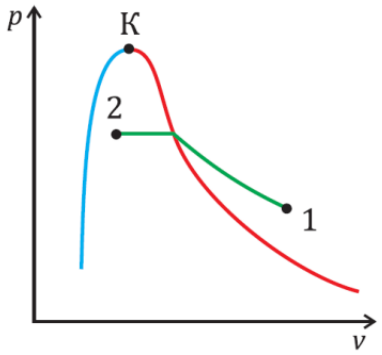
Пример 5.4

$$p_1 := 5 \text{ МПа}$$

Водяной пар с начальным давлением $p_1 := 5$ МПа сжимается при постоянной температуре $T := 310$ °C до объема в $n := 7$ раз меньшего первоначального. Определить изменение его удельной внутренней энергии, затраченную удельной работу и количество удельной теплоты.



Решение

Найдем, что при давлении $p_1 = 5$ МПа температура $T = 310$ °C выше, чем температура насыщения $T_{нас} := 263.94$ °C

Следовательно, в первом состоянии пар перегретый выписываем значения его свойств:

$$v_1 := 0.046767 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

$$h_1 := 2956.6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$s_1 := 6.2645 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

Найдем конечный объем пара

$$v_2 := \frac{v_1}{n} = 6.681 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Для определения состояния пара в конечной точке процесса сравним v_2 с

v' и v'' при $T = 310$ °C

$$v'_2 := 0.0014479 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

$$v''_2 := 0.018339 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

$$\left(v' < v_2\right) < v''$$

Следовательно, пар влажный. Выписываем значения его свойств на пограничных линиях:

$$p_2 := 9.8647 \text{ МПа}$$

$$h'_2 := 1402 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$h''_2 := 2727.9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$s'_2 := 3.3506 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

$$s''_2 := 5.6243 \ \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

и рассчитываем степень сухости

$$x_2 := \frac{v_2 - v'_2}{v''_2 - v'_2} = 0.31$$

Зная эту величину, можно вычислить другие свойства

$$h_2 := \left(1 - x_2\right) \cdot h'_2 + x_2 \cdot h''_2 = 1812.7824 \ \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$s_2 := \left(1 - x_2\right) \cdot s'_2 + x_2 \cdot s''_2 = 4.055 \ \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

Изменение внутренней энергии пара в процессе определим как

$$\Delta u := \left(h_2 - h_1\right) - \left(p_2 \cdot v_2 - p_1 \cdot v_1\right) = -975.8886 \ \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

теплоту, отведенную в процессе, рассчитаем

$$q := T \cdot \left(s_2 - s_1\right) = -1.288 \cdot 10^3 \ \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Тогда затраченная работа сжатия определится по первому закону

$$l := q - \Delta u = -312.6 \ \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$