

Влажность воздуха и способы ее измерения

Мишанский М.А.

Белорусский национальный технический университет

Введение

В воздухе всегда есть водяной пар. Он образуется в результате испарения воды с поверхностей океанов, морей, озер, водохранилищ, рек и т.д. От количества водяного пара, содержащегося в воздухе, зависит погода, самочувствие человека, функционирование многих его органов, жизнь растений, а также сохранность технических объектов, архитектурных сооружений, произведений искусства, книг. Влажность влияет не только непосредственно на самого человека, но на окружающий его мир. Поэтому очень важно следить за влажностью воздуха, уметь измерять её.

1. Общие сведения

За характеристику влажности воздуха может быть принята плотность водяного пара ρ , содержащегося в воздухе. Эту величину называют абсолютной влажностью и из-за ее малости выражают в граммах на кубический метр. Абсолютная влажность, таким образом, показывает, сколько водяного пара в граммах содержится в 1 кубическом метре воздуха.

Относительной влажностью воздуха φ называют выраженное в процентах отношение парциального давления p водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного пара при той же температуре.

Температура, до которой должен охладиться воздух, чтобы находящийся в нем водяной пар достиг состояния насыщения (при данной влажности воздуха и неизменном давлении), называется точкой росы.

При охлаждении воздуха до точки росы начинается конденсация паров: появляется туман, выпадает роса. Чем выше температура воздуха, тем больше водяного пара он может содержать, тем выше точка росы. Насыщенный воздух не может вместить больше пара, если температура его не повысится. При повышении температуры, он удаляется от насыщения, при понижении, наоборот, в нем может начаться конденсация. Так происходит, например, летней ночью при ясной погоде, соприкасаясь с холодной поверхностью, оставляет на ней капельки росы. При отрицательной температуре выпадает иней. В воздухе, охлаждающемся от поверхности или от пришедшего холодного воздуха, образуется туман. Он состоит из мелких капелек или кристалликов, взвешенных в воздухе. В сильно загрязненном воздухе образуется густой туман с примесью дыма – смог.

2. Методы и способы измерения влажности воздуха

2.1. Психометрический метод

Психометрический метод основан на использовании прибора, называемого психрометром, который состоит из двух расположенных рядом термометров. Один из термометров, обычный, называется сухим, измеряющим температуру t воздуха. Баллончик с расширяющейся жидкостью другого термометра обертывают легкой гигроскопической тканью, например батистом, в виде чехла, нижний конец которого опускают в сосуд с

водой. Вода по чехлу, как по фитилю, поднимается к баллончику и постоянно смачивает его. Этот термометр называется влажным или мокрым и измеряет температуру воздуха по мокрому термометру $t_m \leq t$. Устройство простейшего психрометра Августа показано на рис. 1.

Остановимся кратко на понятии температуры t_m воздуха по мокрому термометру. Баллончик этого термометра обернут смоченной тканью. На испарение воды с ткани расходуется теплота парообразования, что приводит к понижению температуры влажной ткани и постепенному снижению показаний мокрого термометра. Вследствие образующейся разности температур теплота от окружающего воздуха начинает поступать к влажной ткани. Температура мокрого термометра будет снижаться до такого значения, при котором количество скрытой теплоты, расходуемой тканью на испарение, станет равным количеству явной теплоты, отдаваемой воздухом ткани. Установившееся значение t_m (температуры мокрой ткани и слоя насыщенного воздуха около нее) называют температурой мокрого термометра для воздуха данного состояния. Этот процесс теплообмена между воздухом и водой, т.е. насыщения воздуха, считается адиабатическим, так как воздух и вода обмениваются внутренним теплом без отвода или подвода его извне (вне системы воздух-вода).

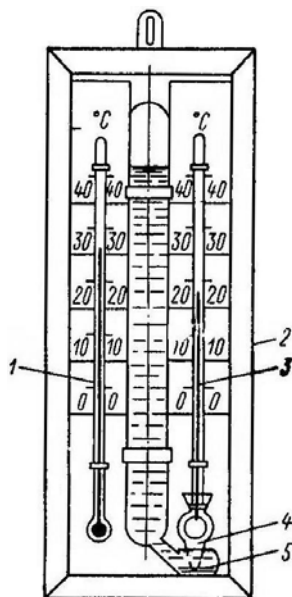


Рис. 2.1 – Психрометр Августа: 1 – сухой термометр; 2 – деревянная панель; 3 – влажный (мокрый) термометр; 4 – чехол (ткань); 5 – сосуд с водой.

