

Дополнение к задаче 5.1.
этиуду 5 “Облачные теплотехнические алгоритмы”[1]

Выполнил студент группы Тф-02м-17 Алексеев А.С.

В решении задачи 5.1. рассмотрены процессы дросселирования водяного пара в регулирующем клапане и последующего его расширения в паровой турбине.

В зависимости от типа турбины могут осуществляться из нее отборы пара на различные цели. В примере рассмотрим ПТУ с турбиной К-800-240-5 (рис.1) [2].

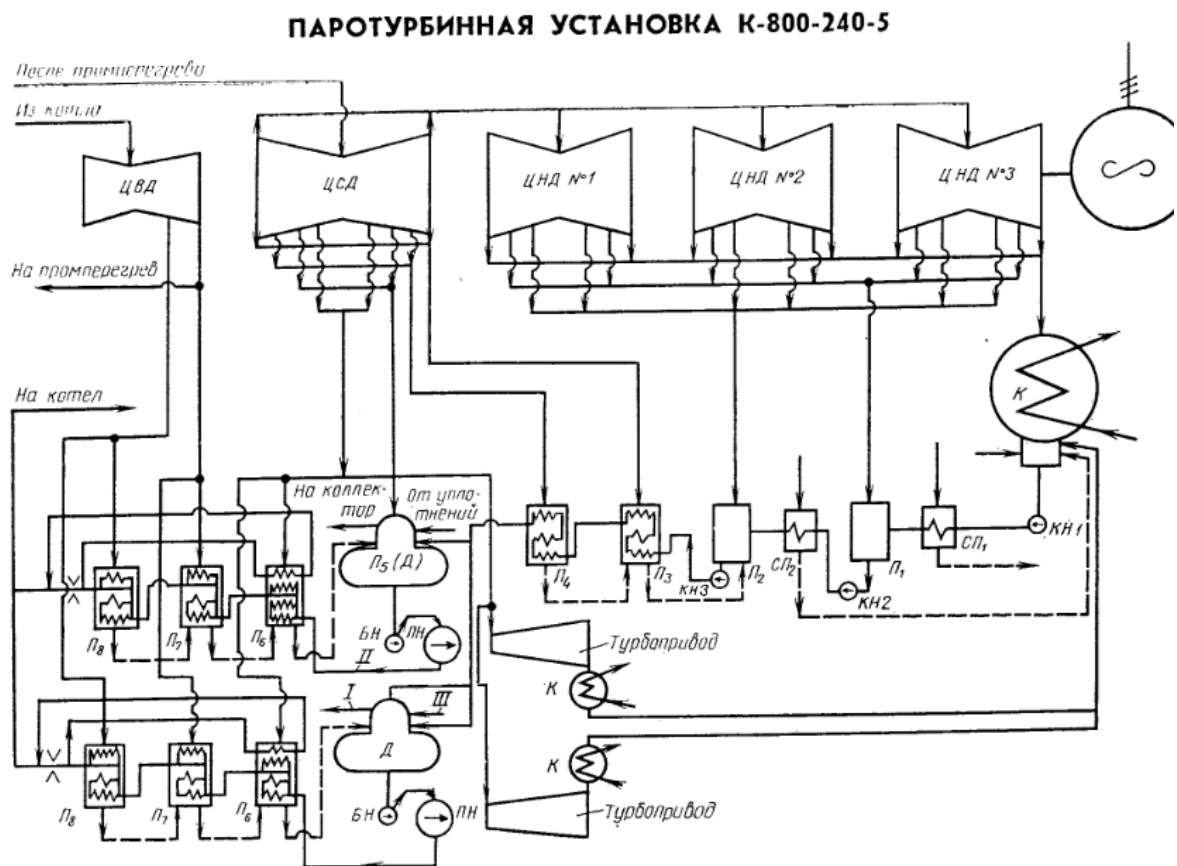


Рис.1. ПТУ К-800-240-5

Из цилиндров высокого, среднего и низкого давления турбины осуществляются отборы пара на систему регенерации питательной воды.

