

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ

Цель работы – изучить комплекс приборов и с их помощью научиться определять метеорологические параметры атмосферы, сравнить полученные результаты с нормируемыми значениями и сделать выводы о состоянии микроклимата лаборатории.

1. Краткие сведения из теории

Общие сведения

Атмосфера – газовая оболочка Земли, вращающаяся вместе с ней. Основные свойства атмосферы заключаются в ее способности перераспределять энергию Солнца, защищать планету от вредных доз космического излучения и обеспечивать кислородный обмен. Атмосфера имеет слоистое строение и состоит из нескольких сфер (тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера, экзосфера), между которыми располагаются переходные слои – паузы. Масса атмосферы составляет $(5,1...5,3) \cdot 10^{18}$ кг. В сферах плотность воздуха и его температура изменяются.

Наиболее плотный слой воздуха, прилегающий к земной поверхности, носит название *тропосферы*. Толщина его в средних широтах составляет 10...12 км над уровнем моря, на полюсах – 7...10 км, а над экватором – 16...18 км. В тропосфере сосредоточено более 4/5 массы земной атмосферы. Из-за неравномерности нагрева земной поверхности в атмосфере образуются мощные вертикальные потоки воздуха, которые определяют неустойчивость температуры, относительной влажности, давления и т.п. Однако в среднем температура воздуха в тропосфере по высоте уменьшается на 0,6°C на каждые 100 м и колеблется от +40 до –50°C.

В приземных слоях тропосферы условно выделяют наружную воздушную среду, в которой большинство людей проводят меньшую часть времени (10...15%), внутреннюю производственную (в ней человек проводит 25...30% своего времени) и внутреннюю жилую, где люди пребывают большую часть времени (60...70%). Следует отметить, что состояние наружной воздушной среды в значительной мере определяет состояние как внутренней производственной, так и жилой воздушной среды.

Газовый состав атмосферы до высоты 100 км относительно постоянен и включает преимущественно азот (75,5% по массе), кислород (23,3% по массе), аргон (1,28% по массе), диоксид углерода (0,046 по массе), а также следы других газов. На высотах от 13 до 27 км наблюдается повышенная концентрация озона. Азот – важнейший биогенный элемент, участвующий в образовании белковых структур организмов; кислород обеспечивает процессы окисления, а такая модификация кислорода, как озон, задерживает ультрафиолетовую составляющую солнечного света, которая губительна для всего живого. Диоксид углерода является парниковым газом, задерживая до 10% теплоотдачи планеты.

Обычно в атмосферном воздухе присутствуют различные примеси, которые переносятся воздушными потоками, подвергаются физическим и химическим изменениям под воздействием природных и антропогенных факторов, а также влияют на прозрачность атмосферы, препятствуя прохождению солнечных лучей к поверхности Земли.

Влажность атмосферного воздуха определяется насыщением его водяными парами. Наиболее насыщен влагой нижний слой тропосферы (до высоты 1,5...2,0 км), где концентрируются примерно 50% всей влаги. Количество водяного пара, содержащегося в воздухе, зависит от его температуры, и чем выше температура, тем больше влаги может содержать воздух. Однако для каждой температуры существует определенный предел насыщения воздуха парами воды, который не достигает максимального, и разность между максимальным и данным насыщением носит название **дефицита влажности**, или недостатка насыщения. Дефицит влажности – важнейший экологический параметр, поскольку он характеризует сразу две величины: температуру и влажность. Чем выше дефицит влажности, тем суше и теплее, и наоборот.

Осадки являются результатом конденсации водяных паров в атмосфере, при этом они в значительной степени определяют круговорот воды на Земле. Прослеживается резкая неравномерность выпадения осадков на поверхность Земли, выделяют гумидные (влажные) и аридные (засушливые) зоны. Зоны с количеством осадков менее 250 мм/год считаются

засушливыми. Осадки – своеобразные очистители атмосферы, режим осадков – важнейший экологический фактор, определяющий миграцию примесей в биосфере.

Кроме того, наличие примесей влияет на прозрачность атмосферы, препятствует прохождению солнечных лучей к земной поверхности.

