УДК 629.5:621.4

М.Р. ТКАЧ

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Украина

К ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ

Приведены результаты определения эффективного КПД газотурбинных установок, использующих альтернативные топливные ресурсы (ТЭР). Показано, что при технологическом уровне ГТД соответствующем *UGT15*000 диапазон изменения КПД установки составит 0,27…0,32. Выявлено наличие сочетаний параметров технологического процесса получения топлива и степени повышения давления ГТД, в которых достигается максимальная эффективность установки. Полученные зависимости представлены в виде изопараметрических кривых. Показана возможность реализации установки с использованием исключительно вторичных энергетических ресурсов ГТД для получения топлива из альтернативных ТЭР.

параметры, альтернативное топливо, газотурбинные энергетические установки

Постановка проблемы

Существенное снижение топливной составляющей выработки энергии достигается применением альтернативных топливных ресурсов. Актуальность данного направления отражена в Законах Украины "Про альтернативні види рідкого та газового палива" и "Про альтернативні джерела енергії", также в постановления правительства Украины.

Обзор публикаций и выделение нерешенных проблем. Ранее показана целесообразность создания газотурбинных установок (ГТУ), работающих на жидком топливе, получаемом из альтернативных ТЭР [1, 2]. Это связано с высокой энергетической эффективностью ГТУ вследствие утилизации вторичных энергетических ресурсов ГТД в технологических процессах получения альтернативных топлив [2, 4]. Структурная схема энергетической установки включает в себя в общем случае первую и вторую ступени технологической подсистемы (ТП) получения топлива из альтернативных ТЭР, энергетическую подсистему и подсистему утилизации тепла. Математическое моделирование изучаемой энергетической установки (ЭУ) позволило определить показатели ее энергетической эффективности (КПД, мощность и ряд других) [3]. Влияние основных параметров технологического процесса и факторов окружающей среды выявлено ранее применительно к существующим "базовым" газотурбинным двигателям (ГТД) отечественного производства [3, 4].

Цель исследований. Выявление комплексного влияния параметров газотурбинного двигателя и технологического процесса получения топлива на эффективное значение КПД энергетической установки, использующей альтернативные топливные ресурсы.

Решение проблемы

Применительно к ЭУ на базе ГТД простой схемы с дополнительной камерой сгорания (без подсистемы утилизации тепла) функциональная зависимость эффективного КПД от параметров ТП и ГТД может быть представлена в общем виде [4]:

$$\eta_e = \eta(T_3, T_1, \pi_K, ПИ, Q_{II}, \Delta T_{II}, \nu, ...);$$

где η_e – эффективное значения КПД ЭУ;

T_3, T_1 – среднемассовая температура газов перед турбиной высокого давления ГТД и температура наружного воздуха;

π_K – степень повышения давления компрессора газотурбинного двигателя;

$ПИ$ – параметры идентификации модели ГТД;

© М.Р. Ткач

Q_{II} – удельные затраты тепла на вторую ступень ТП получения топлива;

ΔT_{II} – температурный напор на выходе второй ступени ТП получения топлива;

ν – коэффициент восстановления полного давления на выходе ГТД.

К параметрам идентификации – *ПИ* модели судового двухкаскадного ГТД отнесены относительные отборы воздуха за компрессорами низкого и высокого давления, относительные возвраты воздуха за турбинами высокого и низкого давлений и генератора, адиабатические КПД элементарных ступеней компрессора, внутренние КПД всех турбин; эталонное значение коэффициента расхода охлаждающего воздуха и допустимая температура материала лопаток. Влияние аэродинамического сопротивления выхлопного тракта на показатели эффективности ГТД учтено методом малого параметра [3].

Исследуемая функциональная зависимость эффективного КПД от параметров может быть представлена поверхностью в многомерном пространстве. Графическое ее изображение целесообразно осуществить в виде сочетаний параметров, при которых значение КПД равно заданному – изопараметрических кривых.

Комплексное влияние параметров на эффективность ГТУ исследовано методами математического моделирования при следующих исходных данных: температура наружного воздуха – T_1=288К; температура T_3=1400К; значения параметров идентификации определены для отечественного ГТД четвертого поколения *UGT15*000 ($\eta_{ГТД_{ISO}}$=0,35, $N_{ГТД_{ISO}}$=17,5 МВт, T_3=1350 К, π_K=19,6) [1, 5].

Приведенные ниже результаты получены применительно к следующим диапазонам варьирования параметров: π_K=14…22, Q_{II}=800…1000 Вт·ч/кг; ΔT_{II}=30К…80К, ν=0,94…0,98 [4].

Полученные результаты выявили наличие сочетаний параметров технологического процесса получения топлива и ГТД, обеспечивающих определенное (или заданное) значения КПД энергетической установки (рис. 1а). Вполне естественно, что максимальное значение КПД установки достигается при минимальных значениях показателей необратимости процесса: температурного напора, аэродинамического сопротивления и удельных затрат тепла на ТП. Вместе с тем, решение о снижении КПД установки даже менее чем на один процент ниже оптимального, позволяет существенно расширить диапазоны допустимых значений ее параметров.

При этом, возможное увеличение (например, по требованию Заказчика) значения температурного напора ΔT_{II} быть в значительной степени компенсировано снижением степени повышения давления компрессора ГТД π_K. Повышение аэродинамического сопротивления выхлопного тракта ГТД, приводящее к снижению величины коэффициента восстановления полного давления ν, а также увеличение удельных затрат тепла на вторую ступень ТП, также в значительной мере нивелируются величиной π_K.