Используя функции программы WaterSteamPro (WSP) [1] в Mathcad можно определить параметры реперных точек процесса расширения пара в паровой турбине и построить его h-s диаграмме рис.2.

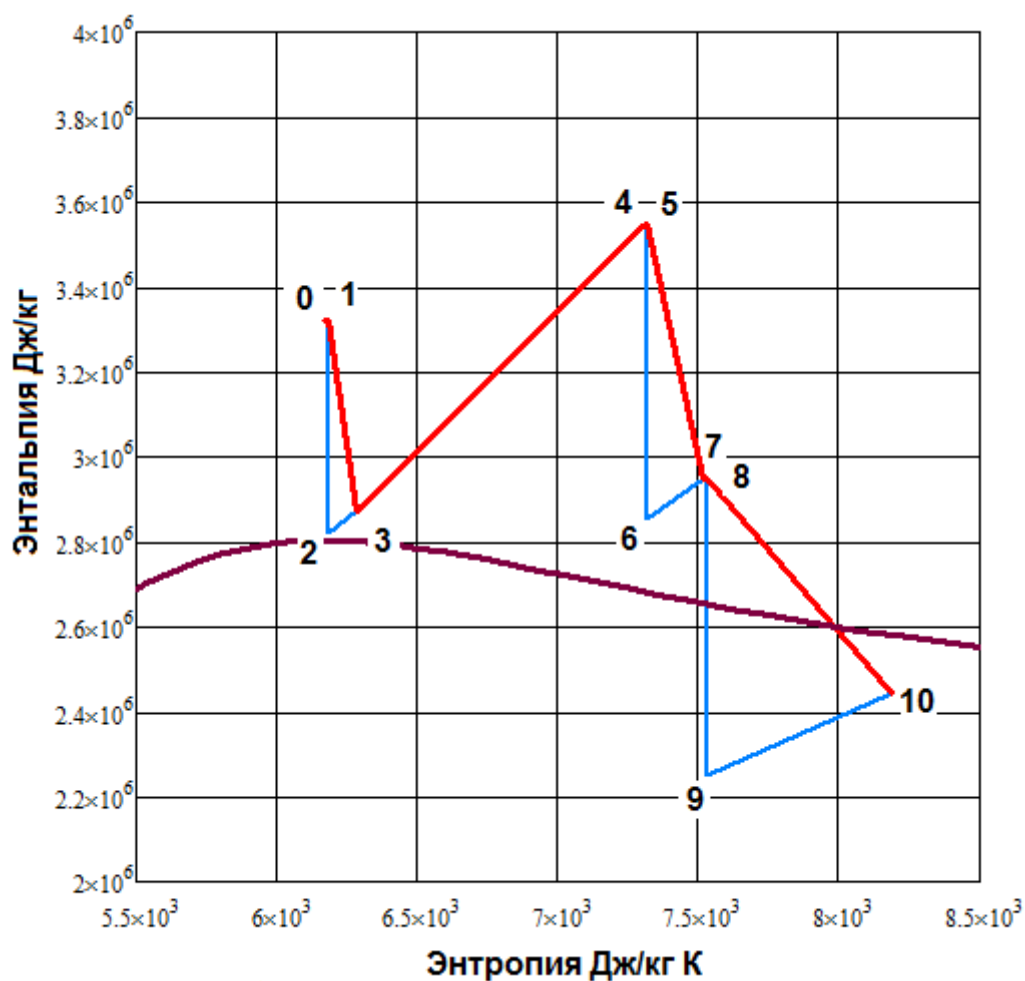


Рис.2. Процесс расширения пара в К-800-240-5 в $h-s$ диаграмме.

После построения процесса расширения пара в $h-s$ диаграмме задаются значениями давлений отборов на ПВД, деаэратор и ПНД представленных на рис.1.

Определение параметров пара, отбираемого из турбоагрегата на подогреватели ПТУ, рассмотрим на примере ПВД-1.

