

3.8.0 Построение h-d диаграммы в Excel

Данная статья описывает алгоритм построения h-d диаграммы в программе Excel и может быть полезна студентам, аспирантам и всем кто хочет почувствовать, что такое воздух. Нужно признать, что автор заимствовал основную идею построения h-d диаграммы у многочисленных предшественников. В статье не дается подробная расшифровка некоторых обозначений, т.к. они приводятся в специализированных разделах интернет сайта.

Выбор системы координат

Для построения используем стандартную декартову систему координат X-Y.

$$x = d_{air} \quad y = h_{air}$$

где:

$$d_{air} \left[\frac{\text{г}}{\text{кг}} \right] - \text{влажностное содержание влажного воздуха};$$

$$h_{air} \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right] - \text{удельная энтальпия влажного воздуха.}$$

Считаем, что значения влажностного содержания d соответствуют значениям оси X, и наносим их на диаграмму.

Построение линий изоэнтальпии

Линии изоэнтальпии в осях h-d имеют вид:

$$h = c$$

Однако наша задача построить диаграмму в осях X-Y. Для поворота оси h используем стандартное уравнение прямой:

$$y = c + kx$$

Для поворота оси используем коэффициент k.

В стандартной диаграмме Рамзина предложено развернуть ось h на 135° , что соответствует $k=-1$. В принципе коэффициент может быть любым.

В качестве возможного варианта используем $k=-2.500$, что соответствует повороту оси в $\sim 112^\circ$??? или может 158° ?

Тогда новая ось будет иметь уравнение:

$$h' = c - 2.500d$$

1(1)

Используем уравнение энтальпии влажного воздуха:

$$h_{air} = 1.005t_{air} + 2.500d + 0.0018068t_{air}d_{air} \quad (*)$$

При влагосодержании $d=0$ уравнение имеет вид:

$$h_{air} = 1.005t_{air} \quad (*)$$

Принимаем масштаб оси $Y = h/1.005$

$$Y = \frac{h}{1.005} \quad (*)$$

В этом случае при $d=0$ значения оси Y совпадают со значениями температуры воздуха t_{air} , что очень удобно при построении диаграммы. А итоговое уравнение изоэнтальпии в осях X - Y имеет вид:

$$Y = \frac{h - 2.500X}{1.005} \quad \text{или} \quad y_i = \frac{h_i - 2.500d}{1.005}$$

Для необходимого количества значений h_i определяем соответствующую координату y_i на оси X и строим линии изоэнтальпии.

Построение линий изотерм

При построении изотер считаем $x = d$.

Для каждой конкретной изотермы:

$$h_{air} = 1.005t_{air} + 2.500d + 0.0018068t_{air}d_{air} \quad (*)$$

Учитываем поворот оси h и масштаб оси Y , в этом случае уравнение изотермы в осях X - Y приобретает вид:

$$Y = \frac{1.005t_{air} + 0.0018068t_{air}X}{1.005} \quad (*)$$

или

$$y_i = \frac{1.005t_{i_air} + 0.0018068t_{i_air}d_{air}}{1.005} \quad (*)$$

Для необходимого количества значений t_{i_air} определяем соответствующую координату y_i на оси X и строим линии изотермы.

Построение линий относительной влажности

Для построения линий относительной влажности для каждого фиксированного значения влажности строим линии постоянной относительной влажности, используем формулу:

$$d_{air} = 623 \frac{j \cdot P_{sv}}{(P_{bar} - j \cdot P_{sv})} \quad (*) \quad x_i = 623 \frac{j \cdot P_{svi}}{(P_{bar} - j \cdot P_{svi})} \quad (*)$$

Значения парциального давления насыщенного водяного пара можно взять из таблиц (рекомендуется) или с достаточной степенью точности определить по формуле:

$$P_{s.v.} = 10^{\frac{2.125 + \frac{156 + 8.12 \cdot t_{s.air}}{236 + t_{s.air}}}{}} \quad (*)$$

При этом каждому значению температуры воздуха соответствует одно значение парциального давления насыщенного водяного пара.

Для определения значения Y_i соответствующего X_i используем уже полученное уравнение изотермы в осях X-Y

$$y_i = \frac{1.005 t_{i_air} + 0.0018068 t_{i_air} d_{air}}{1.005} \quad (*)$$

Для необходимого количества значений относительной влажности определяем достаточное количество точек (x_i, y_i) на плоскости X-Y и строим линии изотермы.

На этом построение основных линий h-d диаграммы закончено!