

УДК 629.5:621.4

М.Р. ТКАЧ

*Национальный университет кораблестроения
им. адмирала Макарова, Николаев, Украина***ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК,
ИСПОЛЬЗУЮЩИХ АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ РЕСУРСЫ**

Обобщено влияние параметров технологического процесса (ТП) получения топлива на эффективные показатели энерготехнологических установок, использующих альтернативные топливные ресурсы (ТЭР). Показано, что при использовании "базового" ГТД UGT6000 нормированные значения КПД и мощности составят 0,42...0,72. В этих условиях, утилизация тепла позволяет повысить эти показатели в 1,3...1,7 раза в зависимости от параметров ТП. Выявлена существенная зависимость энергетической эффективности от величин температурного напора на выходе и гидравлического сопротивления технологического оборудования.

характеристики, альтернативное топливо, газотурбинные энергетические установки

1. Постановка проблемы

В условиях непрекращающегося повышения стоимости углеводородов существенное снижение топливной составляющей выработки энергии достигается применением альтернативных топливно-энергетических ресурсов. Актуальность данного направления отражена в Законах Украины "Про альтернативні види рідкого та газового палива" и "Про альтернативні джерела енергії".

Обзор публикаций и выделение нерешенных проблем. Выполненные ранее исследования показали целесообразность создания газотурбинных энергетических установок (ГТУ), работающих на жидком топливе, получаемом из альтернативных ТЭР. Это связано с высокой их энергетической эффективностью вследствие утилизации вторичных энергетических ресурсов ГТУ в технологических процессах получения альтернативных топлив [2, 4]. Схемное решение с электротермической технологической подсистемой дает ряд компоновочных преимуществ при создании мобильных энергетических установок [3]. Утилизация тепловой энергии отходящих газов осуществлена в водяном теплоутилизующем контуре (ТУК) одного давления. Матема-

тическое моделирование изучаемой газотурбинной энергетической установки (ЭУ) позволило определить показатели ее эффективности (КПД, мощность и ряд других) [3]. Влияние основных параметров энергетической установки и факторов окружающей среды выявлено ранее [3, 4].

Цель исследований. Обобщение данных о влиянии параметров технологического процесса получения топлива из альтернативных ТЭР на показатели энергетической эффективности газотурбинных установок с электротермической технологической подсистемой.

2. Решение проблемы

Структурная схема газотурбинной установки с электротермической технологической подсистемой приведена на рис. 1. Зависимости для определения показателей исследуемой газотурбинной установки могут быть представлены в общем виде для принятой модели "базового" ГТД [4]:

$$\begin{aligned}\eta_e &= \eta(Q_{II}, Q_I, \Delta T_{II}, \Delta T_I, v, \dots); \\ N_e &= N(Q_{II}, Q_I, \Delta T_{II}, \Delta T_I, v, \dots); \\ \bar{Q} &= Q(Q_{II}, Q_I, \Delta T_{II}, \Delta T_I, v, \dots),\end{aligned}\quad (1)$$

где η_e, N_e – эффективные значения КПД и мощно-

сти ЭУ;

$$\bar{Q} = \frac{N_T}{N_e} - \text{относительные затраты энергии на}$$

ТП получения топлива из альтернативных ТЭР;

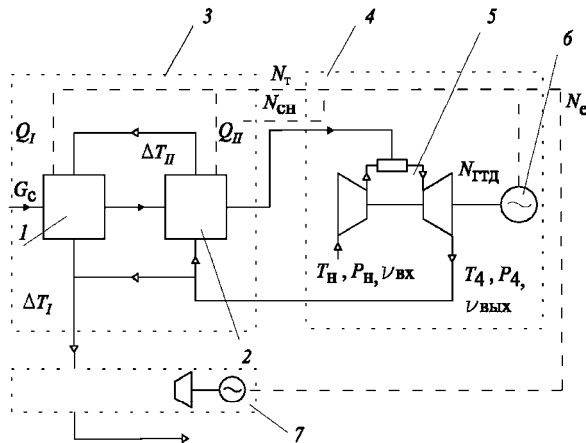


Рис. 1. Структурная схема газотурбинной энергетической установки:

1 – первая ступень ТП; 2 – вторая ступень ТП;
3 – технологическая подсистема; 4 – энергетическая подсистема; 5 – газотурбинный двигатель;
6 – электрогенератор; 7 – ТУК

Q_{II}, Q_I – удельные затраты тепла на вторую и первую ступени технологического процесса;

$\Delta T_{II}, \Delta T_I$ – температурный напоры на выходе второй и первой ступеней ТП;

$\nu = \nu_{вых}$ – коэффициент восстановления полного давления ТП.

Обобщенная технологическая характеристика ЭУ представлена в виде [4]:

$$\bar{N} = F(\bar{\eta}), \quad (2)$$

где $\bar{\eta} = \frac{\eta_e}{\eta_{ГТД_{ISO}}}$, $\bar{N} = \frac{N_e}{N_{ГТД_{ISO}}}$ – нормированные значения КПД и мощности ЭУ;

$\eta_{ГТД_{ISO}}, N_{ГТД_{ISO}}$ – КПД и мощность "базового" ГТД в условиях ISO 2314.

Параметрами обобщенной характеристики (2) являются показатели подсистемы получения топлива из альтернативных ТЭР $Q_{II}, Q_I, \Delta T_{II}, \Delta T_I, \nu$.

Обобщенная технологическая характеристика получена применительно к ГТУ на базе ГТД UGT6000 ($\eta_{ГТД_{ISO}} = 0,315$, $N_{ГТД_{ISO}} = 6,7$ МВт,

$T_4 = 693$ К) производства НПКГ "Зоря"-Машпроект" при $T_n = 288$ К (рис. 2). Показатели ГТД в условиях по ISO2314 ($T_n = 288$ К, $\nu_{вх} = 0$, $\nu_{вых} = 0$) приняты по [1, 5]. Приведенные ниже результаты получены в диапазоне варьирования параметров, соответствующем данным [4] (рис. 2). Здесь линиями определенного типа отображены характеристики $\bar{\eta} = F(\bar{N})$ при постоянных значениях ν или Q_{II} и изменяемых остальных параметрах. Величина ΔT_{II} , при которой построены характеристики, идентифицирована цветом линий.

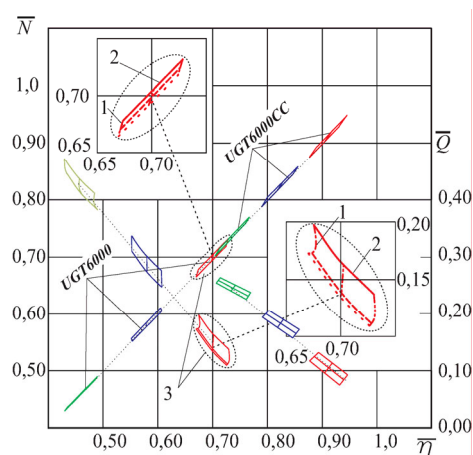


Рис. 2. Обобщенные характеристики газотурбинной ЭУ на базе ГТД UGT6000:

1 – $\nu = \text{const}$; 2 – $Q_{II} = \text{const}$; 3 – $\Delta T_{II} = \text{const}$;

----- $\nu=0,94$ ----- $Q_{II}=800$ Вт·ч/кг — $\Delta T_{II} = 30$ К
----- $\nu=0,96$ ----- $Q_{II}=900$ Вт·ч/кг — $\Delta T_{II} = 55$ К
----- $\nu=0,98$ ----- $Q_{II}=1000$ Вт·ч/кг — $\Delta T_{II} = 80$ К

Как следует из полученных результатов, наиболее существенное влияние величину на КПД и мощности ЭУ оказывает величина температурного напора на выходе второй ступени ТП – ΔT_{II} . Так, повышение ΔT_{II} от 30 до 80 К приводит к снижению нормированного значения КПД ЭУ $\bar{\eta}$ от 0,70 до 0,48 при $\nu = 0,98$ и от 0,67 до 0,43 при $\nu = 0,94$. В этих же условиях, изменение $\bar{N}$ составит 0,72...0,59 и 0,67...0,43.

