

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНВЕРСИИ БИОЭТАНОЛА РЕГЕНЕРАЦИЕЙ СБРОСНОГО ТЕПЛА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Александр Чередниченко, Михаил Ткач

Николаевский национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова
54025, г. Николаев, пр. Героев Сталинграда, 9

Аннотация. В статье приведен анализ целесообразности проведения конверсии углеводородного топлива на основе биоэтанола вторичными энергоресурсами ГТД. Приведена схема стенда для экспериментальных исследований процессов термохимической конверсии путем регенерации тепла отработавших газов газотурбинного двигателя

Ключевые слова: конверсия топлива, газотурбинный двигатель, этанол, термохимическая регенерация тепла

ВВЕДЕНИЕ

Одним из путей повышения эффективности тепловых двигателей является термохимическая регенерация тепла, которая предусматривает утилизацию тепла отходящих газов путем термохимической конверсии базового углеводородного топлива в смесь водородосодержащих газовых смесей (синтез-газа), сопровождающейся эндотермическим эффектом [1-22].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Базовое топливо для теплосиловых установок может быть как традиционным, на базе ископаемых углеводородов, так и альтернативным - отходы термопластических полимеров, этанол, метанол, диметилвый эфир [3].

В комплексе с реактором-газификатором твердых бытовых, промышленных отходов или низкосортного высокозольного твердого топлива энергетические установки, в том числе на основе газотурбинных технологий могут использоваться для выработки электрической и тепловой энергии из низкопотенциального сырья [4].

Одним из перспективных видов конверсионных топлив является биотопливо – биоэтанол, биодизель, биогаз [5,6].

Известны работы, посвященные теоретическому и экспериментальному

исследованию возможности термохимической регенерации тепла (ТХР) отходящих газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС), газотурбинных двигателей (ГТД), в том числе с совместной термодинамической и термохимической регенерацией тепла, а также в парогазотурбинных установках [7-17].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью работы является разработка экспериментальной базы для исследования взаимосвязи термодинамических параметров газотурбинного двигателя и технотехимических показателей углеводородного топлива на основе биоэтанола при его термохимической конверсии, что требует создания системы измерения и регистрации параметров рабочих сред.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Эндотермическая термохимическая регенерация возможна при условии, что в качестве исходного конвертируемого продукта используются химические соединения с температурой конверсии ниже среднего температурного уровня выпускных газов [18].

При организации эндотермических процессов конверсии в условиях работы двигателя важным вопросом

является выбор базового углеводородного соединения, способного при относительно невысоком среднем уровне сбросного тепла конвертировать в целевые газообразные продукты заданного химического состава (монооксид углерода и водород).

Умеренный тепловой потенциал вторичных энергоресурсов ДВС приводит к тому, что для таких двигателей термохимическая регенерация целесообразна при использовании в качестве базового сырья ряда легких гомологов предельных углеводородов (алканов), низших спиртов и простых эфиров

Выявлено, что для газотурбинных установок ТХР возможна с разной степенью конверсии для таких топлив, как природный газ, метан и его гомологи, бензин, дизельное топливо, спирты, в том числе биоэтанол [19,20]. Перспективным вариантом использования биотоплива может быть комплекс из газотурбинного двигателя с термохимической регенерацией вторичных энергоресурсов и двигателя внутреннего сго-

рания работающего на продуктах конверсии биотоплива.

Структура стенда функционально сформирована из пяти подсистем: энергетической, топливной, нагружения, термохимической регенерации и измерения.

Энергетическая подсистема является основой стенда (рис. 1) и создана на базе газотурбинного вспомогательного двигателя, предназначенного для использования в составе бортовых и наземных источников автономного электроснабжения. Двигатель однокаскадный, со свободной силовой турбиной 11 (турбиной генератора). Блок газогенератора газогенератора состоит из компрессора 9 центробежного типа и приводной турбины 10 турбокомпрес-