Для повышения точности показаний мокрого термометра прибегают к искусственному увеличению скорости воздуха около баллончиков психрометра и защите его от внешних теплопритоков (тепловых излучений). При скоростях воздуха около баллончиков 1,5...2 м/с ошибка в определении $(t - t_m)$ составляет менее 1%. Объясняется это тем, что при повышенных скоростях воздуха конвективный приток теплоты, уравнивающий потери теплоты в слое насыщенного воздуха около шарика термометра от испарения влаги, увеличивается и относительное влияние внешних (радиационных) теплопритоков значительно уменьшается. Удобным и достаточно точным прибором для определения влажности воздуха служит аспирационный психрометр Ассмана (рис. 2). Оба термометра заключены в металлические трубки, через которые специальным вентилятором с пружинным (заводным) или электрическим двигателем, смонтированным в верхней части прибора, пропускается исследуемый воздух со скоростью 2,5...3,0 м/с. Поверхность тру-

бок для защиты термометров от теплового облучения полирована и никелирована. В остальном аспирационный психрометр устроен так же, как и психрометр Августа.

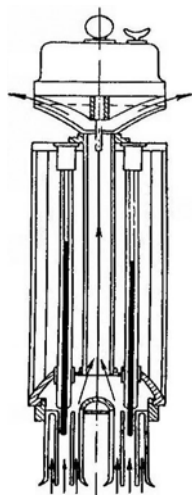


Рис. 2.2 – Психрометр Ассмана.

Существуют также электрические психрометры, построенные по принципу электрического мостика сопротивления (сопротивление мокрого термометра меньше, чем сухого).

2.2. Метод точки росы

Метод точки росы основан на измерении температуры $t_{\text{рос}}$ воздуха, охлаждаемого, например, металлической не окисляемой зеркальной поверхностью (в момент начала выпадения капельной влаги на зеркале фиксируется его температура).

Зная $t_{\text{рос}}$ и температуру t_A воздуха, можно в диаграмме, изображенной на рис. 3, поднимаясь из точки В на кривой насыщения по линии $d = \text{const}$ до изотермы t_A , найти точку А их пересечения, а значит, влажность φ_A и другие параметры состояния воздуха.

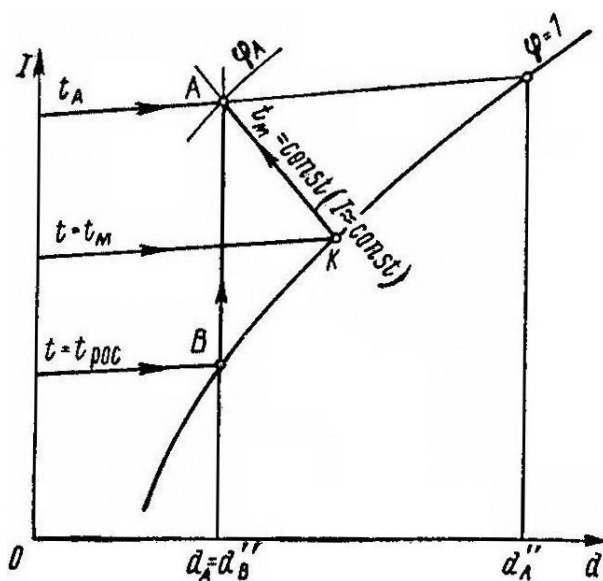


Рис. 2.3 – Определение влажности воздуха психрометрическим методом и методом точки росы в d - I диаграмме.

Метод точки росы менее точен, чем психрометрический. Однако он применим при температурах до -70 °С (с погрешностью измерения $t_{\text{рос}} \pm 0,1$ °С).

2.3. Гигроскопический метод

Гигроскопический метод основан на способности некоторых материалов изменять свою форму и размеры (удлиниться – обезжиренный человеческий волос, капроновая нить и др.), или свойства (электропроводимость – соль LiCl и др.) при впитывании влаги из воздуха в количестве, пропорциональном его относительной влажности. Поэтому, используя эти материалы в механических или мостовых электрических схемах, можно создавать приборы невысокой точности, называемые гигрометрами.

2.4. Массовый (абсолютный) метод

Массовый (абсолютный) метод наиболее точен, но трудоемок и требует специального оборудования – вентилятора, влагопоглотителей и др. Воздух продувают через поглотители. Отнеся объемный расход воздуха к массе поглощенной всей влаги, определяют абсолютную влажность воздуха $\gamma_{\text{п}}$.

Заключение

Влажность воздуха оказывает значительное влияние на жизнь человека и его деятельность. Водяной пар в воздухе влияет не только на здоровье человека, на его самочувствие и работоспособность, но и на окружающую среду. Нужно знать и понимать важность влажности воздуха в повседневной жизни человека, чтобы использовать эти знания с пользой.

Измерить влажность воздуха можно с помощью большого числа различных методов. Некоторые из них настолько просты, что можно сделать прибор для измерения в домашних условиях. Использование любого из предложенных выше методов позволяет следить за влажностью воздуха и анализировать полученные данные. Некоторые методы более точны, некоторые менее, но все они позволяют получить необходимые данные для определения влажности воздуха.

Литература

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Влажность>
2. <http://festival.1september.ru/articles/591254/>
3. http://class-fizika.narod.ru/8_16.htm