

Увлажнение воздуха: основные понятия

Н. Кондрашин, инженер

В практике проектирования и наладки систем вентиляции и кондиционирования воздуха зданий различного назначения необходимо знание вопросов, относящихся к учету влажности воздуха. В 2004 году творческий коллектив НП «АВОК» в составе М. Г. Тарабанова, В. Д. Коркина и В. Ф. Сергеева разработал справочное пособие «Влажный воздух», которое стало первой в отечественной практике попыткой систематизировать определения и расчетные зависимости основных параметров влажного воздуха и привести их в соответствие с международными стандартами. В 2012 году издательство «АВОК-ПРЕСС» выпустило книгу М. Г. Тарабанова «Кондиционирование воздуха», в которой много внимания уделено i-d-диаграмме влажного воздуха. Данной теме посвящен и ряд публикаций в журнале «АВОК». Однако, вопросы, относящиеся к учету влажности воздуха, по-прежнему требуют пристального внимания специалистов. Предлагаем вниманию читателей статью об основах раздела «Влажный воздух». Развить тему предполагается в следующем номере журнала.

Абсолютная и относительная влажность

Влажность воздуха характеризуют два основных параметра – абсолютная и относительная влажность. При разных температурах воздух может поглощать разное количество влаги: чем выше температура, тем больше влаги может содержаться в воздухе. Абсолютная влажность описывает точное количество влаги, содержащейся в воздухе в граммах воды на килограмм воздуха. Относительная влажность показывает, какое количество влаги относительно максимально возможного для этой температуры содержится в воздухе. Поэтому летом при температуре +25 °С и относительной влажности



■ Рис. 1. Снижение относительной влажности воздуха при повышении его температуры

30% в воздухе присутствует значительно больше влаги, чем зимой при температуре $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 80%. Нагревание воздуха приводит к уменьшению его относительной влажности, при этом значение абсолютной влажности остается тем же самым.

Для каждого значения давления существует определенная точка, при которой воздух становится неспособным поглотить большее количество влаги. Эта температура называется температурой насыщения, или точкой росы. Если понизить температуру воздуха ниже точки росы, из воздуха начинает выпадать конденсат. Предположим, что у нас есть закрытый сосуд, температура воздуха в котором составляет $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Абсолютная влажность этого воздуха составляет 10 г/кг , а относительная влажность – 70%. На основе этих данных можно определить по психрометрической диаграмме, что при снижении температуры воздуха на $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ или повышении абсолютной влажности на 5 г/кг воздух достигнет точки росы, а стенки сосуда с внутренней стороны запотеют – на них появится конденсат.

Психрометрическая диаграмма (диаграмма Молье)

Психрометрическая диаграмма, разработанная в 1923 году немецким теплотехником Ричардом Молье, наглядно показывает, как изменяется состояние влажного воздуха в результате нагревания, увлажнения, осушения и охлаждения. Также по этой диаграмме можно выполнять расчеты: изменение параметров воздуха в процессах определяется графическим способом. На психрометрической диаграмме отображаются все параметры, которые необходимы для описания состояния воздуха: температура – t , $^{\circ}\text{C}$, абсолютная влажность – x , г/кг , относительная влажность – %, удельная энтальпия – h , кДж/кг , плотность – ρ , кг/м^3 . Для удобства использования психрометрическая диаграмма построена в косоугольной системе координат: ось абсцисс повернута по часовой стрелке таким образом, чтобы изотерма (линия постоянной температуры) $t=0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в области ненасыщенного влажного воздуха стала горизонтальной.

Линии, соответствующие постоянному значению удельной энтальпии h , проходят слева направо и сверху вниз. Линии, обозначающие постоянное влагосодержание x , располагаются вертикально. Горизонтальная ось, на которую нанесены значения влагосодержания x , не проходит через начало

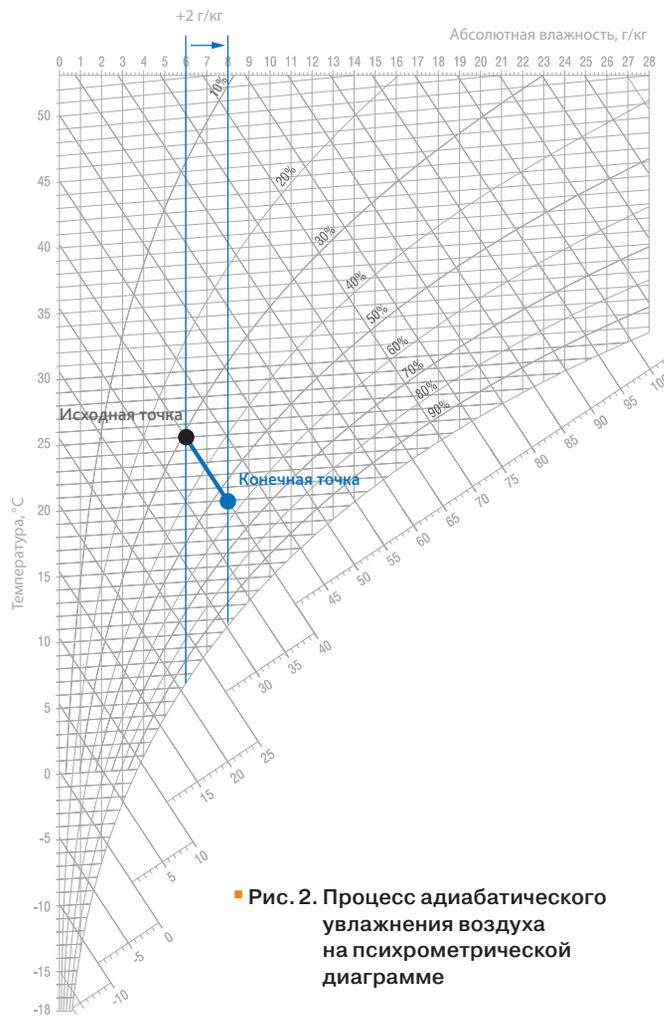


Рис. 2. Процесс адиабатического увлажнения воздуха на психрометрической диаграмме