Температура воздуха над поверхностью Земли предопределяется солнечными излучением и процессами, протекающими в атмосфере. Количество тепла, падающего на горизонтальную поверхность, прямо пропорционально синусу угла стояния Солнца над горизонтом, а это определяет суточные и сезонные колебания температуры в данных районах. Таким образом, чем выше широта местности (к северу или к югу от экватора), тем больше угол наклона, под которым солнечные лучи достигают земную поверхность, тем холоднее климат.

В атмосфере происходит постоянное движение воздушных масс, обусловленное перепадами давления и вращением Земли. В приземном слое ветер оказывает влияние на все метеорологические параметры, а также является основным фактором переноса и перераспределения примесей в атмосферном воздухе.

В пределах земной атмосферы области высокого и низкого давления постоянны, при этом в одних и тех же точках наблюдаются сезонные и суточные минимумы и максимумы давления. Нормальными считаются стандартные физические условия, с которыми обычно соотносят свойства веществ (англ. *Standard temperature and pressure*, STP). Нормальные условия определены ИЮРАС (Международным союзом практической и прикладной химии) следующим образом:

- атмосферное давление 101325 Па = 760 мм рт. ст.
- температура воздуха 273,15 К = 0°С.

Измерение температуры воздуха и определение относительной влажности и ее дефицита

Для измерения температуры воздуха, как правило, используют ртутные или спиртовые термометры. Температуру воздуха также можно измерять с помощью термоанемометров и аспирационных психрометров.

Абсолютной влажностью ρ воздуха называют величину, численно равную массе водяного пара, содержащегося в 1 м³ воздуха (т.е. плотность водяного пара в воздухе при данных условиях).

Упругость водяного пара p – это парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе.

Парциальное давление – часть общего давления, относящаяся к одному из компонентов газовой смеси. Оно равно давлению, которое компонент оказывал бы в отсутствие всех других компонентов смеси, т. е. в том случае, когда масса данного компонента, содержащаяся в газовой смеси, одна занимала бы весь объём.

Относительной влажностью воздуха φ называют выраженное в процентах отношение абсолютной влажности к плотности ρ_0 насыщенного пара при данной температуре (или отношение упругости водяного пара к давлению p_0 насыщенного пара при данной температуре):

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%; \quad \varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%.$$

Воздух может быть как сухим, так и влажным. При одной и той же температуре воздуха содержание водяного пара может колебаться в широких пределах: от максимально возможного (состояние полного насыщения) до нуля (абсолютно сухой воздух). Относительная влажность и характеризует степень насыщения воздуха водяным паром. Выражается относительная влажность в процентах. Например, 100% – полное насыщение, 50% – насыщение наполовину и т.д. Относительная влажность, таким образом, не характеризует абсолютное содержание в воздухе водяного пара, которое в зависимости от температуры воздуха может быть значительным и при небольшой относительной влажности (например, в жару) и очень малым – при высокой относительной влажности (например, в сильные морозы).

В данной работе относительную влажность и дефицит влажности воздуха определяют с помощью аспирационного психрометра. Он состоит из двух одинаковых ртутных термометров, при этом ртутный резервуар одного из них обернут кусочком ткани, который смачивают водой. Этот термометр называют влажным (мокрым), а второй – сухим. Резервуары обоих термометров помещены в трубочки, через которые с помощью механического вентилятора, установленного в верхней части психрометра, прогоняется воздух с постоянной скоростью (около 2 м/с).

Принцип действия психрометра заключается в следующем. С поверхности мокрой ткани

испаряется вода, и, следовательно, влажный термометр теряет больше тепла, чем сухой. Показания влажного термометра будут всегда ниже показаний сухого. Разность в показаниях сухого и мокрого термометров принято называть психрометрической разностью. Чем меньше влажность воздуха, тем интенсивнее испаряется вода с поверхности ткани и тем больше снижается температура влажного термометра. По разности показаний сухого и влажного термометров можно судить о степени влажности воздуха. Когда воздух при данной температуре имеет максимальную влажность, испарение влаги не происходит, психрометрическая разность равна нулю, и оба термометра покажут одну и ту же температуру.

Относительную влажность воздуха определяют по психрометрическим таблицам или расчетным путем по формуле

$$\varphi = \frac{100 \cdot p}{p_n} = \frac{100 \cdot [p_{\text{нас}} - A(t_c - t_v) p_6]}{p_n}, \quad (3.1)$$

где p – парциальное давление водяных паров в окружающем воздухе при температуре сухого термометра; $p_{\text{нас}}$ – парциальное давление насыщенных паров при температуре влажного термометра; A – психрометрический коэффициент, изменяется в зависимости от скорости движения воздуха около баллончиков термометров психрометра, в данном случае $A = 6,62 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; t_c , t_v – соответственно показания сухого и влажного термометров; p_6 – барометрическое давление; p_n – парциальное давление насыщенных паров при температуре сухого термометра.

Пример. По аспирационному психрометру $t_c=17 \text{ } ^\circ\text{C}$; $t_v=12 \text{ } ^\circ\text{C}$. Барометрическое давление $p_6 = 102000 \text{ Па}$.

Определить относительную влажность воздуха.

Решение. По табл.3.1 находим парциальное давление насыщенных паров: при $t_v=12^\circ\text{C}$ $p_{\text{нас}}=1400 \text{ Па}$; при $t_c=17^\circ\text{C}$ $p_n=1920 \text{ Па}$,

$$\varphi = \frac{100 \cdot [1400 - 0,000662 \cdot (17 - 12) \cdot 102000]}{1920} = 55,3\%.$$

Таблица 3.1

Парциальное давление насыщенных водяных паров при различных температурах

Температура, $^\circ\text{C}$	Парциальное давление, Па	Температура, $^\circ\text{C}$	Парциальное давление, Па
0	614	16	1807
5	873	17	1920
6	948	18	2050
7	1003	19	2182
8	1074	20	2322
9	1145	21	2529
10	1224	22	2624
11	1303	23	2789
12	1400	24	2962
13	1490	25	3144
14	1590	30	4212
15	1695	40	7330

Кроме того, определять относительную влажность по показаниям психрометра, но уже с меньшей точностью (без введения поправок на давление) можно по психрометрическому графику (рис. 3.1).

Порядок определения относительной влажности по психрометрическому графику следующий: по вертикальным линиям отмечают показания сухого термометра, по наклонным – показания смоченного термометра; на пересечении этих линий получают значения относительной влажности, выраженные в процентах. Линии, соответствующие десяткам процентов, обозначены на графике цифрами: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90.

Пример. Температура сухого термометра $21,7 \text{ } ^\circ\text{C}$; температура смоченного термометра $14,3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Определить относительную влажность воздуха.

Решение. На графике находим точку пересечения вертикальной и наклонной линии, соответствующую данным температурам: она находится выше 42, но ниже 44. Следовательно, относительная влажность будет приблизительно 43%.

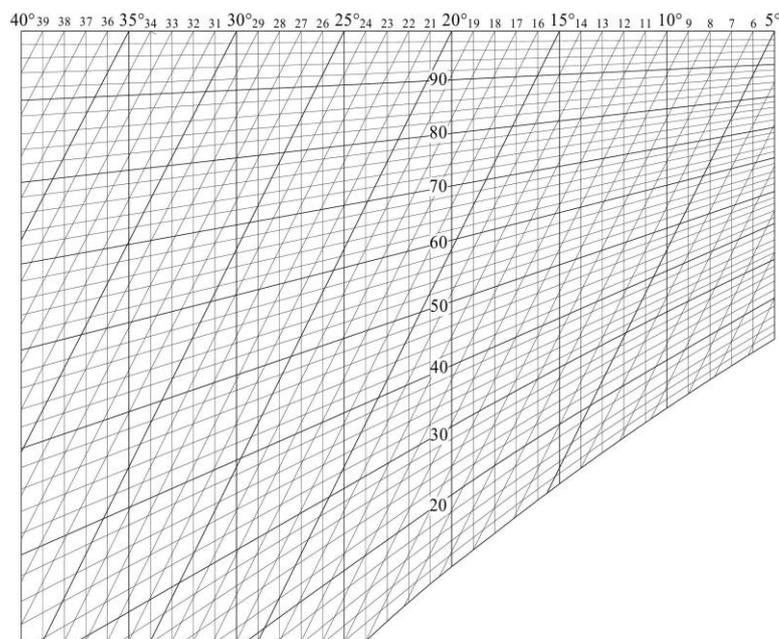


Рис. 3.1. Психрометрический график

Дефицит влажности воздуха V рассчитываем по формуле

$$V = \frac{P_n - P_{\text{нас}}}{P_n} \cdot 100\% . \quad (3.2)$$

Для тех же условий $V = \frac{1920 - 1400}{1920} \cdot 100 = 27\% .$

Для регистрации колебаний температуры и относительной влажности за длительный период времени используют автоматические приборы такие, как термографы и гигрографы, которые могут фиксировать параметры продолжительный период времени (сутки, неделю, месяц и т.д.)

Измерение скорости ветра

Скорость ветра измеряют с помощью анемометров и термоанемометров. Для измерения скорости ветра в пределах от 1 до 20 м/с наиболее часто применяют чашечные или крыльчатые анемометры. В данной работе для измерения скорости ветра в пределах от 1 до 5 м/с используется крыльчатый анемометр. Принцип его действия основан на том, что частота вращения крыльчатки тем больше, чем больше скорость ветра. Вращение крыльчатки передается на счетный механизм. Разница в показаниях до и после измерения, деленная на время наблюдения, показывает число делений в 1 с. Специальный тарифовочный график, прилагаемый к прибору, позволяет по частоте вращения определить скорость ветра. В случае, если прибор не механический, а электронный, показания считываются сразу с экрана прибора.

Скорость ветра с более низкими значениями измеряют термоанемометром, принцип действия которого основан на охлаждении движущимся воздушным потоком микротермометра сопротивления. Прибор позволяет измерять скорость воздуха в пределах от 0,1 до 0,5 м/с и одновременно его температуру в пределах от 0 до +50 °С.

Измерение атмосферного давления

Атмосферное давление при выполнении лабораторной работы измеряется барометром-анероидом, температура воздуха – термоанемометром либо психрометром (показания «сухого» термометра).

2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис.3.2) состоит из стола, колонки 1, на которой размещен осевой вентилятор 2. Для измерения скорости воздуха, создаваемого осевым вентилятором, используется анемометр 3, закрепленный на подставке. Атмосферное давление определяется с помощью барометра-анероида 6 в гектопаскалях. Измерение температуры, относительной влажности воздуха и ее дефицита производят аспирационным психрометром 4. Скорость движения воздуха

до 5,0 м/с определяют с помощью термоанемометра 5.

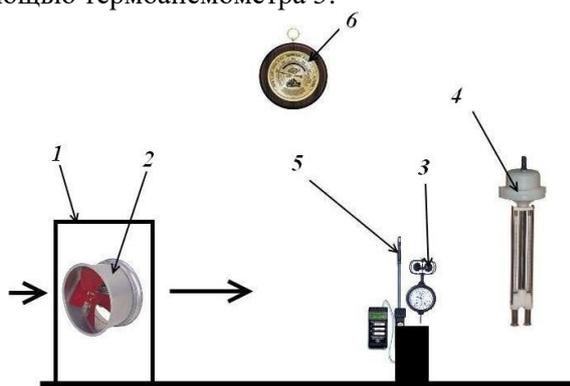


Рис. 3.2. Схема лабораторного стенда

3. Требования безопасности

1. Внешним осмотром убедитесь в исправности приборов, а для приборов, запитывающихся от электрической сети, проконтролируйте исправность изоляции питающих проводов, а также надежность заделки вилок.

2. Не устраняйте самостоятельно замеченные неисправности, а сообщите о них преподавателю.

3. Строго соблюдайте общие меры безопасности при проведении лабораторных работ, изложенные при проведении первичного инструктажа по охране труда на рабочем месте.

4. По окончании работы отключите все приборы от электросети.

4. Порядок выполнения работы

Температуру, относительную влажность воздуха и ее дефицит измеряют аспирационным психрометром. Процесс измерения начинают с подготовки прибора, визуального контроля его исправности и с ознакомления с документами по аттестации прибора. За 3...4 мин до начала измерений смачивают чехол влажного термометра водой. Далее включают вентилятор психрометра с помощью электрического выключателя и одновременно запускают таймер. Спустя одну минуту начинают наблюдения за понижением показаний температуры влажного термометра. За счет испарения воды с чехла влажного термометра от резервуара с ртутью отнимается тепло на фазовый переход воды в пар, и показания влажного термометра понижаются тем быстрее, чем интенсивнее процесс испарения, который является функцией парциального давления водяных паров в воздухе.