Полученные результаты исследований показали, что применительно к исследуемой ГТУ в зоне сочетаний параметров, где величина КПД выше 31%, относительные затраты топлива на ДКС составляют менее одного процента и обеспечение энергией ТП получения топлива осуществляется исключительно за счет вторичных энергетических ресурсов ГТД. Это позволяет отказаться от применения дополнительной камеры сгорания и существенно повысить привлекательность данной ЭУ.

Выводы

1. Методами математического моделирования показано наличие зон сочетаний параметров ТП и ГТД при которых достигается максимальное значение КПД установки на базе альтернативных ТЭР 2. Выявлено, что при незначительном отклонении от максимального значения КПД, существуют зоны

допустимых изменений параметров ЭУ. 3. Показана возможность реализации ТП получения топлива исключительно за счет вторичных энергетических ресурсов ГТД.

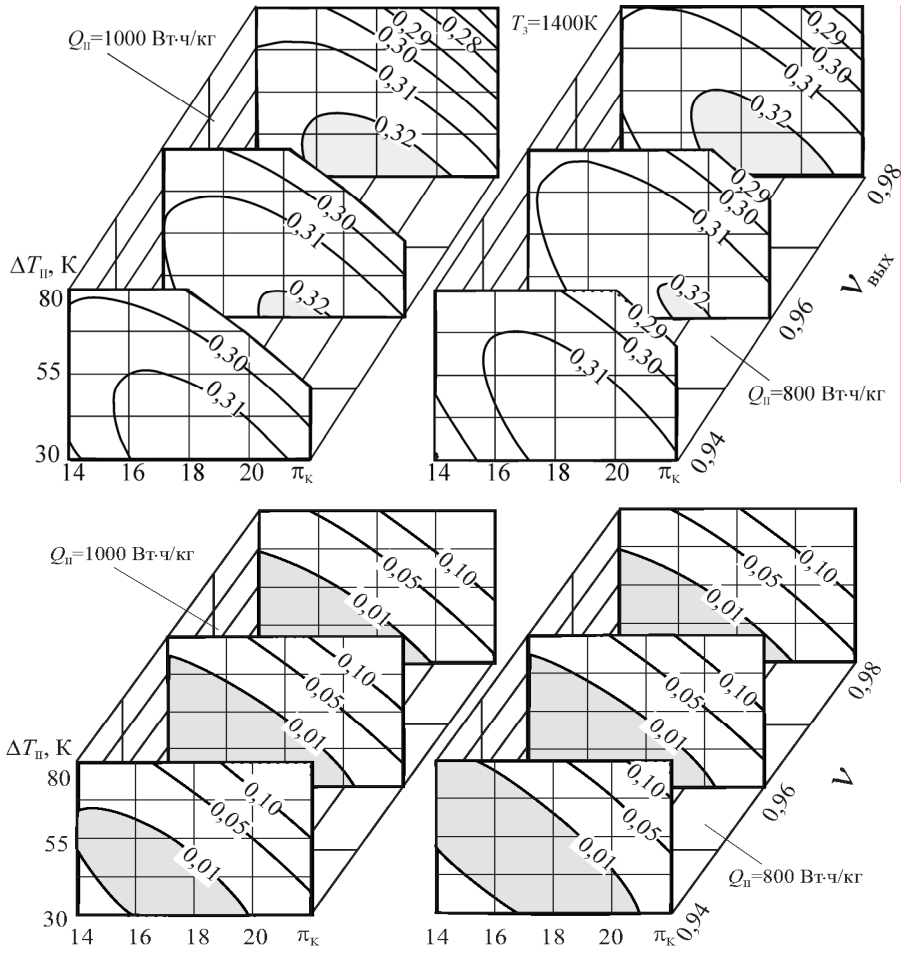

Рис. 1. Комплексное влияние параметров на эффективность газотурбинной ЭУ, использующей альтернативные ТЭР : а – КПД энергетической установки; б – относительные затраты топлива на технологический процесс получения топлива

Литература

1. Газотурбинные двигатели для энергетики и газотурбинные электростанции. – Николаев: НПКГ «Зоря»-«Машпроект», 2004. – 20 с.

2. Головащенко А.Ф., Тимошевский Б.Г., Ткач М.Р. Энерготехнологические газотурбинные комплексы на базе альтернативных топлив // Судовое и энергетическое газотурбостроение: Научно-технический сборник. Т. 1. – Николаев: НПКГ «Зоря»-Машпроект», НО ИАУ, 2004. – С. 281-285.

3. Ткач М.Р. Моделирование влияния технологических параметров на эффективность газотурбинных энергетических установок с ДКС для специализированных технологических судов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2005. – № 10 (26). – С. 111-115.

4. Ткач М.Р. Характеристики ГТУ с дополнительной камерой сгорания, использующих альтернативные топливные ресурсы // Авиационно-космическая техника и технология. – 2008. – № 7 (54). – С. 37-39.

5. Gas turbine world 2005-05 GTW handbook. Vol. 24. – Pequot Publishing Inc., 2006. – 208 p.

Поступила в редакцию 30.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.И. Сербин , Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев.