

УДК 621.438

В.Т. МАТВЕЕНКО, В.А. ОЧЕРЕТЯНЫЙ

Севастопольский национальный технический университет, Украина

УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ГТД СО СВОБОДНЫМ ТУРБОКОМПРЕССОРНЫМ УТИЛИЗАТОРОМ

Рассмотрен ГТД когенерационного типа, у которого в хвостовой части кроме котла-утилизатора расположен турбокомпрессорный утилизатор (ТКУ). ТКУ содержит турбину перерасширения, дожимающий компрессор и охладитель газа между ними. Представлены результаты исследований теплотехнических характеристик ГТД со свободным ТКУ при переменных режимах нагружения. В диапазоне оптимальных значений степени повышения давления π_k относительный рост КПД составляет 10...25 %. Показано, что за счет изменения мощности турбины перерасширения в ТКУ посредством регулируемого соплового аппарата можно управлять тепловой мощностью энергоустановки в широких пределах.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, турбокомпрессорный утилизатор, турбина перерасширения, регулируемый сопловой аппарат

Введение

Применение когенерационных технологий является одним из самых результативных путей повышения эффективности использования энергии топлива на стадии генерирования энергии.

Повышение энергоэффективности когенерационного газотурбинного двигателя (ГТД) возможно за счет превращения части утилизируемой теплоты в механическую работу в турбокомпрессорном утилизаторе (ТКУ). Такой способ утилизации теплоты реализуется в ГТД (рис. 1) с турбиной перерасширения (ТП). В состав ТКУ входит ТП, дожимающий компрессор (ДК) и охладитель газа между ними.

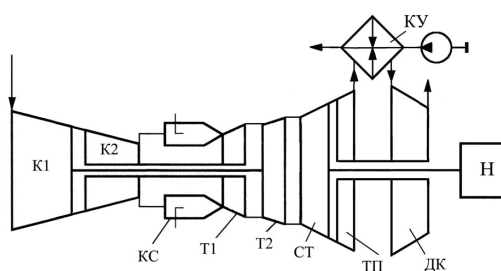


Рис. 1. Когенерационный ГТД со свободным ТКУ:
 К1 и К2 – компрессоры; КС – камера сгорания;
 Т1 и Т2 – турбины газогенератора; СТ – силовая турбина; ДК – дожимающий компрессор;
 КУ – котел-утилизатор; Н – нагрузка

В ТП используется внутренняя энергия выхлопных газов, что позволяет получить, за вычетом затрат энергии на дожимание газа, дополнительную

полезную работу, увеличивающую эффективный КПД двигателя. В предлагаемой схеме (рис. 1) охладитель газа выполняет роль теплогенератора – водяного котла-утилизатора (КУ).

Эффективный КПД ГТД с ТКУ при всех значениях степени повышения давления π_k в двигателе выше, чем в двигателе простого (П) цикла (рис. 2).

В диапазоне оптимальных π_k относительный рост КПД составляет 10...25 %. В такой же степени увеличивается удельная мощность $n_{уд}$ в цикле [1].

На рис. 2 также показаны зависимости теплотехнического (общего) КПД ($\eta_{гт}$) и удельной тепловой мощности ($n_{уд,т}$) когенерационного ГТД с ТКУ от изменения π_k . В области оптимальных по эффективному КПД степеней повышения давления в двигателе теплотехнический КПД имеет значения в пределах 75...85 %.

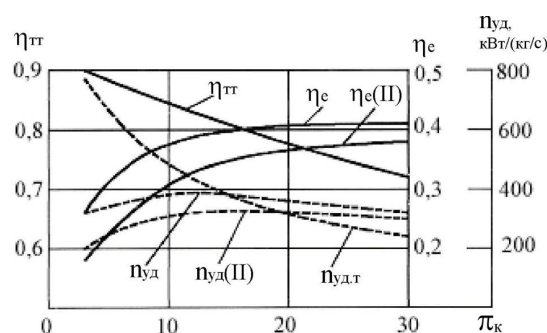


Рис. 2. Зависимости теплотехнического $\eta_{гт}$ и эффективного КПД η_e , соответственно, удельных мощностей $n_{уд,т}$ и $n_{уд}$ от изменения π_k при $T_3 = 1473$ К и $\pi_{дк} = 2,25$ для ГТД с ТКУ

1. Работа когенерационного ГТД с ТКУ на переменном режиме

Для когенерационных ГТД, обеспечивающих энергией автономные коммунальные и промышленные объекты, характерна работа на частичных нагрузках, причем обычно при изменении электрической нагрузки тепловая мощность часто должна быть более стабильной.

