмосферного давления в географических районах, расположенных не выше 300 метров над уровнем моря. Барометр представляет собой механический стрелочный прибор, работающий от воздействия атмосферного давления на анероидный чувствительный элемент. В конструкции барометра предусмотрен биметаллический (состоящий из 3 металлов) стрелочный термометр, измеряющий температуру воздуха. Диапазон измерений давления от 695 до 805 мм. рт. ст. (от 0,927 до 0,1073 МПа).

Для определения характера изменения давления фиксирующаяся золотистая стрелка совмещается (при помощи ручки, расположенной на стрелке барометра) с показывающей черной стрелкой. **Данное действие следует выполнять только с разрешения преподавателя или инженера лаборатории!**

Электронный датчик влажности и температуры

Электронный датчик влажности и температуры выполнен на основе цифрового датчика DHT11. DHT11 - это цифровой датчик влажности и температуры, состоящий из термистора и емкостного датчика влажности. Также датчик содержит в себе АЦП для преобразования аналоговых значений влажности и температуры. Для работы с датчиком DHT11 используется Arduino библиотека DHT. Для точности определения относительной влажности воздуха, показания прибора необходимо снимать, когда он проработал не менее 10 минут. Чтобы выключить электронный датчик влажности достаточно вытащить его вилку из электрической сети.

3 Порядок выполнения работы

Часть 1. Определение относительной и абсолютной влажности воздуха с помощью психрометра Августа

1. Начертите таблицу 1

Таблица 1 – Значения, полученные с помощью психрометра Августа

$t_{\text{сух}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{влаж}}, ^\circ\text{C}$	$f, \%$	$P_n^{(\text{сух})}, \text{Па}$	$P, \text{Па}$	$\rho, \text{кг/м}^3$

- Определите температуру сухого $t_{\text{сух}}$ и влажного $t_{\text{влаж}}$ термометра. Показания занесите в таблицу 1. Температуру округляйте до целых чисел.
- Используя психометрическую таблицу, расположенную на стенде, найдите относительную влажность f . Для этого рассчитайте разность температур влажного и сухого термометров ($t_{\text{сух}} - t_{\text{влаж}}$). Показания занесите в таблицу 1.
- Используя приложение А, найдите давление насыщенных паров $P_n^{(\text{сух})}$ для температуры сухого термометра. Показания занесите в таблицу 1.
- Используя формулу (4) рассчитайте абсолютную влажность воздуха $P, \text{Па}$. Показания занесите в таблицу 1.
- Рассчитайте абсолютную влажность воздуха ρ в $\text{кг}/\text{м}^3$. Для этого из уравнения (1) выразите плотность:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P}{T_{\text{сух}}} \cdot \frac{\mu}{R} = \frac{P}{T_{\text{сух}} \cdot R_V}, \quad (12)$$

где $R_V = 461,5 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ – универсальная газовая постоянная для водяного пара;

$T_{\text{сух}} = t_{\text{сух}} + 273,15$ – температура сухого термометра (в кельвинах).

Часть 2. Определение относительной и абсолютной влажности воздуха с помощью психрометра Ассмана МВ-4М

- Начертите таблицу 2

Таблица 2 – Значения, полученные с помощью психрометра Ассмана МВ-4М

$t_{\text{сух}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{влаж}}, ^\circ\text{C}$	$f, \%$	$P_n^{(\text{влаж})}, \text{Па}$	$P_{\text{атм}}, \text{Па}$	$P, \text{Па}$	$\rho, \text{кг}/\text{м}^3$

- Определите температуру сухого термометра $t_{\text{сух}}$. Показания занесите в таблицу 2. Температуру округляйте до целых чисел.
- Перед выполнением данной части лабораторной работы, уточните у инженера лаборатории или преподавателя, готова ли установка к проведению лабораторных исследований. Когда лабораторная установка готова к работе, заведите пружинный механизм вентилятора с помощью ключа (почти до предела). Ожидайте остановки вентилятора.