Следующим по значимости фактором технологического процесса является величина гидравлического сопротивления технологического оборудования. Снижение величины коэффициента восстанов-

ления полного ν от 0,98 до 0,94 приводит (при прочих равных условиях) к снижению значений $\bar{\eta}$ и $\bar{N}$ на 0,05...0,06 во всем рассмотренном диапазоне варьирования ν . Влияние величины удельных затрат тепла на вторую и первую ступени технологического процесса существенно слабее и не превышает одного процента. Значимым показателем эффективности ЭУ является величина затрат энергии на осуществление технологического процесса получения топлива из альтернативных ТЭР $\bar{Q}$. Приведенные выше результаты иллюстрируют достаточно широкий диапазон ее изменения (рис.2, правая шкала). При худшем сочетании значений параметров ТП ($\Delta T_{II} = 80\text{K}$, $\nu = 0,94$), величина этих затрат достигает значения 0,5. Таким образом, практически половина мощности ГТД расходуется на получение топлива из альтернативных ТЭР. Естественно, что эффективное значение КПД ЭУ в этих условиях крайне низкое ($\bar{\eta} = 0,42$). Снижение величины ΔT_{II} от 80 до 30К приводит к понижению значения $\bar{Q}$ до достаточно приемлемых величин – 0,10...0,12 в зависимости от значения ν .

Выявленное весьма существенное влияние параметров ТП получения топлива из альтернативных ТЭР является следствием недостаточной (для обеспечения технологического процесса) температуры отходящих газов ГТД UGT6000. В результате, необходим подвод значительных количеств дополнительной электрической энергии для реализации технологического процесса.

Данное положение дополнительно подтверждается характеристиками ГТУ с утилизацией тепла, приведенными также на рис. 2 – (UGT6000CC). Применение ТУК приводит к повышению показателей ЭУ $\bar{\eta}$ и $\bar{N}$ на 0,20...0,28. Столь существенный прирост энергетической эффективности связан с относительно невысокими значениями энергетической эффективности ЭУ без утилизации тепла отходящих газов. Вместе с тем, качественный характер зависимостей не претерпел существенных изменений, т.к.

утилизация тепла приводит только к дополнительной выработке энергии в паровой турбине ТУК, и не влияет на перераспределение потоков энергии в ЭУ.

Выводы

1. ГТУ на базе UGT6000 характеризуется нормированными (по отношению к таковым для ГТД в условиях по ISO2314) значениями КПД и мощности 0,42...0,72.
2. В этих условиях, утилизация тепла позволяет повысить эффективность ГТУ в 1,3...1,7 раза.
3. Повышение величины ΔT_{II} от 30 до 80К приводит к снижению энергетической эффективности ЭУ на 20...25%.

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-техн. сб., т. 1. – Николаев: НПКГ «Зоря»-«Машпроект», НО ИАУ. – 2004. – С. 281-285.
3. Ткач М.Р. Моделирование влияния условий эксплуатации на эффективность газотурбинных энергетических установок специализированных судов // Вестник двигателестроения. – Запорожье: «Мотор Сич». – 2004. – № 2. – С. 13-17.
4. Ткач М.Р. Обобщенные характеристики газотурбинных энергетических установок специализированных технологических судов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2006. – № 7 (33). – С. 62-65.
5. Gas turbine world 2005-05 GTW handbook. – Vol. 24. – Pequot Publishing Inc. – 2006. – 208 p.

Поступила в редакцию 19.05. 2008

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