

Лабораторная работа.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА.

Приборы и принадлежности: психрометр, психрометрические таблицы, барометр-анероид, дистиллированная вода.

Для определения влажности воздуха

Определение целей работы

Изучение теории метода	<ol style="list-style-type: none">1. Студент правильно отвечает на вопросы №1-102. Студент может объяснить решения задач №11,12
Практические навыки	<p>Студент должен:</p> <ol style="list-style-type: none">1. знать принцип работы стационарного психрометра2. уметь правильно определить атмосферное давление с помощью барометра-анероида3. вычислить основные характеристики влажности воздуха4. рассчитать погрешность измерения

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Атмосфера состоит из смеси нескольких газов, называемой воздухом, в котором находятся во взвешенном состоянии жидкие и твердые частицы. Основными газами, составляющими воздух, является азот (78%), кислород (21 %) и в небольшом количестве углекислый газ, аргон, водород, гелий, криптон, неон, ксенон, озон, радон, йод, метан. В состав воздуха входит также водяной пар, количество которого определяет влажность воздуха. Содержание водяного пара в атмосфере объясняется испарением воды с поверхностей рек, озер, морей, переносом паров в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Влажность воздуха является одной из существенных характеристик погоды и климата. Например, при низкой влажности, высокой температуре и значительной скорости ветра возникает комплексное метеорологическое явление – суховеи. Высокая температура, низкая влажность и малое количество осадков составляют явление засухи. И засухи, и суховеи являются неблагоприятными метеорологическими условиями, при которых тормозится развитие растений, ухудшается состав и условия питания животных.

Высокая влажность задерживает цветение растений, наступление полной зрелости зерна. Влажность воздуха влияет на поведение насекомых. В теплое время избыток влаги в атмосфере создает благоприятные условия для развития насекомых, бактериальных заболеваний.

Влажность воздуха влияет на терморегуляцию животных. Величина влажности учитывается при некоторых технологических процессах, лечения ряда болезней, хранения книг, произведений искусств. Воздух состоит из смеси газов и паров и давление этой смеси называется атмосферным давлением. Давление одного из газов или пара называется парциальным давлением. Парциальное давление водяного пара называется упругостью пара. В 1801 году Дальтон установил, что давление газовой смеси равно сумме парциальных давлений входящих в нее газов.

Применим этот закон для воздуха.

$$P_{\text{возд}} = P_{\text{O}} + P_{\text{N}} + P_{\text{H}_2\text{O}} + \dots$$

где $P_{\text{H}_2\text{O}}$ - парциальное давление или упругость водяного пара;

$P_{\text{O}}, P_{\text{N}}$ - давление кислорода, азота и других газов.

В СИ давление измеряется в паскалях (Па). Давление 100 Па называется гектопаскаль (гПа) (1 гПа = 100 Па). Допущен к определению 1 мм рт.ст. (1 мм рт.ст. = 133,3 Па = 1,333 гПа).

Процессы испарения и конденсации водяного пара идут одновременно. Если преобладает первый из них, то количество жидкости убывает, если же преобладает второй процесс, то имеет место обратная картина. Если число молекул, покидающая жидкость на одну секунду равно числу молекул, возвращающих в нее за то же время из пара, то наступает динамическое равновесие: количество жидкости и пара остается неизменным; пар, находящийся в равновесии с жидкостью, называется максимальной упругостью.

В зависимости от поставленной задачи для характеристики влажности воздуха применяют следующие величины:

Абсолютная влажность воздуха - масса водяного пара, содержащегося в 1 куб.м. воздуха. В СИ абсолютная влажность воздуха измеряется в кг/м³, допущена к употреблению единица 1 г/м³.

