

### 9.3. Цикл ПГУ с котлом -утилизатором

В газовой части этой ПГУ (рис.9.5) атмосферный воздух, сжатый компрессором К, поступает в камеру сгорания КС, где к нему при сгорании топлива подводится теплота  $Q_{КС}$ , и далее адиабатно расширяется в газовой турбине ГТ, производя работу, которая используется для вращения компрессора и генератора. Уходящие из турбины газы направляются в топку котла – утилизатора КУ. Содержание кислорода в этих газах может составлять 12÷17% и они могут использоваться вместо воздуха для сжигания вводимого в топку топлива и дополнительного подвода теплоты  $Q_{КУ}$ . Однако в лучших современных ГТУ, в которых температура газов перед турбиной составляет 1100 -1250°С, температура уходящих газов может достигать 480÷570°С. Это позволяет получать пар в котле –утилизаторе высоких параметров и без дополнительного подвода теплоты. Именно такой случай имеется в виду на на диаграмме T,s цикла, представленной на рис. 9.6. Полученный пар поступает в паровую турбину ПТ, после адиабатного расширения в ней конденсируется в конденсаторе Кн и конденсат насосом снова подается в котел –утилизатор.

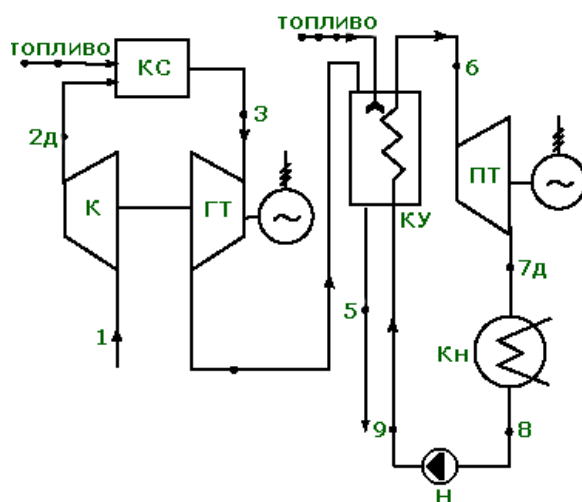


Рис. 9.5

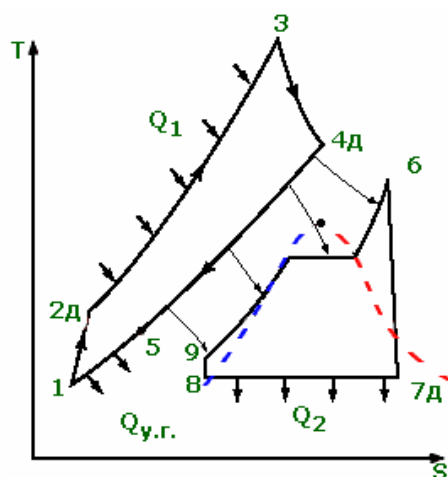


Рис. 9.6

Таким образом, и ГТУ и ПГУ работают по обычным своим циклам. На схеме (рис.9.5) обе установки представлены в простейших их вариантах. Реально в схемах ГТУ используется многоступенчатое сжатие и расширение газа, а в схемах ПТУ –вторичный перегрев пара и регенеративный подогрев питательной воды, паром отбираемым из турбины. Объединение же их в единую парогазовую установку снижает расход топлива за счет использования теплоты уходящих после газовой турбины газов в паровом котле.

Эффективный КПД комбинированной парогазовой установки  $\eta_e^{ПГУ}$  и его связь с эффективными КПД входящих в ее состав ГТУ  $\eta_e^{ГТУ}$  и ПТУ -  $\eta_e^{ПТУ}$  можно получить следующим образом. По определению

$$\eta_e^{ПГУ} = \frac{L_{ГТУ} + L_{ПТУ}}{Q_{1КС} + Q_{1КВ}} = \frac{Q_{1КС}\eta_e^{ГТУ} + [Q_{1КС}(1-\eta_e^{ГТУ}) + Q_{1КВ}]\eta_e^{ПТУ}}{Q_{1КС} + Q_{1КВ}} \quad (9.3)$$

Введя новую величину  $\sigma$  –*степень бинарности цикла*, равную

$$\sigma = Q_{1КС} / (Q_{1КС} + Q_{1КВ}), \quad (9.4)$$

приведем это выражение к виду

$$\eta_e^{ПГУ} = \eta_e^{ПТУ} + (1 - \eta_e^{ПТУ})\sigma \cdot \eta_e^{ГТУ} \quad (9.5)$$

Из этого уравнения следует, что при данных КПД ГТУ и ПГУ наивысший КПД ПГУ получается при степени бинарности ее равной единице. В этом случае сжигание топлива в котле – утилизаторе не производится и вся работа паротурбинной части комбинированной установки осуществляется за счет использования теплоты уходящих газов ГТУ.

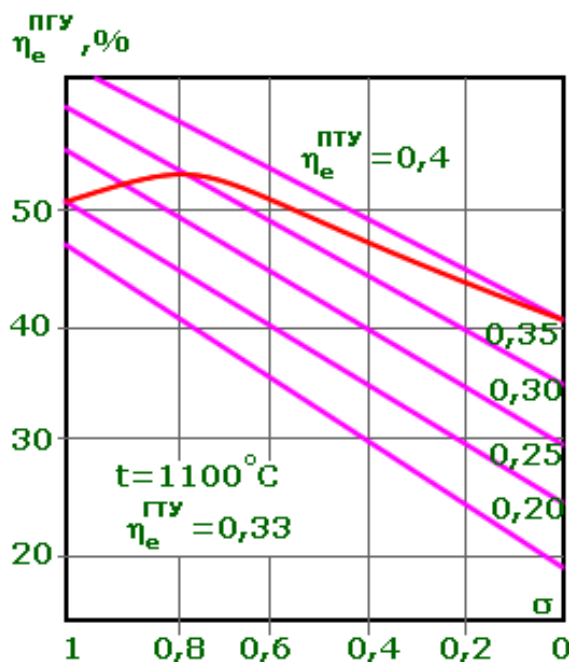


Рис. 9.7

График, приведенный на рис.9.7, характеризует значения эффективного КПД ПГУ, которые можно получить при комбинировании ГТУ, имеющей температуру газа перед турбиной  $t_3 = 1100^\circ\text{C}$  и эффективный КПД  $\eta_e^{ГТУ} = 33\%$ , с различными ПТУ. Жирная линия здесь характеризует значения эффективного КПД, реально достигнутые в действующих ПГУ. Из этого рисунка видно, что эффективный КПД ПГУ достигает  $50\div 53\%$ . это свидетельствует о том, что применение ПГУ с котлом –утилизатором является весьма перспективным направлением повышения экономичности энергетических установок.