4. Когда вентилятор остановился, определите температуру влажного термометра $t_{\text{влаж}}$. Показание занесите в таблицу 2. Температуру округляйте до целых чисел.
5. Используя график из приложения Б, определите величину относительной влажности воздуха. Показание занесите в таблицу 2.
6. Определите величину атмосферного давления в паскалях, используя барометр (760 мм. рт. ст. = 101 325 Па).
7. Используя приложение 1, найдите давление насыщенных паров для температуры влажного $P_n^{(\text{влаж})}$ термометра. Показания занесите в таблицу 2.
8. Преобразуя формулы (9) и (11), получим формулу для абсолютной влажности воздуха в паскалях:

$$P = P_n^{(\text{влаж})} - A \cdot P_{\text{атм}} \cdot (t_{\text{сух}} - t_{\text{влаж}}) \quad (13)$$

В данной лабораторной работе коэффициент A принимает значение равное $6,62 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}$. Показание занесите в таблицу 2.

9. Рассчитайте абсолютную влажность воздуха ρ в $\text{кг}/\text{м}^3$ с помощью формулы (12). Показание занесите в таблицу 2.

Часть 3. Определение относительной влажности воздуха с помощью электронного датчика влажности

1. Включите электронный датчик влажности.
2. Определите значение относительной влажности воздуха.

Для работы с электронным датчиком влажности необходимо включить вилку датчика в электрическую сеть. На экране дисплея высветятся два сообщения. Приведем пример сообщений:

Temperature: 28 C – означает, что температура в помещении составляет 28 $^\circ\text{C}$;

Humidity: 18% – означает, что относительная влажность в помещении составляет 18 %.

3. Выключите электронный датчик влажности.

Часть 4. Сравнительный анализ величин относительной и абсолютной влажности воздуха

Для сравнительного анализа значений относительной влажности воздуха, полученных с помощью разных приборов, необходимо нанести полученные значения на числовую ось с учетом доверительного интервала. Для трех используемых приборов известны значения абсолютной ошибки

относительной влажности воздуха, получаемой в результате экспериментов. Они составляют:

1. для *психрометра Августа* $\Delta f = 7\%$
2. для *аспирационного психрометра Ассмана* $\Delta f = 6\%$
3. для *электронного датчика влажности* $\Delta f = 5\%$

Результирующее значение относительной влажности воздуха получим на пересечении доверительных интервалов для трех приборов.

В случае если доверительные интервалы не пересекаются, результирующее значение относительной влажности воздуха находим как среднее арифметическое показаний от трех приборов.

Результирующее значение абсолютной влажности воздуха найти как среднее арифметическое для значений, полученных с помощью психрометра Августа и аспирационного психрометра Ассмана.

Пример:

Пусть, в результате измерений относительной влажности воздуха, психрометр Августа определил его равным $f = 35\%$, аспирационный психрометр Ассмана $f = 31\%$, а электронный датчик влажности $f = 29\%$. Нанесем эти значения на числовую ось с учетом величины абсолютной ошибки (рисунок 2):

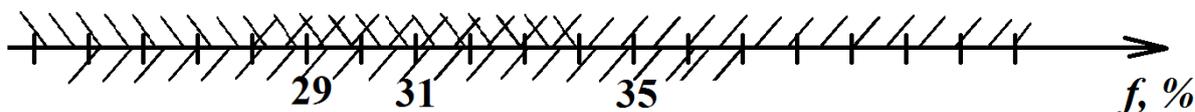


Рисунок 2 – Сравнительный анализ величин относительной влажности воздуха

Из полученного рисунка видно, что значение относительной влажности воздуха составляет $f = 31 \pm 3\%$.

Часть 5*. Определение значения точки росы в помещении

Используя величину относительной влажности воздуха, полученную в части 4, определите точку росы в помещении. Для этого воспользуйтесь таблицей в приложении В, при этом используйте среднее значение относительной влажности воздуха (округляя в большую сторону) и показание термометра в электронном датчике влажности.

Запишите вывод по всей лабораторной работе.

В случае дистанционного обучения необходимо выполнить виртуальную лабораторную работу.