Абсолютная влажность a связана с упругостью P водяного пара (парциальным давлением) уравнением Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

Откуда
$$\frac{m}{V} = \frac{P\mu}{RT}$$

Где m - масса водяного пара;

V - объем воздуха, водяного пара;

μ - молярная масса пара;

R - универсальная газовая постоянная;

T - абсолютная температура связана с температурой, выраженной по шкале Цельсия, соотношением $T = 273 + t$, где t - температура по шкале Цельсия.

Отношение $\frac{m}{V}$ называется абсолютной влажностью. Следовательно

$$a = \frac{P\mu}{RT} \quad (1)$$

Если в формуле (1) абсолютную влажность выразить в г/м^3 , давление гПа, то формула примет вид:

$$a = \frac{P\mu}{RT} \cdot 10^5$$

Подставив в эту формулу $\mu = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, $R = 8,32$ Дж/К·моль и произведя вычисления, получим:

$$a = 216 \cdot \frac{P}{T} \quad (2)$$

Относительная влажность - отношение упругости водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к максимальной упругости (упругости насыщенного пара) при этой же температуре

$$r = \frac{P}{P_0} \cdot 100\%$$

Относительная влажность воздуха выражается в %. Она показывает степень насыщения воздуха водяными парами, по ней можно судить о скорости испарения воды.

Дефицит влажности воздуха или недостаток насыщения d - разность между максимальной упругостью и фактической упругостью пара при данной температуре.

Величина дефицита влажности применяется, как важный показатель засух и суховеев. Например, интенсивные суховеи наблюдаются в дни с высокими дефицитами влажности $d = 40$ мм рт.ст. при небольших скоростях ветра, в дни с дефицитом $d = 25$ мм рт.ст. при больших скоростях ветра (10 м/с и больше).

Точка росы τ - температура, которую имеет воздух, если охладить его изобарически (при постоянном давлении) до состояния насыщения в нем водяного пара. Важность этого показателя несомненна, ибо при температурах ниже точки росы происходит конденсация водяных паров с образованием туманов, облаков, осадков в жидкой и твердой фазе, на поверхности земли и предметов образуется роса, иней, изморозь

Удельная влажность q - количество водяного пара, содержащегося в 1 кг. Влажного воздуха. Измеряется в СИ в кг на кг влажного воздуха (кг/кг).

Учет удельной влажности находит применение при определении величин испарения с поверхности органов дыхания животных и при определении соответствующих затрат энергии. Запишем уравнение газового состояния для некоторого объема воздуха и водяного пара, содержащегося в этом объеме.

$$P_B V = \frac{m_B}{\mu_B} RT \quad (5)$$

$$P V = \frac{m}{\mu} RT \quad (6)$$

где P_B , μ_B , m_B - давление, масса молярная, масса воздуха;

P , μ , m - парциальное давление, масса и молярная масса водяного пара;

V - объем воздуха и пара.

Поделив уравнение 5 на 6, определив отношение $\frac{m}{m_в}$, получим

$$q = \frac{m}{m_в} = \frac{P\mu}{P_в\mu_в} \quad (7)$$

Отношение $\frac{m}{m_в} = q$ - удельная влажность.

В этом уравнении, подставив $\mu = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, $\mu_в = 29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, получим:

$$q = 0,622 \cdot \frac{P}{P_в} \text{ кг/кг}$$

Если удельную влажность выразить в г/кг, то $q = 622 \cdot \frac{P}{P_в}$

В данной работе определяются относительная, абсолютная влажность точка росы и удельная влажность, дефицит влажности.

Описание аппаратуры

Применяется несколько методов определения влажности воздуха, аспирационный психрометр, фитопсихрометр, гигрограф, стационарный психрометр.

В данной работе характеристики влажности воздуха определяются стационарным психрометром.