Конструктивно когенерационный ГТД с ТКУ может быть выполнен со свободным ТКУ (СТКУ), изображенным на рис.1, и с заблокированным ТКУ (БТКУ), который механически связан с силовой турбиной.

Исследование характеристик когенерационных ГТД с СТКУ и БТКУ на переменном режиме производилось по методике, предложенной в работе [2]. Для сравнения определялись характеристики на частичных нагрузках ГТД простого цикла. При всех значениях относительной мощности \bar{N}_e эффективный КПД схем ГТД с СТКУ выше (рис. 3), чем в ГТД простого цикла (схема 2СН).

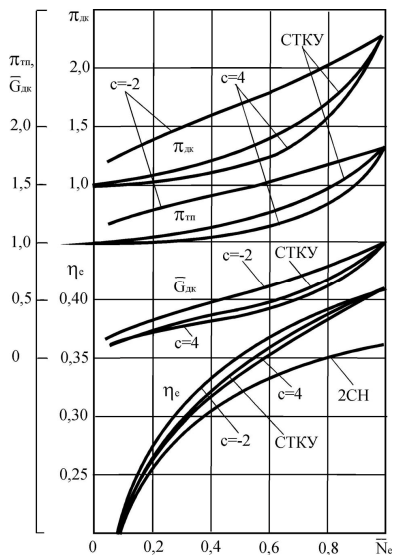


Рис. 3. Характеристики цикла ГТД с СТКУ на частичных нагрузках при $T_3=1473$ К, $\pi_k=22$ и $\pi_{dk}=2,25$

Результаты расчетов теплотехнических характеристик ГТД с СТКУ и простого цикла на частичных нагрузках представлены на рис. 4. При рассмотрении теплотехнических характеристик установлена высокая энергетическая эффективность ГТД с СТКУ, теплотехнический (общий) КПД которого с уменьшением мощности ГТД не только сохраняется на высоком уровне, но и несколько увеличивается.

Тепловая мощность при $\bar{N}_e=0,6$ сохраняется на уровне $\bar{N}_{TT}=0,9$ за счет мало изменяющегося значения температуры T_5 за турбиной перерасширения.

Таким образом, для обеспечения энергией коммунальных объектов предпочтительным является

ГТД с СТКУ, конструктивная схема которого обеспечивает достаточно стабильную поставку потребителю тепловой энергии при существенном изменении электрической нагрузки.

2. Управление потоками энергии в ГТД с СТКУ

Гибкие когенерационные технологии, то есть управление потоками энергии, можно осуществить за счет изменения рабочего процесса в ГТД. Ранее предлагаемый метод был апробирован при разработке энергетического ГТД с БТКУ для буровых платформ [3] освоения морского шельфа. Изменение рабочего процесса в ГТД с БТКУ производилось за счет изменения характеристик дожимающего компрессора.

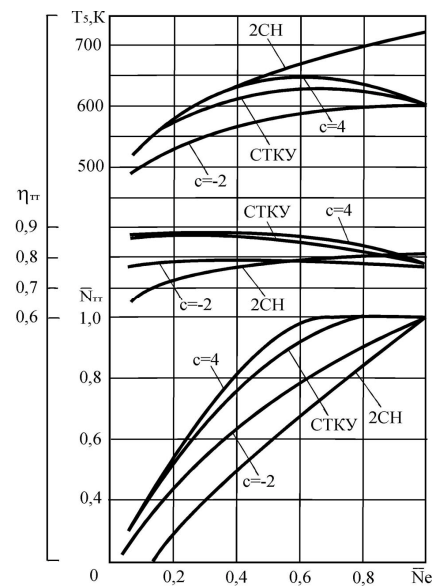


Рис. 4. Теплотехнические характеристики ГТД с СТКУ на частичных нагрузках при $T_3=1473$ К, $\pi_k=22$ и $\pi_{dk}=2,25$

В схеме ГТД с СТКУ возможно управление теплотехническими характеристиками за счет изменения рабочего процесса на частичных нагрузках в СТКУ посредством регулируемого соплового аппарата (РСА) турбины перерасширения.

При расчете [2] характеристик ГТД с СТКУ на частичных нагрузках общий параметр расхода

$$A = \bar{G}_k (T_3 / T_{03})^{0,5}, \quad (1)$$

где \bar{G}_k – относительный расход воздуха; T_3 и T_{03} – начальные температуры газа в двигателе.

Формулу (1) для ТП с РСА можно записать как

$$A_{TP} = \bar{G}_k (T_3 / T_{03})^{0,5c}, \quad (2)$$

то есть, изменение характеристик ТП будет производиться в зависимости от изменения отношения начальных температур газа в ГТД, характеризующего работу двигателя на частичных нагрузках, а также параметра c , который характеризует раскрытие

проточной части РСА турбины перерасширения. При $\epsilon=1$ изменение положения РСА на переменном режиме не производится.

