237. ИЗУЧЕНИЕ ПСИХРОМЕТРА

Введение

Количество водяного пара в воздухе заметным образом влияет на жизнедеятельность организмов и работоспособность техники. Поэтому его измерение является практически важным. Мера количества водяного пара называется влажностью.

Влажность воздуха измеряется в абсолютных и относительных единицах. Абсолютная влажность равна плотности водяного пара, т.е. массе парообразной воды в единице объема воздуха

$$\xi = \frac{m_{В.П.}}{V}.$$

Из уравнения идеального газа

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

(где m - масса газа в объеме V, μ - его молярная масса, ν - количество молей, R - универсальная газовая постоянная) следует, что при данной температуре T и объеме мерой количества вещества может давление.

Необходимо учитывать, что в воздух представляет собой смесь газов и именно давление смеси можно измерить на опыте. Согласно закону Дальтона общее давление P в смеси газов (например, в воздухе) равно сумме парциальных давлений ее компонентов P_i. С учетом уравнения состояния идеального газа можно записать:

$$P = \sum P_i = \frac{RT}{V}\sum \nu_i,$$

где ν_i - количество i-го компонента смеси. Следовательно, парциальное давление паров воды в воздухе равно:

$$P_{В.П.} = \nu_{В.П.}\frac{RT}{V} = \frac{m_{В.П.}}{\mu_{В.П.}}\frac{RT}{V}.$$

Таким образом, для абсолютной влажности воздуха справедливо уравнение:

$$\xi = \frac{m_{В.П.}}{V} = \frac{\mu_{В.П.}}{RT}P_{В.П.}. \qquad (1)$$

Относительной влажностью называется выраженное в процентах отношение парциального давления пара в воздухе к давлению насыщенного пара при тех же условиях:

$$\chi = \frac{P_{В.П.}}{P_{В.П.Н.}}100\%, \qquad (2)$$

где $P_{В.П.Н.}$ - давление насыщенного пара при данной температуре воздуха.

Приборы для измерения влажности называются психрометрами.

Чаще всего используются психрометры, идея конструкции которых состоит в том, что при испарении воды поглощается тепло, и вода охлаждается.

Серийный психрометр состоит из двух термометров, установленных рядом с друг другом. Баллончик одного из термометров обернут лоскутком ткани, нижний край которой опускается в стаканчик с водой. Вода смачивает ткань, и, испаряясь, охлаждает баллончик термометра. Поэтому показания влажного термометра t_B, как правило, меньше, чем сухого t. Эта разница зависит от скорости испарения воды и скрытой теплоты этого фазового перехода. Скорость испарения воды в свою очередь определяется влажностью воздуха, его температурой, давлением, наличием ветра и конвективных потоков. Поэтому серийный психрометр снабжен градуировочной таблицей, в которой указана связь между температурой, разностью показаний термометров и искомой влажностью, в отсутствии ветра и конвективных потоков.

Имея в распоряжении психрометр и два термометра, можно относительно просто сделать новый психрометр. Для этого баллончик одного из термометров нужно обернуть тканью и поместить в сосуд с водой, так, чтобы воды касался только краешек ткани, а термометр не был погружен в воду.

Масса воды m, испаряющаяся в единицу времени с площади S влажной поверхности термометра, очевидно пропорциональна S, а также разности давлений насыщенного пара при температуре влажного термометра $P_{В.П.Н.}$ и пара, находящегося в воздухе $P_{В.П.}$. В то же время она обратно пропорциональна атмосферному давлению P.

$$m = A\frac{S(P_{В.П.Н.} - P_{В.П.})}{P}, \qquad (3)$$

где A – коэффициент пропорциональности, учитывающий другие трудно контролируемые факторы испарения (конвекцию, гигроскопичность объекта и т.д.). Для испарения m требуется теплота Q. Эта теплота отбирается у смоченной поверхности, что снижает показания термометра. Поэтому после стабилизации показаний сухого и влажного термометров можно записать:

$$Q = mL = BS(t - t_B), \qquad (4)$$

где L – удельная теплота парообразования воды, B - коэффициент теплоотдачи. Отсюда:

$$P_{В.П.} = P_{В.П.Н.} - \frac{B}{A}\frac{P}{L}(t - t_B). \qquad (5)$$

Влажность воздуха в основном зависит от близости водоема и погоды, а в помещениях – от

вентиляции и кондиционирования. Естественные перепады атмосферного давления вносят незначительный вклад. Поэтому при градуировке бытовых психрометров они не учитываются.

Цель работы

- ✓ Изучение психрометра

Решаемые задачи

- ✓ Знакомство с принципом работы и устройством психрометра
- ✓ Измерение влажности воздуха
- ✓ Изготовление и градуировка психрометра
- ✓ Наблюдение зависимости показаний психрометра от интенсивности воздушных потоков и типа смачивающих жидкостей.

Экспериментальная установка

Приборы и принадлежности

- ✓ Серийный психрометр
- ✓ Барометр
- ✓ Жидкостно-стеклянный термометр на штативе
- ✓ Флаконы с водой и спиртом
- ✓ Куски фильтровальной бумаги
- ✓ Вентилятор.

Порядок выполнения работы

Проведение измерений

1. Привести серийный психрометр в рабочее состояние, проверив наличие воды в пробирке одного из термометров. Измерить разность показаний термометров. По таблице на панеле психрометра определить влажность воздуха в лаборатории. Выразить влажность в относительных и абсолютных единицах.
2. Вычислить парциальное давление водяных паров $P_{В.П.i.}$ в лаборатории.
3. Выяснить, можно ли определять влажность по общему градуировочному графику, а не по таблице психрометра. Для этого на одном графике построить три зависимости $(t - t_B)$ от $P_{В.П.}$ для максимальной, комнатной и минимальной температуры t по табличным данным, указанным на панеле серийного психрометра. Рекомендуется воспользоваться формулой (2) и справочными данными $P_{В.П.}(t)$.
4. По наклону каждого графика определить диапазон измерения величины BP/AL по формуле (5) для данного психрометра. Выяснить, можно ли считать ее константой при

измерениях влажности в широком интервале температур.

5. Изготовить самодельный психрометр. Для этого баллончик лабораторного жидкостно-стеклянного термометра обернуть кусочком сухой фильтровальной бумаги размером 2x2 см и закрепить обертку резиновым колечком.
6. Установить термометр вертикально в штативе и снять показание температуры t.
7. Подставить флакончик с водой под термометр, так чтобы нижняя часть обертки касалась воды, а верхняя часть смачивалась за счет пропитки.
8. Дождаться стабилизации температуры t_B и снять ее отсчет.
9. Повторить пункты 6-7, меняя обертки 5 раз. Вычислить среднее арифметическое значение t_B.
10. Включить вентилятор и направить струю воздуха на термометр со смоченной оберткой. Записать новое значение температуры.
11. По формуле (5) вычислить коэффициент *BP/AL* для самодельного психрометра без вентилятора, используя измеренное серийным психрометром значение влажности в лаборатории. Сравнить результат с коэффициентом серийного психрометра.
12. Установить новую обертку на термометр и смочить ее во флаконе со спиртом. Записать показание термометра. Объяснить его возможное отличие от результата, полученного с водой в п. 8.