



---

# **Влажный воздух**

Основные понятия и  
определения

# Влажный воздух

---

- Смесь сухого воздуха и водяного пара.
- Основные параметры:
  - абсолютная и относительная влажность,
  - влагосодержание,
  - энтальпия (теплосодержание),
  - плотность,
  - парциальное давление пара в воздухе,
  - температура.

# Влажный воздух- идеальный газ

---

- С достаточной для технических расчетов степенью точности влажный воздух подчиняется законам смеси идеальных газов.
- Каждый компонент газовой смеси занимает тот же объем, что и вся смесь, имеет температуру смеси и парциальное давление.

# Влажный воздух

---

- Влажный воздух бывает насыщенным и ненасыщенным
- Если пар насыщенный сухой – воздух насыщенный влажный. При охлаждении такого воздуха – конденсация водяного пара.
- Если пар перегретый – воздух ненасыщенный. Такой воздух способен к увлажнению

# Свойства влажного воздуха

---

- Закон Дальтона- общее давление газовой смеси равно сумме парциальных давлений ее компонентов. Барометрическое давление влажного воздуха равно сумме давлений сухого воздуха и водяного пара:

$$P = p_{\text{в}} + p_{\text{п}},$$

где  $p_{\text{п}}$ ,  $p_{\text{в}}$  – парциальное давление водяного пара и сухого воздуха, Па;

□ Абсолютная влажность воздуха определяется массой водяного пара в  $1\text{ м}^3$  влажного воздуха ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), т.е. соответствует плотности пара при температуре воздуха и парциальном давлении.

□ Плотность влажного воздуха  $\rho_{\text{вл.в}}$  (в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ) при давлении  $\Pi$  и температуре  $T(\text{К})$ , определяется по уравнению:

$$\rho_{\text{вл.в}} = \rho_{\text{в}} + \rho_{\text{п}};$$

# Закон Менделеева-Клапейрона

---

- Для идеальных газов:

$$pv=RT$$

- Плотность идеального газа:

$$\rho_{\text{п}} = \frac{M_{\text{п}} T_0 (\Pi - p_{\text{п}})}{22,4 T \Pi_0}$$

- Масса водяного пара в воздухе может меняться от 0 до максимального значения.
- 

В насыщенном воздухе количество пара является предельно возможным при данной температуре и равно массе пара в  $1\text{ м}^3$  воздуха в состоянии насыщения. Отношение абсолютной влажности к максимально возможной при той же температуре и давлении называют относительной влажностью воздуха или степенью насыщения.

# Относительная влажность воздуха

---

- Для идеальных газов плотность пара пропорциональна его парциальному давлению при данной температуре:

$$\varphi = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{нас}}}$$

где  $p_{\text{п}}$  - парциальное давление водяного пара в воздухе (при температуре сухого термометра), Па;

$p_{\text{нас}}$  - давление насыщенного водяного пара при той же температуре, Па.

# Относительная влажность воздуха

---

- При нагревании воздуха давление насыщения возрастает и соответственно снижается относительная влажность. Относительная влажность изменяется от 0 до 100%.
- При  $\phi=0$  – сухой воздух, при  $\phi=100\%$  - насыщенный воздух.

# Влажосодержание воздуха

---

- Количество водяного пара содержащегося во влажном воздухе и приходящегося на 1 кг абсолютно сухого воздуха, объем которого не изменяется:

$$x = 0,622 \frac{\varphi p_{\text{нас}}}{P - \varphi p_{\text{нас}}}$$

где  $x$  - влажосодержание воздуха, кг п/кг в  
0,622 – отношение мольных масс водяного пара и воздуха.

# Энтальпия

---

- Удельная энтальпия влажного воздуха равна сумме удельной энтальпии абсолютно сухого воздуха и удельной энтальпии водяного пара. Энтальпию влажного воздуха можно определить:

$$I = (c_v + c_p x)t + r_0 x = (1,01 + 1,97x)t + 2493x;$$

# Энтальпия

---

где  $I$  – энтальпия влажного воздуха, кДж/кг;

$c_{\text{в}} = 1,01$  – средняя удельная теплоемкость сухого воздуха (при постоянном давлении);

$c_{\text{п}} = 1,97$  – средняя удельная теплоемкость водяного пара;

$t$  – температура воздуха (по сухому термометру),  $^{\circ}\text{C}$ ;

$r_0 = 2493$  – удельная теплота парообразования воды при  $0^{\circ}\text{C}$ .

- 
- 
- **Температура точки росы** – это температура, до которой необходимо охладить влажный воздух, чтобы он перешел в состояние насыщения ( $\phi=100\%$ ) при постоянном влагосодержании ( $x=\text{const}$ ).
  - **Температура мокрого термометра** – это температура, до которой необходимо охладить влажный воздух, чтобы он перешел в состояние насыщения при постоянной энтальпии ( $I=\text{const}$ ).

# Смешение потоков

---

- При смешении воздушных потоков параметры получаемой смеси можно рассчитать, используя кратность смешения:

$$n = \frac{L_{\text{цир}}}{L_0}$$

# Параметры смеси

---

- Влагосодержание смеси:

$$x_{\text{см}} = \frac{x_0 + nx_{\text{цир}}}{n + 1}$$

- Энтальпия (теплосодержание) смеси:

$$I_{\text{см}} = \frac{I_0 + nI_{\text{цир}}}{n + 1}$$

# Диаграмма Рамзина(I-x или I-d)

---

- Барометрическое давление 745 мм рт ст;
- Угол между осями 135
- ✓ Вертикальные прямые –  $x=\text{const}$ ;
- ✓ Наклонные прямые  $I=\text{const}$ ;
- ✓ линии постоянства температур;
- ✓ линии постоянства относительной влажности;
- ✓ парциального давления водяного пара;
- ✓ температур мокрого термометра

# Диаграмма Рамзина (I-x или I-d)

---

- Линии  $\varphi = \text{const}$
- ❖ сходятся на оси ординат в точку ( $x=0$ ,  $t=-273\text{C}$ );
- ❖ имеют резкий перелом при  $t=99,4\text{C}$ , соответствующей барометрическому давлению 745 мм рт ст;
- ❖ линия  $\varphi=100\%$  делит диаграмму на область ненасыщенного и пересыщенного воздуха.



# Пересыщенный воздух

---

- Влага распылена в виде мельчайших капель;
- неприменимы зависимости для идеальных газов