Исследования теплотехнических характеристик ГТД с ТКУ на частичных нагрузках с РСА в ТП показали следующее. При уменьшении степени расширения в ТП $\pi_{\text{тп}}$ уменьшается степень повышения давления в ДК $\pi_{\text{дк}}$ (см. рис. 3) и, как следствие, увеличивается тепловая мощность ТКУ (в формуле (2) параметр $\epsilon=4$). При увеличении $\pi_{\text{тп}}$ (в формуле (2) параметр $\epsilon=2$) можно по требованию потребителя уменьшить тепловую мощность энергоустановки, при этом эффективный КПД η_{ϵ} растет, а теплотехнический КПД $\eta_{\text{тп}}$ остается стабильно высоким.

Следовательно, за счет изменения характеристики ТП ГТД с СТКУ может более гибко приспосабливаться к требованиям потребителей по видам и объемам поставляемой энергии.

Заключение

Гибкие когенерационные технологии можно реализовать в ГТД за счет совершенствования тепло-

вых и конструктивных схем, а также изменения рабочего процесса в двигателе.

1. В ГТД с ТКУ при неизменной конструкции основного двигателя управление потоками энергии можно осуществлять за счет изменения рабочего процесса в ТКУ.

Литература

1. Матвеевко В.Т. Определение характеристик циклов судовых газотурбинных двигателей с турбиной перерасширения / В.Т. Матвеевко // Вестник СевГТУ: Сб. научн. трудов. – Севастополь, 1997. – Вып. 6. – С. 98-111.

2. Матвеевко В.Т. Методика расчета энергетического ГТД с турбиной перерасширения на переменных режимах / В.Т. Матвеевко, Л.И. Слободянюк, В.А. Очеретяний // Энергетика (Изв. высш. учеб. зав. и энерг. объединений СНГ). – 1999. – № 6. – С. 51-56.

3. Матвієнко В.Т. Теплові схеми енергетичних газотурбінних комплексів для забезпечення енергією технологічного обладнання морських бурових платформ / В.Т. Матвієнко // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 3. – С. 21-23.

Поступила в редакцию 28.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой К.Ю. Федоровский, Севастопольский национальный технический университет, Севастополь, Украина.

УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ З ВІЛЬНИМ ТУРБО-КОМПРЕСОРНИМ УТИЛІЗАТОРОМ

В.Т. Матвієнко, В.А. Очеретяний

Розглянуто газотурбінні двигуни (ГТД) когенераційного типу, у якого в хвостовій частині крім чавуна-утилізатора розташований турбо-компресорний утилізатор (ТКУ). ТКУ містить турбіну перерозширення, дожимаючий компресор і охолоджувач газу між ними. Представлені результати досліджень теплотехнічних характеристик ГТД з вільним ТКУ при змінних режимах навантаження. У діапазоні оптимальних значень ступеня підвищення тиску π_k відносний ріст ККД становить 10...25 %. Показано, що за рахунок зміни потужності турбіни перерозширення в ТКУ за допомогою регульованого соплового апарату можливо керувати тепловою потужністю енергоустановки в широких межах.

Ключові слова: газотурбінний двигун, турбо-компресорний утилізатор, турбіна перерозширення, регульований сопловий апарат.

MANAGEMENT OF HEAT TECHNICAL CHARACTERIZATION OF GTE WITH FREE TURBO-COMPRESSOR UTILIZER

V.T. Matveenko, V.A. Ocheretianyi

It is considered GTE with cogeneration, which has in the rear part exhaust-heat boilers and turbo-compressor utilizer (TCU). TCU includes a overexpansion turbine (OT), finish squeezing compressor and gas cooler between them. Investigation results of GTE with free-TCU with variables loading modes are showed. A relative increase in efficiency is 10 ... 25% in the interval of best pressure rise values degree. It is pointed, that thermal power output could be controlled by changing the power OT of TCU through controlled nozzle device in wide range.

Key words: gas turbine engines, turbo-compressor utilizer, overexpansion turbine, adjustable nozzle apparatus.

Матвеевко Валерий Тимофеевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры Энергоустановок морских судов и сооружений Севастопольского национального технического университета, Севастополь, Украина, e-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua.

Очеретяний Владимир Анатольевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры Энергоустановок морских судов и сооружений Севастопольского национального технического университета, Севастополь, Украина, e-mail: ocheret-1961@ Rambler.ru.