Принимаем давление отбора $P_{отб1} = 6$ Мпа.

Энтальпия определяется методом последовательных приближений без использования $h-s$ диаграммы (в отличие от графического метода определения параметров пара отбора с помощью $h-s$ диаграммы - путем пересечения линия процесса расширения пара с заданной изобарой). Для этого используется цикл While и функции WSP. Задается начальное значение энтропии пара из отбора $s_{отб1н} = 6$ кДж/кг·К (минимально возможное значение энтропии для ЦВД). По

давлению пара из отбора $P_{отб1}$, МПа и заданной энтропии $s_{отб1н}$ кДж/кг·К определяется его энтальпия $h_{отб1}$, кДж/кг. Найденная энтальпия $h_{отб1}$, кДж/кг и заданная энтропия $s_{отб1н}$ кДж/кг·К подставляются в общий вид уравнения прямой $\frac{s_{отб1н} - s_1}{s_3 - s_1} = \frac{h_{отб1} - h_1}{h_3 - h_1}$, которая является действительным процессом расширения пара в ЦВД (нижние индексы энтропии и энтальпии соответствуют номерам реперных точек рис.1). Если уравнение прямой не уравнивается до заданной точности (на рис.3 соответствует 0,01), то цикл повторяется с новым значением энтропии пока не будет найдено нужное значение энтальпии пара из отбора. Шаг (на рис.3 соответствует 0,001) и точность цикла может быть изменена пользователем. Методика расчета представлена на рис.3.

$$s_{отб1н} := 6 \cdot \frac{1 \text{ кДж}}{\text{К}} \cdot \frac{1}{\text{кг}}$$

$$h_{отб1н}(P_{отб1}, s_{отб1н}) := \begin{cases} s_{отб1н} \leftarrow 6 \cdot \frac{1 \text{ кДж}}{\text{К}} \cdot \frac{1}{\text{кг}} \\ h_{отб1} \leftarrow \text{wspHPS}(P_{отб1}, s_{отб1н}) \\ \text{while } \left| \frac{s_{отб1н} - s_1}{s_3 - s_1} - \frac{h_{отб1} - h_1}{h_3 - h_1} \right| \geq 0.01 \\ \quad \left| \begin{cases} s_{отб1н} \leftarrow s_{отб1н} + 0.001 \cdot \frac{1 \text{ кДж}}{\text{К}} \cdot \frac{1}{\text{кг}} \\ h_{отб1} \leftarrow \text{wspHPS}(P_{отб1}, s_{отб1н}) \end{cases} \right. \\ h_{отб1} \end{cases}$$

$$h_{отб1} := h_{отб1н}(P_{отб1}, s_{отб1н}) = 2994.94223858 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \cdot \frac{h_{отб1}}{h_{отб1н}} := h_{отб1} \rightarrow \frac{2.9949 \text{e}6 \cdot \text{m}^2}{\text{с}^2} \quad h_{отб1} = 2994.9 \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Рис.3 Определение энтальпии пара из отбора на ПВД-1.

Определение параметров отбираемого пара на ПВД-1:

Энтальпия $h_{отб1} = 2994,9$ кДж/кг.

Энтропия $s_{отб1}(P_{отб1}; h_{отб1}) = 6,256$ кДж/кг·К.

Температура $T_{отб1}(P_{отб1}; h_{отб1}) = 333,3$ °С.

Температура насыщения $Ts_{отб1}(P_{отб1}) = 275,59$ °С.

Энтальпия пара на линии насыщения $h_{отб1н}(Ts_{отб1}) = 2784,6$ кДж/кг.

Энтальпия конденсата пара на линии насыщения $h_{отб1кн}(Ts_{отб1}) = 1213,7$ кДж/кг.

Проведя расчеты по вышеуказанной методике можно определить параметры пара всех отборов ПТУ представленной на рис.1 и нанести их на $h-s$ диаграмму рис.4.