Этот прибор состоит из двух термометров: один - сухой, находящийся в струе окружающего воздуха, измеряет его температуру. Второй смоченный его шарик обернут тонким слоем батиста, увлажненного водою. При обтекании его воздухом, движущемся с определенной скоростью, происходит испарение влаги, тем более интенсивнее, чем суше окружающий воздух. Вместе с испарением происходит охлаждение батиста, а значит и термометра. Охлаждение прекращается при температуре, при которой потеря тепла на испарение восполняется притоком его из комнаты.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Заготовьте таблицу измерений:

$t_{\text{сух}}$, град	$t_{\text{смоч}}$, град	$t_{\text{сух}} - t_{\text{смоч}}$, град	$r, \%$	P , гПа	P_0 , гПа	d , гПа	α , г/м ³	τ , град	$P_в$, гПа
-------------------------	--------------------------	-------------------------------------------	---------	-----------	-------------	-----------	-----------------------------	---------------	-------------

2. Проверьте состояние батиста. Батист, которым обернут резервуар термометра, должен быть чистым и белым. В случае загрязнения батист следует сменить. Вода, применяемая для смачивания, должна быть дистиллированной, в крайнем случае можно использовать хорошо профильтрованную дождевую воду.

3. Измерьте температуру по сухому $t_{\text{сух}}$ и $t_{\text{смоч}}$ по смоченному термометру.

4. При температуре $t_{\text{смоч}}$ термометра и разности температур $t_{\text{сух}} - t_{\text{смоч}}$ по психрометрической таблице на психрометре определите относительную влажность r .

5. Из формулы 3 определить P - упругость водяного пара $P = r \cdot P_0 \cdot 100\%$. Величину максимальной упругости P при температуре сухого термометра возьмите из таблицы, прилагаемой к установке.

6. Вычислите по формуле $d = P_0 - P$ дефицит влажности.
7. По формуле $a = 216 \cdot \frac{P}{T}$ определите абсолютную влажность в г/м³.
- Давление выражено в гПа, абсолютная температура $T = 273 + t_{\text{сух}}$, где $t_{\text{сух}}$ – температура воздуха по сухому термометру, отсчитанная по шкале Цельсия.
8. По величине P определите точку росы τ , при которой фактические пары насыщают воздух, пользуясь таблицей максимальной упругости.
9. Измерьте атмосферное давление по барометру – анероиду в гектопаскалях, пользуясь верхней шкалой, с учетом кратности шкалы барометра ($\times 1000$ Па) и соотношения 1 гПа=100 Па.
10. По формуле $q = 622 \cdot \frac{P}{P_B}$ вычислите удельную влажность. Все полученные данные занесите в таблицу.
11. Определите погрешности измерений абсолютной влажности с учетом формулы (1)

а) относительная погрешность, где $\delta a = \frac{\Delta P}{p} + \frac{\Delta \mu}{\mu} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta T}{T}$

где $\Delta P = 0,05$ гПа; $\Delta \mu = 0,5 \cdot 10^{-3}$ кг/моль;
 $\Delta R = 0,01$ Дж/К·моль; $\Delta T = 0,25$ К;
 $\mu = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; $R = 8,32$ Дж/К·моль.

б) абсолютная погрешность $\Delta a = a \cdot \delta a$

в) результат $a_{\text{ист}} = a \pm \Delta a$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Как совершается большой и малый цикл влагооборота на земном шаре?
2. Каков состав воздуха?
3. Что называется абсолютной, относительной влажностью и дефицитом влажности воздуха?
4. Напишите уравнение Менделеева – Клапейрона, в чем смысл каждой физической величины в данном уравнении?
5. В чем сущность закона Дальтона?
6. Как зависит парциальное давление пара от абсолютной влажности?
7. Что называется точкой росы и какие явления наблюдаются при температуре ниже точки росы?
8. В чем смысл удельной влажности и по какой формуле ее определяют?
9. В чем сущность суховея?
10. Как определяется абсолютная температура?
11. Рассчитать сколько влаги находится в 1000 кг воздуха. Удельная влажность =10 г/кг.
12. Вычислить относительную влажность воздуха, если упругость водяного пара =20гПа, давление насыщенного пара при этих же условиях = 25 гПа.