

УДК 621.438

Эффективность газотурбинных двигателей судового типа с камерой дожигания

Авторы: Харченко В.И., Тростинский Д.М., Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова

Технология производства электрической энергии с использованием парогазовых установок (ПГУ) признана мировой энергетикой наиболее эффективной и перспективной. Одним из основных компонентов при этом является газотурбинный двигатель (ГТД), входящий в состав ПГУ.

Специально спроектированный энергетический ГТД с параметрами, выбранными из условия максимума коэффициента полезного действия ПГУ, обеспечивает прирост электрической мощности за счет паротурбинной части установки примерно на 50 % от мощности ГТД. Если же использовать в ПГУ ГТД судового типа, параметры которого выбирались из условия максимума КПД самого ГТД, то прирост электрической мощности за счет паротурбинной части ПГУ не превышает 25...30 % от мощности ГТД. Дело здесь в том, что оптимальный энергетический ГТД, входящий в состав ПГУ, должен обладать наряду с высоким КПД еще и высокой температурой уходящих газов. Для перспективных ПГУ она должна быть на уровне 580...650 °С, чтобы обеспечивались температура перегретого пара, генерируемого в утилизационном парогенераторе ПГУ, 540...600 °С и, соответственно высокий КПД паротурбинной части.

Расчеты термодинамических циклов ГТД простой схемы показывают что при оптимальных по КПД степенях повышения давления значения температур уходящих газов больше 580 °С возможны при температурах газа за камерой сгорания не меньше 1400 °С, при 1100...1200 °С температура газов за ГТД, равная 580 °С и выше, возможна лишь при низких степенях повышения давления. При этом КПД ГТД заметно падает и существенного увеличения КПД ПГУ не наблюдается.

Введение в схему ГТД камеры дожигания позволяет создать судовой газотурбинный двигатель с КПД на уровне КПД ГТД простого термодинамического цикла и с температурами уходящих газов, оптимальными для ПГУ.

Это усовершенствование имеет ряд особенностей. Во-первых, повышение гидравлических сопротивлений газовоздушного тракта ГТД и, соответственно, увеличение потерь термодинамического цикла. Этот вид потерь может быть уменьшен оптимальным проектированием камеры дожигания совместно с выходными и входными устройствами

соответствующих турбин. Во-вторых, при постановке камеры дожигания перед турбиной низкого давления (ТНД) приходится переделывать трансмиссию компрессора низкого давления (КНД) и ТНД, что влечет за собой существенные переделки газогенератора двигателя и сопряжено с длительными и дорогостоящими доводочными работами. В-третьих, возникает проблема обеспечения надежной работы самой камеры дожигания и горячих частей турбин по ходу потока за камерой дожигания. В общем случае для этого потребуется увеличение количества охлаждающего воздуха и, соответственно, увеличение общих потерь, обусловленных охлаждением ГТД.

Конструкция ГТД судового типа, производимых ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект", предполагает двухкаскадный компрессор и свободную силовую турбину (СТ). Компрессор низкого давления приводится турбиной низкого давления, компрессор высокого давления (КВД) - турбиной высокого давления (ТВД). Конструктивно камеру дожигания можно поместить перед ТНД, перед СТ и за СТ. При расположении камеры дожигания за СТ совершенствование термодинамического цикла может осуществляться только за счет паровой части ПГУ. Теория показывает, что в зависимости от выбранных параметров и тепловой схемы паровой части КПД парогазовой установки может уменьшаться, оставаться неизменным или возрастать. Вопрос достаточно специфичен, не связан с совершенствованием ГТД, поэтому выведен из настоящего рассмотрения.

При расположении камеры дожигания перед ТНД на КПД ГТД существенно влияет выбор отношения степеней повышения давления КНД и КВД – $PK1/PK2$, которое определяет положение камеры дожигания на линии процесса расширения турбин.

При расположении камеры дожигания перед СТ в случае ГТД судового типа его КПД по сравнению с ГТД простого термодинамического цикла может только убывать, причем тем больше, чем выше температура в камере дожигания.

Выполненные расчетные исследования показали термодинамическую перспективность совершенствования ГТД судового типа дополнительным нагревом рабочего тела в камере дожигания при создании энергетических ГТД для высокоэкономичных ПГУ. Согласно прогнозу, при температуре газа за основной камерой сгорания ГТД 1200 °С возможен КПД 47...50 % и выше. Наиболее приемлемым для практической реализации представляется вариант с постановкой камеры дожигания перед СТ при перепроектировании проточных частей турбин таким образом, чтобы точки совместной работы элементов ГТД в поле характеристик КНД и КВД оставались такими же, как и в исходном ГТД.