Отсчет значения температуры по влажному термометру производят через 4 мин, когда значения достигают минимума. Одновременно снимают показания сухого термометра. Для уменьшения погрешности отсчета при регистрации показаний термометров необходимо, чтобы глаз наблюдателя находился на уровне конца столбика ртути.

Значения показаний термометров аспирационного психрометра заносят в табл.3.2 отчета (строка 1). Затем определяют относительную влажность как расчетным путем по формуле (3.1), так и по психометрическому графику (рис.3.1). Полученные значения относительной влажности также заносят в табл. 3.2. Значения барометрического давления определяют по барометру-анероиду и заносят в строку 2 табл.3.2.

По формуле (3.2) рассчитывают дефицит влажности воздуха, полученный результат заносят в табл.3.2.

Для измерения скорости ветра служит анемометр. Если используется электронный прибор, показания снимают с экрана электронного блока. Если – механический, измерения начинают с записи показаний (табл. 3.3) всех трех циферблатов анемометра (четырёхзначная цифра): справа внизу – тысячи, слева внизу – сотни, по большому циферблату – десятки и единицы (записывают те цифры, через которые стрелка уже прошла). При этом ось прибора должна быть отключена арретиром от регистрирующего механизма.

После подготовки анемометра к работе его располагают на штативе так, чтобы его циферблат находился параллельно оси движения воздуха. Несколько минут (2...3 мин) необходимо подождать, пока установится постоянная скорость вращения лопаточного колеса. Затем одновременно с включением арретира анемометра включают таймер. При значениях скорости

движения воздуха свыше 10 м/с достаточна экспозиция в 50...100 с, в остальных случаях она должна составлять 3...5 мин. После истечения времени замера арретиром отключают счетный механизм анемометра и записывают показания трех циферблатов (табл. 3.3).

Разница между показаниями до и после измерения, деленная на время, дает скорость воздушного потока в делениях шкалы анемометра за секунду. Скорость в метрах в секунду определяют по специальному графику, отражающему индивидуальные качества данного анемометра. Эти графики заполняются на заводах-изготовителях и прикладываются к каждому прибору. Если прибор электронный, показания снимаются с табло прибора, установочное время в этом случае также 2...3 мин.

Температуру воздуха и скорость ветра в пределах от 0,1 до 5,0 м/с измеряют термоанемометром на различных расстояниях по оси воздушного потока, создаваемого вентилятором. Результаты замеров заносят в табл.3.4.

5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схема лабораторной установки.
3. Измерение значения температуры и относительной влажности и ее дефицита.

Таблица 3.2

Показания термометров аспирационного психрометра, °С		Относительная влажность, %		Дефицит влажности, %
сухого	мокрого	по графику 3.2	расчетная	
Атмосферное давление, гПа				

4. Измерение скорости ветра механическим анемометром.

Таблица 3.3

Номер ступени вентилятора	Показатели счетчиков		Разница между показаниями	Время измерения, с	Количество делений в секунду	Скорость движения воздуха, м/с
	до замера	после замера				
1						

5. Измерение скорости ветра и температуры воздуха термоанемометром.

Таблица 3.4

Номер замера	Показания термоанемометра	
	температура, °С	скорость ветра, м/с
1		
2		
3		

6. Выводы.

Работу выполнил(и) студент(ы) гр. _____

- 1.
- 2.
- 3.

« ____ » _____ 20 ____ г.

Работу принял:

Преподаватель _____

« ____ » _____ 20 ____ г.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение атмосферы.
2. Что такое тропосфера и ее основные параметры?
3. Приведите основной газовый состав атмосферы.
4. Что такое дефицит влажности?
5. Какие зоны считаются засушливыми?
6. Перечислите приборы, с помощью которых определяют метеорологические параметры атмосферы.
7. Укажите, с помощью какого прибора определяется относительная влажность воздуха.
8. Когда показания влажного термометра психрометра будут меньше – при большей или меньшей относительной влажности и почему?
9. Перечислите типы приборов для измерения скорости ветра.
10. Дайте определение относительной влажности.