

Практическое занятие № 1

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

(n – номер варианта)

Задача 1. В сосуд, содержащий $V = 5$ л воды при температуре $t_1 = 20$ °С, помещен электронагреватель мощностью $N_{\text{Э}} = (500 + 100n)$ Вт. Определить, сколько времени потребуется, чтобы вода нагрелась до температуры кипения $t_2 = 100$ °С. Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.

Решение

Количество теплоты, необходимой для нагрева воды:

$$Q = C \cdot m \cdot (t_2 - t_1), \text{ Дж}$$

$$m = V \cdot \rho$$

$$N_{\text{Э}}: \text{ Вт} = \frac{\text{Дж}}{\text{сек}}$$

Время нагрева:

$$\tau = \frac{Q}{N_{\text{Э}}}, \text{ сек}$$

Задача 2. В котельной электростанции за $\tau = 10$ ч работы сожжено $m = (100 + 10n)$ т каменного угля с теплотой сгорания $Q_n^p = 7000$ ккал/кг (1 ккал = 4187 Дж). Найти количество выработанной электроэнергии и среднюю мощность станции за указанный период работы, если КПД процесса преобразования тепловой энергии в электрическую составляет $\eta = 22$ %.

Решение

Переводим единицы измерения низшей теплоты сгорания:

$$Q_n^p = 7000 \cdot 4187 = 29309000 \text{ Дж/кг}$$

Общая теплота, полученная при сжигании угля:

$$Q_{\text{ОБЩ}} = Q_n^p \cdot m, \text{ Дж}$$

Количество выработанной электроэнергии:

$$\text{Э} = Q_{\text{ОБЩ}} \cdot \eta, \text{ Вт-час}$$

Мощность станции за время τ :

$$N_{\text{Э}} = \frac{\text{Э}}{\tau}, \text{ Вт}$$

Задача 3. Найти часовой расход топлива, который необходим для работы паровой турбины мощностью $N_T = 25$ МВт, если теплота сгорания топлива $Q_n^p = (33 + 0,1n)$ МДж/кг и известно, что на превращение тепловой энергии в электрическую используется только $\eta = 35$ % теплоты сожженного топлива.

Решение

$$\tau = 1 \text{ час} = 3600 \text{ сек.}$$

Общая теплота, полученную от сжигания топлива:

$$Q_{\text{ОБЩ}} = \frac{N_T \cdot \tau}{\eta}, \text{ МДж/час}$$

Часовой расход топлива:

$$G = \frac{Q_{\text{ОБЩ}}}{Q_H^p}, \text{ кг/час}$$

Задача 4. Найти изменение внутренней энергии 1 кг воздуха при охлаждении его от $t_1 = (300 + 10n)^\circ\text{C}$ до $t_2 = 50^\circ\text{C}$ при постоянном объеме. Учесть зависимость теплоемкости от температуры.

Решение

Внутренняя энергия:

$$u = C_V^{Boz} \cdot t$$

C_V – массовая изохорная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К)

$$C_V^{Boz} = 0,7088 + 9,3 \cdot 10^{-5} \cdot t, \text{ кДж/(кг·К)}$$

Изменение внутренней энергии:

$$\Delta u = u_1 - u_2$$

Задача 5. Найти внутреннюю энергию, энтальпию 1 кг азота, если температура его равна $(100 + 10n)^\circ\text{C}$, а давление (абсолютное) 0,6 МПа. Найти изменение энтропии, если температура станет 20°C при неизменном давлении. Учесть зависимость теплоемкости от температуры.

Решение

Массовая изобарная теплоемкость азота:

$$C_{P(N_2)} = 1,032 + 8,955 \cdot 10^{-5} \cdot t_{CP}, \text{ кДж/(кг·К)}$$

Энтальпия:

$$h = u + p \cdot v, \text{ Дж/кг}$$

Из уравнения состояния определим удельный объем:

$$p \cdot v = R \cdot T$$

$$v = \frac{p}{R \cdot T}, \text{ м}^3/\text{кг}$$

Внутренняя энергия:

$$u = C_{P(N_2)} \cdot t, \text{ Дж/кг}$$

Изменение энтропии:

$$\Delta s = C_{P(N_2)} \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} + R \cdot \ln \frac{v_1}{v_2}, \text{ кДж/(кг·К)}$$