



Измерение влажности воздуха

Цель работы

Целью работы являются:

- 1) сравнение относительной влажности воздуха в классной комнате с влажностью воздуха, выдыхаемого человеком, и с влажностью воздуха в закрытом сосуде с водой;
- 2) демонстрация изменения относительной влажности воздуха при повышении его температуры.

Метод экспериментального исследования явления

В работе относительная влажность воздуха измеряется с помощью датчика влажности, температура воздуха — с помощью датчика температуры (термопара) $-200 - +1400\text{C}$, нагрев воздуха производится с использованием электрической плитки.

Теория

Взаимные превращения жидкостей и газов описываются процессами парообразования и конденсации. *Парообразованием* называется процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное. Парообразование, происходящее при любой температуре со свободной поверхности жидкости, называется испарением. Совокупность молекул, вылетевших из жидкости при парообразовании, называется паром данной жидкости.

Если процесс парообразования происходит в плотно закрытом сосуде, то через некоторое время количество жидкости в сосуде перестает убывать, хотя молекулы жидкости, способные покинуть ее поверхность, продолжают переходить в пар. В этом случае наряду с процессом парообразования происходит и компенсирующий его обратный процесс — *конденсация* — превращение пара в жидкость. Концентрация вещества в газообразном состоянии достигает такого значения, при котором число молекул, возвращающихся в жидкость, становится равным числу молекул, покидающих поверхность жидкости за то же время, т. е. становятся равными скорости парообразования и конденсации. Устанавливается динамическое равновесие между процессами испарения и конденсации. Пар, находящийся в состоянии динамического равновесия со своей жидкостью, называется *насыщенным*. Пар, давление которого ниже давления насыщенного пара при данной температуре, называется *ненасыщенным*.

Давление p_n насыщенного пара не зависит от занимаемого им объема. Это объясняется тем, что при сжатии насыщенного пара концентрация молекул пара увеличивается, равновесие между процессами испарения и конденсации нарушается и часть пара переходит в жидкое состояние. При расширении насыщенного пара часть жидкости превращается в пар.

Интенсивность процесса испарения увеличивается с возрастанием температуры жидкости.

Поэтому динамическое равновесие между испарением и конденсацией при повышении температуры устанавливается при более высоких концентрациях молекул пара (при более высоком давлении пара).

Содержание водяного пара в воздухе можно характеризовать несколькими величинами. *Абсолютной влажностью воздуха* (или просто влажностью воздуха) $\varphi_{\text{абс}}$ называется плотность водяного пара, содержащегося в воздухе при данных условиях. Обычно влажность выражают в граммах

на кубический метр (г/м³). Поскольку в атмосферном воздухе интенсивность испарения воды зависит от того, насколько давление пара воды близко к давлению насыщенного пара при данной температуре, важно также знать относительную влажность. *Относительной влажностью воздуха* φ называется отношение давления p водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению p_n насыщенного водяного пара при той же температуре, выраженное в процентах:

$$\varphi = p / p_n * 100\%$$

Так как давление насыщенного пара тем ниже, чем ниже его температура, то при охлаждении воздуха находящийся в нем водяной пар при некоторой температуре становится насыщенным. Температура t_p , при которой находящийся в воздухе водяной пар становится насыщенным, называется *точкой росы*. При температуре воздуха, равной точке росы или более низкой, чем эта температура, испарение воды прекращается.

Вопросы

1. Что такое абсолютная и относительная влажность воздуха?
2. Как зависит давление ненасыщенного водяного пара от температуры?
3. Как изменяется давление насыщенного водяного пара с повышением температуры?
4. Почему в холодное время года относительная влажность воздуха в отапливаемом помещении меньше, чем на улице?
5. При каких условиях происходит выпадение росы?
6. Какова относительная влажность воздуха, если не высыхают лужи на асфальте?

Оборудование экспериментальной установки

Датчик влажности:

Датчик температуры (термопара) -200 - +1400С:

Колба стеклянная объемом 0,5 л.

Электрическая плитка.



Параметры экспериментальной установки

Длительность проведения эксперимента

Весь цикл измерений может быть проведен за 8–10 мин. На обсуждение содержания эксперимента и его результатов, ответы на вопросы во время выполнения измерений и после их окончания отводится 10–30 мин.

Точность измерений

При строгом следовании рекомендациям разделов «Монтаж и настройка», «Подготовка приборов» и «Методика выполнения эксперимента» данный эксперимент позволяет измерить относительную влажность воздуха с точностью до 1%, температуру воздуха с точностью до 0,5 °С.

Техника безопасности

Во время проведения эксперимента необходимо соблюдать все правила техники безопасности, указанные для персонального компьютера как электрического оборудования.

Используемое измерительное оборудование (Система сбора данных, датчики влажности и температуры (термопара) -200 - +1400С) экспериментальной установки рассчитано на питание от низковольтного напряжения, не представляющего опасности для человека.

При использовании электрической плитки необходимо соблюдать осторожность, чтобы не получить ожоги.

Обеспечение наглядности результатов эксперимента

Опыт следует проводить на демонстрационном столе в месте, позволяющем обеспечить хороший обзор проведения эксперимента для каждого ученика.

Для обеспечения удобства управления демонстрацией эксперимента компьютер необходимо располагать достаточно близко от установки (на расстоянии не более 1,5 м).

Экран компьютера рекомендуется продублировать с помощью проектора.



Монтаж и настройка

Датчики влажности и температуры, колба с водой и электрическая плитка располагаются на демонстрационном столе. Датчики влажности и температуры подключаются к системе сбора данных.

Подготовка приборов

Перед началом проведения эксперимента необходимо выполнить следующее:

Внимательно прочитайте инструкции, подготовьте необходимое оборудование, соберите установку в соответствии с разделом «Монтаж и настройка».

Запустите программу **SensorLab ПО**.

Выберите **Новая страница**

Подключите систему сбора данных SensorLab к компьютеру с помощью USB кабеля.

Подключите датчики относительной влажности и температуры к аналоговым входам системы сбора данных.

Методика выполнения эксперимента

Проведение измерений

Нажмите кнопку **Пуск**. На графиках **Влажность–Время** и **Температура–Время** появятся линии, отображающие измеренные зависимости температуры и влажности воздуха в классной комнате от времени. Текущие показания датчиков влажности и температуры отобразятся на расположенных справа от графиков диаграммах.

Остановите измерения, нажав кнопку **Стоп**. Сбор данных прекратится, значения влажности и температуры, измеренные в последний момент времени, будут автоматически занесены в соответствующие ячейки активной строки таблицы результатов.

В первой ячейке строки таблицы отобразится номер текущего опыта.

Примечание. При каждом последующем нажатии кнопки **Пуск** автоматически очищаются поля графиков, активизируется следующая строка таблицы, номер текущего опыта увеличивается на единицу.

Анализ результатов

Все измеренные данные заносятся в ячейки таблицы результатов автоматически. Никаких дополнительных действий для проведения анализа не требуется.

Повторные измерения

Проведите измерения по пунктам 1, 2 раздела «Проведение измерений» для следующих опытов:

Измерьте температуру и влажность выдыхаемого вами воздуха. Для этого поднесите датчики влажности и температуры ко рту и выполните несколько вдохов и выдохов в течение 20 с. Измерьте температуру и влажность выдыхаемого вами воздуха. Для этого поднесите датчики влажности и температуры ко рту и выполните несколько выдохов в течение не менее 20 с.

Продемонстрируйте учащимся увеличение влажности воздуха в замкнутом объеме корпуса датчика в результате испарения влаги с поверхности кожи человека. Для этого зажмите датчик относительной влажности в кулаке, закрыв отверстия в корпусе датчика ладонью и большим пальцем руки. Длительность проведения опыта 1 мин.

Поместите датчик влажности в колбу с водой, при этом датчик должен располагаться выше уровня воды в колбе. Продемонстрируйте учащимся увеличение влажности воздуха в сосуде. Длительность проведения опыта 2–3 мин.

Закрепите датчики влажности и температуры на штативе на расстоянии 40–50 см от поверхности электрической плитки. Включите плитку и продемонстрируйте учащимся уменьшение влажности воздуха с возрастанием температуры нагрева плитки. Длительность проведения опыта 3–5 мин.

Внимание! Во избежание перегрева и поломки датчиков не рекомендуется оставлять их над нагретой электрической плиткой дольше, чем 5 мин.



Справка

Принцип работы датчика влажности

Для измерения влажности воздуха в датчике используется чувствительный элемент, состоящий из электрических конденсаторов, емкость которых меняется в зависимости от относительной влажности окружающего воздуха. Микросхема датчика преобразует изменение относительной влажности в электрический сигнал, и на выходе датчика формируется напряжение, которое изменяется в зависимости от измеренной относительной влажности.

Время реакции датчика на изменение относительной влажности (время срабатывания) при движении воздуха значительно меньше, чем соответствующий промежуток времени в неподвижном воздухе.

Поэтому в некоторых случаях, для того чтобы ускорить реакцию сенсора, можно искусственно создать воздушный поток (например, передвигая датчик)