Виртуальный Психрометр Августа

Для выполнения лабораторной работы перейдите на данный сайт:
<http://mediadidaktika.ru/mod/page/view.php?id=1144>

Перед вами расположен стенд, который состоит из двух термометров (сухого и влажного), пульта управления и психрометрической таблицы (рисунок 3).



Рисунок 3 – Стенд виртуальной лабораторной работы

Для активации таблицы установите галочку в пункте «Психрометрическая таблица».

Ход работы

1. Начертите таблицу

Таблица 3 – Значения, полученные с помощью психрометра Августа

$t_{\text{сух}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{влаж}}, ^\circ\text{C}$	$f, \%$	$P_n^{(\text{сух})}, \text{Па}$	$P, \text{Па}$	$\rho, \text{кг/м}^3$

2. Снимите показания с сухого термометра $t_{\text{сух}}$.

2. В пульте управления нажмите кнопку «Пуск». Обратите внимание, что температура на влажном термометре начала падать!

3. Когда температура на влажном термометре перестанет изменяться – снимите показание установившейся температуры $t_{\text{влаж}}$. Значение, полученное на пульте управление не учитывать.

4. Используя психрометрическую таблицу, найдите относительную влажность воздуха f .

5. Рассчитайте абсолютную влажность воздуха, используя формулу (4). Используя приложение 1, найдите давление насыщенных паров $P_n^{(сух)}$ для температуры сухого термометра.

4 Контрольные вопросы

1. Что называется абсолютной и относительной влажностью? Указать единицы их измерений.

2. Что называется насыщенным паром, точкой росы?

3. Что представляют собой такие приборы, как психрометр Августа, аспирационный психрометр Ассмана, барометр.

4. Как вычислить относительную и абсолютную влажность воздуха с помощью психрометра Августа?

Приложение А
(справочное)

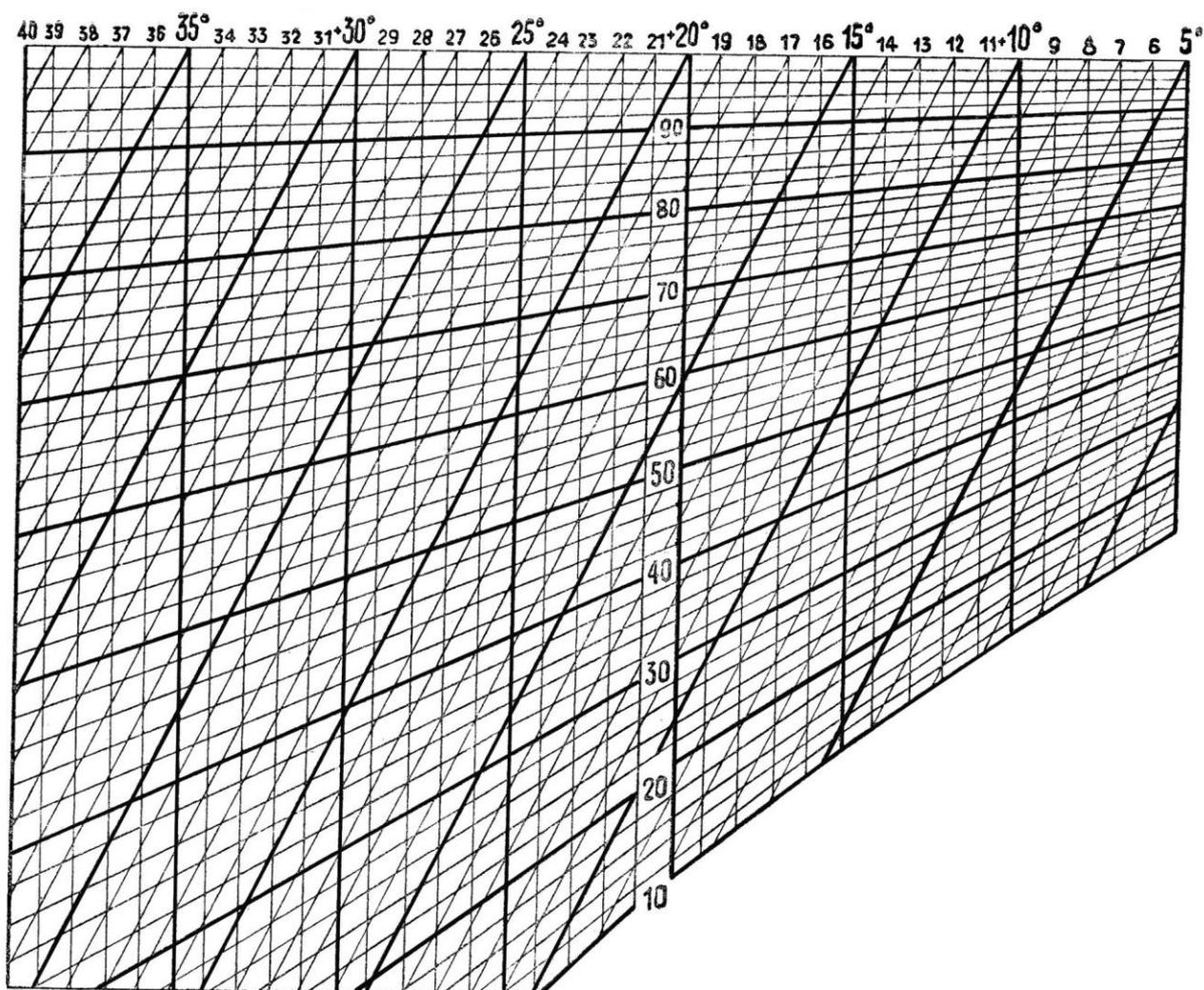
Деление насыщенного пара воды от 15 °С до 35 °С