координат – так диаграмма становится более наглядной. В качестве второй оси абсцисс можно использовать кривую парциального давления водяного пара, которое зависит только от влагосодержания x и давления воздуха p . На проходящие под наклоном вниз линии нанесены значения удельной энтальпии h . На диаграмме также показаны кривые относительной влажности. Чтобы определять изменения параметров было проще, на диаграмму могут быть нанесены дополнительные линии ($\Delta h/\Delta x$), например для отслеживания изменений при паровом увлажнении воздуха. Изотермы проходят в области ненасыщенного воздуха с небольшим наклоном. После точки насыщения (относительная влажность = 1) линии направлены вниз, поскольку при достижении максимального паросодержания дополнительная вода может присутствовать в воздухе только в жидкой фазе в виде небольших капель (тумана). В зоне тумана изотерма отличается от проходящей через точку насыщения изоэнтальпы (линии постоянной энтальпии) только на небольшое значение энтальпии, вносимое влагой в виде тумана. В области ненасыщенного воздуха проходят кривые постоянной относительной влажности, равномерно разделенные соответствующими изотермами в диапазоне от 0 до 1. На диаграмме видно, что относительная влажность всегда снижается при

нагревании воздуха, если влагосодержание x при этом остается постоянным.

Нагрев при постоянной абсолютной влажности

Нагрев воздуха осуществляется при сохранении количества содержащегося в нем водяного пара. При этом энтальпия воздуха увеличивается, а относительная влажность воздуха снижается (именно это имеют в виду, когда говорят «отопление сушит воздух»). В российских условиях нагрев воздуха – обязательная функция большинства вентиляционных агрегатов, поэтому в течение всего отопительного сезона вентиляционные установки подают в помещения свежий воздух с комфортной температурой, но низкой относительной влажностью.

Адиабатическое увлажнение воздуха (распыление или испарение воды)

Если распыление или испарение воды осуществляется без подвода тепла, то затрачиваемая на испарение энергия забирается из окружающего воздуха, и воздух охлаждается. Так как процесс охлаждения проходит в адиабатических условиях, т. е. без потерь тепла и подвода его извне, он называется адиабатическим охлаждением. На психрометрической диаграмме точное направление, в котором происходит процесс охлаждения во время увлажнения, может быть определено на основе характеристики $\Delta h/\Delta x$. Расчет характеристики $\Delta h/\Delta x$: Δh = изменение энтальпии, кДж/кг; Δx = изменение влагосодержания, г/кг.

Принцип адиабатического увлажнения используют системы увлажнения различных типов: ультразвуковые, оросительные (сотовые), форсуночные низкого и высокого давления. Системы различных типов имеют свои особенности и ограничения для применения.

Изотермическое увлажнение (увлажнение с помощью пара)

Если увлажнение воздуха осуществляется паром, то температура, как правило, остается неизменной, поскольку водяной пар не обменивается энергией с воздухом – подведения теплоты для испарения воды уже не требуется. Расчет характеристики $\Delta h/\Delta x$ выполняется так же, как и в предыдущем случае.

Изотермическое увлажнение воздуха на практике осуществляется в паровых увлажнителях (парогенераторах) с электродным или резистивным нагревом воды. Выбор технологии нагрева в основном зависит от параметров используемой воды.

Увлажнение воздуха: зачем оно нужно?

Большинство людей чувствует себя наиболее комфортно при температуре от +20 до +22 °С и относительной влажности от 40 до 60%. Если значение относительной влажности опускается ниже 30%, как это случается в отопительный сезон, начинаются проблемы: сухой воздух стремится поглотить как можно больше влаги, которую он забирает из окружающей среды, в том числе и из находящихся в ней людей. В результате может появиться кожный зуд, жжение в глазах, головная боль и общая усталость – так проявляется обезвоживание.

Сухой воздух вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей и глаз, нарушая их нормальную работу. В результате пыли и болезнетворным микроорганизмам становится проще проникнуть через естественный защитный барьер, что приводит к нарушению нормального функционирования органов дыхания и повышению риска вирусных заболеваний. По данным научных исследований, чтобы снизить риск заражения и вероятность проявления болезненных симптомов до минимально возможного уровня, следует поддерживать влажность воздуха на уровне 40–60%. Кроме того, падение уровня относительной влажности ниже 35% приводит к пересыханию одежды, ковров, мебели и других находящихся в помещении предметов, а это способствует усилению образования пыли. В сухом воздухе все виды пластиков накапливают электрический заряд, который притягивает еще больше частиц пыли.

Влажность гигроскопичных материалов стремится к равновесию с влажностью окружающего воздуха: после прекращения увлажнения предметы интерьера в помещениях начнут отдавать влагу обратно воздуху. Если в помещении находятся произведения искусства, музыкальные инструменты, мебель или паркет из ценных пород дерева, такое колебание влажности может привести к их растрескиванию и порче, поэтому необходимо не только создать правильную влажность, но и автоматически поддерживать ее, чтобы ни колебания температуры, ни изменения влажности наружного воздуха не могли повлиять на изменение влажности в помещении.