

ПАРАМЕТРЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТУРБИН ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА С КИСЛОРОДОМ В СРЕДЕ ВОДЯНОГО ПАРА

Мильман О.О., Птахин А.В., Шифрин Б.А.

ЗАО «НПВП «Турбокон»,
248010, Россия, Калуга, Комсомольская роща, 43

Традиционные паротурбинные установки базируются на внешнем по отношению к рабочему телу (водяному пару) сжигании топлива и подводе тепла к нему через теплообменные поверхности котлов. При таком подводе тепла температура ограничена величиной 550..600 °С и неизбежны потери части энергии топлива с уходящими продуктами сгорания, в том числе теплоты парообразования, полученной в результате реакции горения.

Использование внутреннего сгорания позволяет значительно увеличить максимальную температуру (до 1250..1500 °С) и повысить эффективность цикла. Кроме того, продукты сгорания топлива участвуют в производстве механической работы, расширяясь вместе с водяным паром в проточной части турбины, что обеспечивает более полное использование энергии топлива.

В качестве топлива наиболее естественно использовать водород, который в природе находится только в связанном виде, отчего его приходится получать за счет газификации угля или путем конверсии метана. Эти энергозатратные процессы ослабляют эффект от использования водорода в энергоустановках.

Альтернативой водородному циклу является цикл с внутренним сжиганием смеси CH_4 и O_2 в среде водяного пара. Продуктом реакции окисления метана является не только водяной пар, но и CO_2 , в чем заключается основное отличие метано-кислородного цикла от водородно-кислородного. Данный цикл не требует конверсии метана при подготовке топлива и исключает связанные с этим затраты энергии. В то же время сжатие топлива и выделение кислорода из воздуха и удаление CO_2 из цикла связано с дополнительными затратами энергии [1].

Циклы с внутренним сжиганием топлива позволяют достигнуть КПД порядка 51–52 %.

В рассматриваемых энергоустановках на входе в конденсатор поступает парогазовая смесь, содержащая двуокись углерода, составляющая до 25...30% по массе от поступающей в турбину парогазовой смеси. Поскольку давление в конденсаторе ниже атмосферного, то для удаления этого газа он должен компримироваться до давления более высокого, чем атмосферное.

По мере углубления вакуума в конденсаторе мощность турбины увеличивается, но вместе с тем растут и затраты энергии на привод компрессора. Как следствие, существует оптимум по максимуму мощности электроэнергии нетто. Величина оптимального

давления в конденсаторе зависит от доли CO_2 в продуктах сгорания по массе, от температуры парогазовой смеси на выходе из турбины и т.д.

Результаты расчета для турбины мощностью 25 МВт с температурой на входе 600 °С, температурой промпрегрева 1250 °С, приведены на рис. 1., из которого следует, что оптимальная величина давления в конденсаторе – 3.8 кПа, прибавка суммарной мощности при этом давлении по отношению к давлению 2.3 кПа составила 1.2% от всей мощности турбины [2].

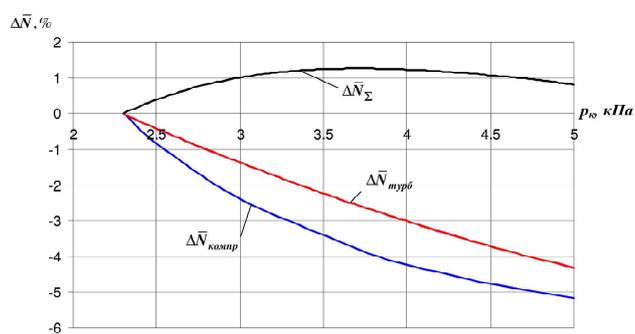


Рис. 1. Зависимость мощности турбины, компрессора CO_2 и суммарной мощности турбины и компрессора от давления в конденсаторе (в % от мощности турбины при давлении 2.3 кПа)

Несомненным достоинством установок с внутренним сжиганием топлива является упрощение утилизации CO_2 . Неконденсирующиеся газы (в основном CO_2) сжимаются до необходимого давления и растворяются в воде.

Раствор CO_2 в воде возможно закачать в скважину на глубину 300..500 метров и связать CO_2 с минералами, содержащими кальций, с образованием карбонатов.

Как отмечено в [2] на выходе из энергоустановки выделяется углекислый газ с минимальным количеством примесей, что упрощает утилизацию по сравнению с ПГУ.

Список литературы

1. WWW.CRYOGENMASH.RU Криогенные воздухоразделительные установки. Воздухоразделительные установки с комплексным извлечением и внутренним сжатием продуктов типа КдАдАр.
2. Газопаровая установка со сжиганием топлива в кислороде // Теплоэнергетика. 2010. № 2. с.75-77.