<i>t, °С</i>	<i>P_н, кПа</i>
15	1,7056
16	1,8185
17	1,9380
18	2,0644
19	2,1978
20	2,3388
21	2,4877
22	2,6447
23	2,8104
24	2,9850
25	3,1690
26	3,3629
27	3,5670
28	3,7818
29	4,0078
30	4,2455
31	4,4953
32	4,7578
33	5,0335
34	5,3229
35	5,6267

Приложение Б

Определение относительной влажности по психрометрическому графику производится в следующем порядке:

1. по **вертикальным** линиям отмечаются показания **сухого** термометра;
2. по **наклонным** линиям отмечаются показания **влажного** термометра;
3. на пересечении этих линий получают значения относительной влажности, выраженные в процентах (полученные значения округлять в меньшую сторону).



Приложение В (справочное)

Таблица для определения точки росы

влажность %/ температура °С	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
-5	-15,3	-14,04	-12,9	-11,84	-10,83	-9,96	-9,11	-8,31	-7,62	-6,89	-6,24	-5,6
-4	-14,4	-13,1	-11,93	-10,84	-9,89	-8,99	-8,11	-7,34	-6,62	-5,89	-5,24	-4,6
-3	-13,42	-12,16	-10,98	-9,91	-8,95	-7,99	-7,16	-6,37	-5,62	-4,9	-4,24	-3,6
-2	-12,58	-11,22	-10,04	-8,98	-7,95	-7,04	-6,21	-5,4	-4,62	-3,9	-3,34	-2,6
-1	-11,61	-10,28	-9,1	-7,98	-7,0	-6,09	-5,21	-4,43	-3,66	-2,94	-2,34	-1,6
0	-10,65	-9,34	-8,16	-7,05	-6,06	-5,14	-4,26	-3,46	-2,7	-1,96	-1,34	-0,62
1	-9,85	-8,52	-7,32	-6,22	-5,21	-4,26	-3,4	-2,58	-1,82	-1,08	-0,41	0,31
2	-9,07	-7,72	-6,52	-5,39	-4,38	-3,44	-2,56	-1,74	-0,97	-0,24	0,52	1,29
3	-8,22	-6,88	-5,66	-4,53	-3,52	-2,57	-1,69	-0,88	-0,08	0,74	1,52	2,29
4	-7,45	-6,07	-4,84	-3,74	-2,7	-1,75	-0,87	-0,01	0,87	1,72	2,5	3,26
5	-6,66	-5,26	-4,03	-2,91	-1,87	-0,92	-0,01	0,94	1,83	2,68	3,49	4,26
6	-5,81	-4,45	-3,22	-2,08	-1,04	-0,08	0,94	1,89	2,8	3,68	4,48	5,25
7	-5,01	-3,64	-2,39	-1,25	-0,21	0,87	1,9	2,85	3,77	4,66	5,47	6,25
8	-4,21	-2,83	-1,56	-0,42	-0,72	1,82	2,86	3,85	4,77	5,64	6,46	7,24
9	-3,41	-2,02	-0,78	0,46	1,66	2,77	3,82	4,81	5,74	6,62	7,45	8,24