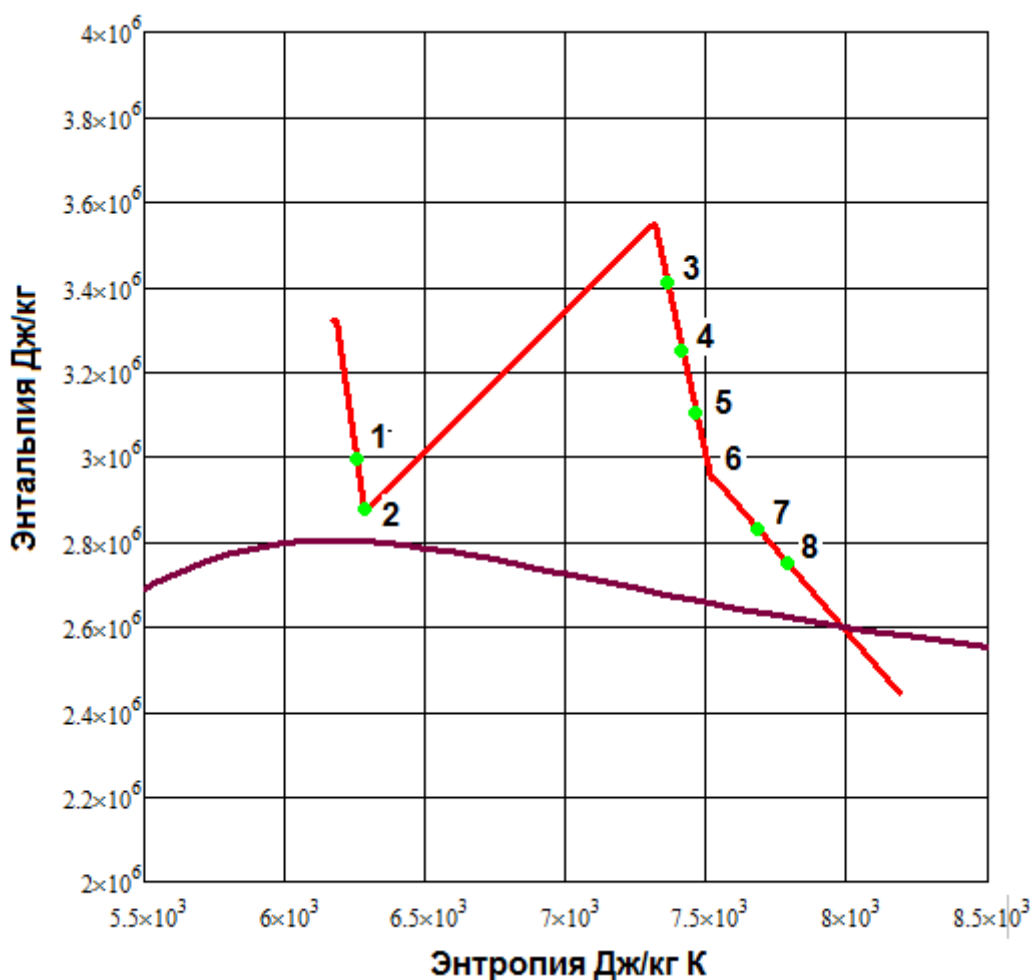


Рис.4 Отборы пара в $h-s$ диаграмме

Список использованной литературы

1) Очков, В.Ф. Теплотехнические этюды с Excel, Mathcad, и Интернет: учеб. пособие.- 2-е изд., перераб. и доп. / В.Ф. Очков, А.А. Александров, Е.П. Богомолова, В.А. Волощук, В.Е. Знаменский, Г.Ю. Кондакова, А. Лук, К.А. Орлов, А.В. Очков, А.А. Пантелеев, Чжо Ко Ко. – СПб.: БХВ-Петербург,2015. – 336 с.: ил.

2) Отраслевой каталог Теплообменное оборудование паротурбинных установок, Часть 1, 20-89-09, М. – 1989г. – 173 с.