

## 9.1. Причины применения комбинированных циклов

Проведенное рассмотрение термодинамических циклов паротурбинных и газотурбинных установок показывает, что оба эти типа основных энергетических машин имеют экономичность, существенно более низкую, чем та, которая теоретически может быть достигнута при применяющихся в этих установках источниках теплоты. Другими словами, эксергия топлива используется в этих установках далеко не полностью и эксергетический КПД их невысок.

Рассматривая перспективы повышения экономичности энергетических установок, в качестве очевидного можно назвать путь повышения параметров, прежде всего начальной температуры, рабочего вещества, используемого в циклах этих установок. Прогресс в этом направлении зависит от успехов в создании новых жаростойких материалов и в конструировании основных агрегатов установок. В то же время и оставаясь в области температур, освоенной промышленностью, можно указать способ повышения полноты использования топлива. Он состоит в том, чтобы в заданном интервале температур использовать не просто один из этих циклов, а применять совокупность двух связанных между собой общим тепловым потоком, циклов. В таких комбинированных циклах существует возможность сочетать между собой разные виды циклов или разные рабочие вещества, используя преимущества каждого из них в своей области температур.

Эффективность любого цикла определяется его конфигурацией, т.е. совокупностью составляющих его процессов. К сожалению, до сих пор не удалось найти рабочее вещество, свойства которого как при высоких температурах, так и при температурах, близких к температуре окружающей среды, позволяли бы организовать процессы, наиболее желательные с точки зрения достижения высокого термического КПД цикла.

Так, например, свойства воды позволяют весьма эффективно и просто организовать отдачу теплоты в цикле при температурах, близких к температуре окружающей среды  $T_0$  в изобарно – изотермическом процессе конденсации пара при достаточно легко поддерживаемых давлениях в конденсаторе 2 –4 кПа. С другой стороны, подвод теплоты в пароводяном цикле характеризуется средней температурой  $T_{1cp}$ , намного отличающейся от максимальной (500 -600°C). Связано это с тем, что вода имеет достаточно низкую критическую температуру ( $t_k = 374^\circ\text{C}$ ) и подвод тепла при высоких температурах производится к перегретому или сверхкритическому пару, форма изобар которого такова, что повышение максимальной температуры не сильно повышает среднюю температуру  $T_{1cp}$  и, соответственно, термический КПД цикла (рис. 9.1)

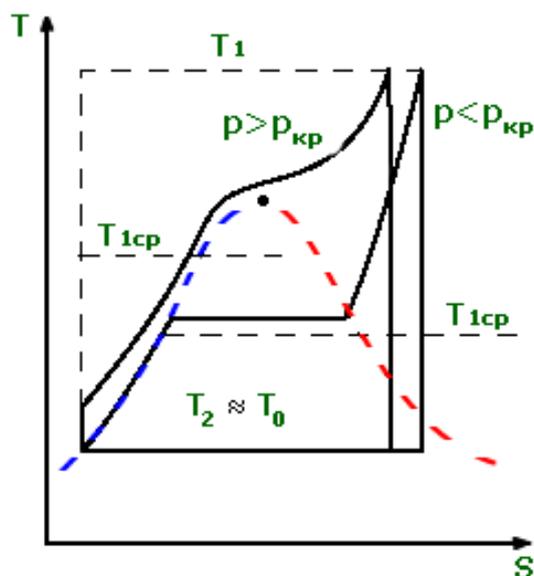


Рис. 9.1

В газотурбинной установке рабочее тело -воздух - нагревается непосредственно при горении топлива, что упрощает задачу создания оборудования и достижения высоких температур (вплоть до 1100 -1300°С). В то же время отдача тепла в цикле на изобаре от газообразных неконденсирующихся продуктов сгорания должна происходить в широком диапазоне температур, намного более высоких, чем температура окружающей среды (рис. 9.2). Естественно, что это существенно снижает термический КПД цикла. Этот недостаток газов как рабочего вещества цикла можно в некоторой степени компенсировать применением регенерации. Однако в этом случае из-за громоздкого регенератора, ГТУ теряет многие свои привлекательные качества. Из этого можно заключить, что воздух обладает свойствами, делающими его привлекательным для использования в высокотемпературной части цикла, а вода -для применения в его низкотемпературной части.

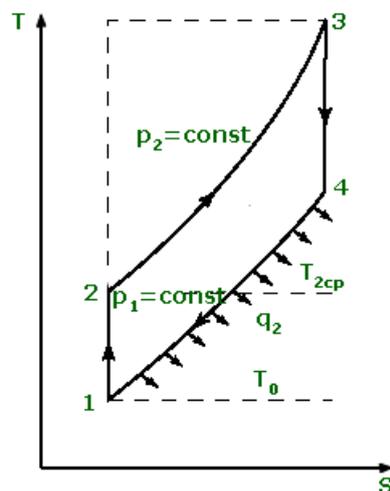


Рис. 9.2

Комбинированные парогазовые установки (ПГУ), в которых в высокотемпературной области используется газотурбинная установка, а в низкотемпературной – паротурбинная, нашли достаточно широкое распространение в современной энергетике. Существует несколько вариантов совместного использования циклов ГТУ и ПТУ. Общим для всех их является использование теплоты уходящих газов ГТУ, температура которых, как показано раньше, может быть очень высокой.