10	-2,62	-1,22	0,08	1,39	2,6	3,72	4,78	5,77	6,71	7,6	8,44	9,23
11	-1,83	-0,42	0,98	1,32	3,54	4,68	5,74	6,74	7,68	8,58	9,43	10,23
12	-1,04	0,44	1,9	3,25	4,48	5,63	6,7	7,71	8,65	9,56	10,42	11,22
13	-0,25	1,35	2,82	4,18	5,42	6,58	7,66	8,68	9,62	10,54	11,41	12,21
14	0,63	2,26	3,76	5,11	6,36	7,53	8,62	9,64	10,59	11,52	12,4	13,21
15	1,51	3,17	4,68	6,04	7,3	8,48	9,58	10,6	11,59	12,5	13,38	14,21
16	2,41	4,08	5,6	6,97	8,24	9,43	10,54	11,57	12,56	13,48	14,36	15,2
17	3,31	4,99	6,52	7,9	9,18	10,37	11,5	12,54	13,53	14,46	15,36	16,19
18	4,2	5,9	7,44	8,83	10,12	11,32	12,46	13,51	14,5	15,44	16,34	17,19
19	5,09	6,81	8,36	9,76	11,06	12,27	13,42	14,48	15,47	16,42	17,32	18,19
20	6,0	7,72	9,28	10,69	12,0	13,22	14,38	15,44	16,44	17,4	18,32	19,18
21	6,9	8,62	10,2	11,62	12,94	14,17	15,33	16,4	17,41	18,38	19,3	20,18
22	7,69	9,52	11,12	12,56	13,88	15,12	16,28	17,37	18,38	19,36	20,3	21,6
23	8,68	10,43	12,03	13,48	14,82	16,07	17,23	18,34	19,38	20,34	21,28	22,15
24	9,57	11,34	12,94	14,41	15,76	17,02	18,19	19,3	20,35	21,32	22,26	23,15
25	10,46	12,75	13,86	15,34	16,7	17,97	19,15	20,26	21,32	22,3	23,24	24,14
26	11,35	13,15	14,78	16,27	17,64	18,95	20,11	21,22	22,29	23,28	24,22	25,14
27	12,24	14,05	15,7	17,19	18,57	19,87	21,06	22,18	23,26	24,26	25,22	26,13
28	13,13	14,95	16,61	18,11	19,5	20,81	22,01	23,14	24,23	25,24	26,2	27,12
29	14,02	15,86	17,52	19,04	20,44	21,75	22,96	24,11	25,2	26,22	27,2	28,12
30	14,92	16,77	18,44	19,97	21,38	22,69	23,92	25,08	26,17	27,2	28,18	29,11
31	15,82	17,68	19,36	20,9	22,32	23,64	24,88	26,04	27,14	28,08	29,16	30,1
32	16,71	18,58	20,27	21,83	23,26	24,59	25,83	27,0	28,11	29,16	30,16	31,19
33	17,6	19,48	21,18	22,76	24,2	25,54	26,78	27,97	29,08	30,14	31,14	32,19
34	18,49	20,38	22,1	23,68	25,14	26,49	27,74	28,94	30,05	31,12	32,12	33,08
35	19,38	21,28	23,02	24,6	26,08	27,64	28,7	29,91	31,02	32,1	33,12	34,08
влажность %/ температура °С	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%