

# Что такое психрометрическая диаграмма?

Психрометрическая диаграмма, разработанная в 1923 году Ричардом Молье, наглядно показывает, как изменяется состояние влажного воздуха в результате нагревания, увлажнения, осушения и охлаждения, и, соответственно, позволяет выполнять соответствующие расчеты. Изменение параметров воздуха можно определить графическим способом непосредственно из диаграммы.

## Параметры на диаграмме:

На психрометрической диаграмме отображаются все параметры, которые необходимы для описания состояния воздуха:

Температура	= t,	°C
Абсолютная влажность	= x,	г/кг
Относительная влажность	= отн. вл.,	%
Удельная энтальпия	= h,	кДж(1+x)/кг
Плотность	= ρ,	кг/м <sup>3</sup>

## Структура диаграммы

В области ненасыщенного влажного воздуха точность считывания значений выше. При построении диаграммы Молье в косоугольной системе координат ось абсцисс поворачивается по часовой стрелке до тех пор, пока изотерма  $t = 0\text{ °C}$  в области ненасыщенного влажного воздуха не станет горизонтальной. Линии, соответствующие постоянному значению удельной энтальпии  $h$ , проходят слева направо, сверху вниз. Линии, обозначающие постоянное влагосодержание  $x$ , располагаются строго вертикально.

Горизонтальная ось, на которую нанесены значения влагосодержания  $x$ , по практическим соображениям не проходит через начало координат. В качестве второй оси абсцисс может быть использована кривая 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.

Для упрощения определения изменения состояния графическим способом на диаграмму могут быть нанесены дополнительные линии ( $\Delta h/\Delta x$ ), например, для отслеживания изменения состояния при паровом увлажнении воздуха. Индекс  $1+x$  указывает на то, что энтальпия влажного воздуха складывается из энтальпии сухого воздуха и влаги.

Линии постоянной температуры (изотермы) проходят в области ненасыщенного воздуха с небольшим наклоном, что отражает увеличение части энтальпии, относящейся к водяному пару. 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 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. Как видно из диаграммы, относительная влажность всегда снижается при нагревании воздуха, если влагосодержание  $x$  при этом остается постоянным.

## Расчеты с использованием психрометрической диаграммы

### Нагрев при постоянной абсолютной влажности

На рисунке ниже представлен процесс нагрева воздуха при сохранении количества содержащегося в нем водяного пара. Воздух нагревается от температуры +11 °С (точка 1) до +25 °С (точка 2). Абсолютная влажность  $x$  остается постоянной на уровне 4 г/кг. При этом относительная влажность изменяется с 50 % при температуре +11 °С до 20 % при +25 °С. Энтальпия  $h(1+x)$  изменяется с 21,4 до 35 кДж/кг, плотность — с 1,24 до 1,17 кг/м<sup>3</sup>.

### Распыление или испарение воды (адиабатическое увлажнение воздуха)

Если распыление или испарение воды осуществляется без подвода тепла, то затрачиваемая на испарение энергия забирается из окружающего воздуха. Таким образом, воздух охлаждается. Так как процесс охлаждения проходит в адиабатических условиях, т.е. без потерь тепла и подвода его извне, то 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  $\Delta h/\Delta x$ :

$$\Delta h = \kappa \Delta x \text{ кДж/кг}$$

$$\Delta x \text{ кг H}_2\text{O / кг сухого воздуха}$$

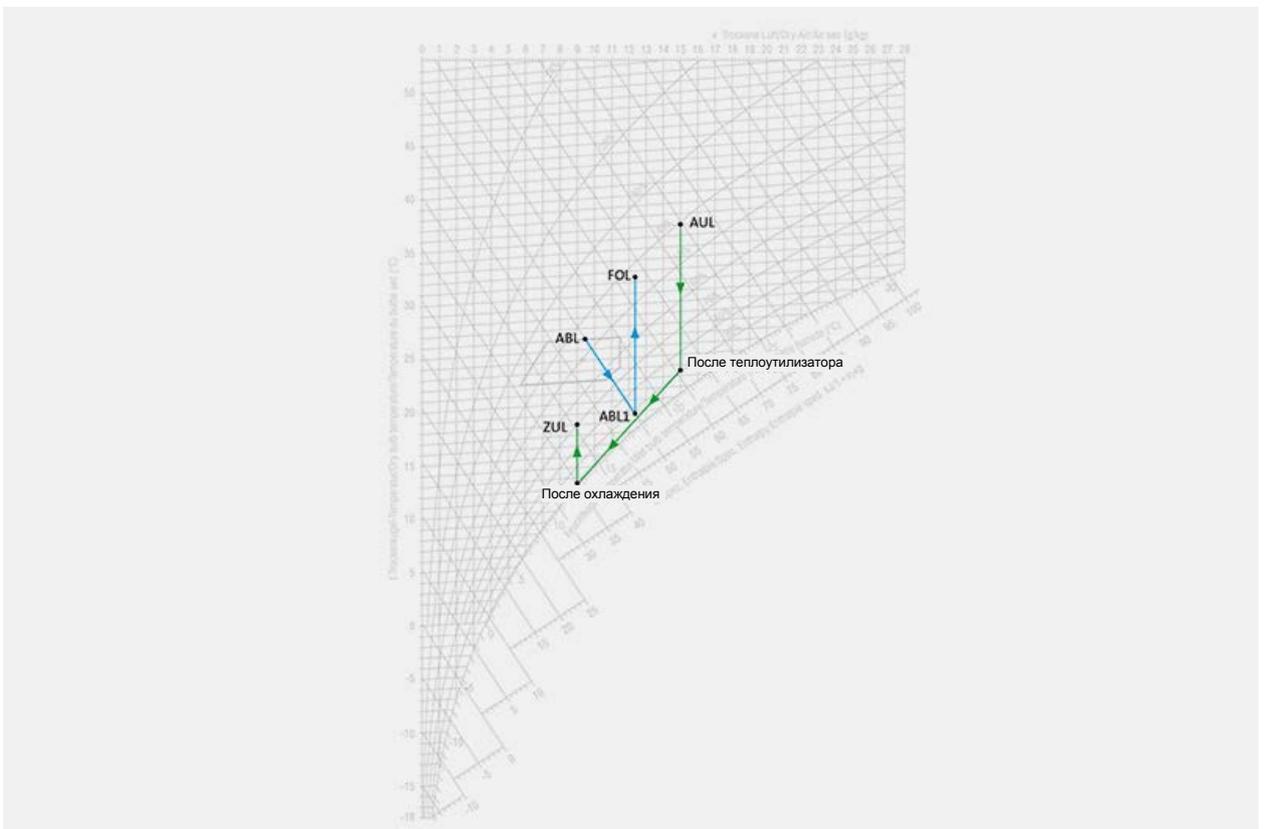
### Увлажнение с помощью пара (изотермическое увлажнение воздуха)

Если увлажнение воздуха осуществляется паром, то температура, как правило, остается неизменной, поскольку водяной пар не обменивается энергией с воздухом.

Расчет характеристики  $\Delta h/\Delta x$ :

$$\Delta h = \kappa \Delta x \text{ кДж/кг}$$

$$\Delta x \text{ кг сухого воздуха}$$



Качественное представление термодинамического процесса на психрометрической диаграмме при охлаждении