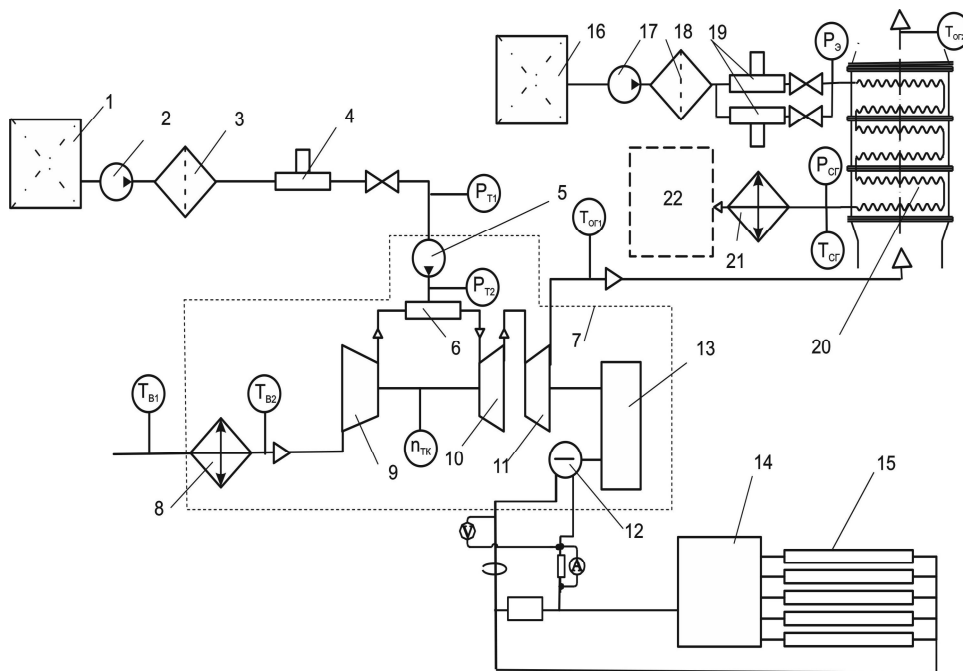


Рис. 1 Схема экспериментального стенда
Fig. 1 Scheme of the experimental stand

сора. Камера сгорания кольцевая с шестью форсунками. Подвод воздуха для работы двигателя осуществляется через пластинчато-ребристый охладитель масла 8. Отработавшие газы по выпускному трубопроводу отводятся в газо-выпускной трубопровод. Энергетическая подсистема оборудована штатной системой дистанционного управления ГТД.

В подсистеме нагружения ГТД, через редуктор 13 приводит штатный электрический генератор постоянного тока 12, который связан с активной нагрузкой 15, выполненной в виде блока ТЭН. Для согласования параметров генератора и нагрузки предусмотрен инвертор 14.

Топливная подсистема выполнена по следующей схеме. Подача жидкого топлива из двухсекционной цистерны 1, осуществляется шестеренным топливоподкачивающим насосом 2 в топливную систему ГТД через топливный фильтр 3 и турбинный преобразователь расхода 4. Требуемая величина давления топлива перед форсунками обеспечивается навешенным топливным насосом 5 центробежного типа.

Подсистема термохимической регенерации предусматривает размещение за газовыхлопом ГТД реактора 20 конверсии биоэтанола. Для минимизации тепловых потерь применена теплоизоляция корпуса термохимического реактора. Температура наружного слоя изоляции (внешнего защитного кожуха) не превышает 40 °С. Водный раствор этанола из бака 16 топливным насосом 17 через фильтр 18 подается на турбинные преобразователи расхода 19. Необходимая точность измерения расхода биоэтанола обеспечивается перекрытием расходных характеристик каждого из турбинных преобразователей. При этом верхний предел измерений одного датчика с небольшим запасом

превышает нижний предел измерений другого датчика.

Пройдя стадию термохимического преобразования продукты конверсии этанола (ПКЭ) поступают в охладитель 21, обдуваемый осевым вентилятором и далее в блок 22 измерения расхода и теплоты сгорания ПКЭ.

Основу подсистемы измерения параметров составляют штатные измерительные приборы ГТД и электрогенератора. Подсистема дооснащена контрольными измерительными приборами и системой первичных датчиков для обеспечения автоматизации проведения эксперимента и обработки данных. При установке датчиков контроля параметров рабочих сред (датчиков температуры, давления, частоты вращения) по возможности использовались штатные присоединительные патрубки и приводы для их присоединения.

Эффективность конверсии биоэтанола в принятой схеме термохимической регенерации тепла отходящих газов ГТД может быть оценена по расходу ПКЭ и теплоте сгорания полученной смеси.

Разработка экспериментального стенда потребовала создания эффективных, быстродействующих и достаточно простых средств измерения теплоты сгорания ПКЭ.

Проведенный анализ литературных и электронных источников информации показал, что существующие способы определения теплоты сгорания горючих газов базируются на прямых и косвенных методах измерения. Способы, которые базируются на прямых методах измерения предусматривают сжигание газа в калориметре или основаны на регистрации теплового потока от мини-факела. Измерение такими способами требуют достаточно много времени и характеризуются умеренной точностью.

Предлагаемая экспериментальная база предусматривает применение косвенных способов, основанных на функ-

циональных связях плотности исходного газа с теплотой сгорания продуктов конверсии.

ВЫВОДЫ

1. Создана экспериментальная установка на базе автономного газотурбогенератора с термохимической регенерацией тепла отходящих газов, позволяющий экспериментально исследовать влияние термодинамических параметров ГТД на техникохимические показатели углеводородного топлива на основе биоэтанола при его термохимической конверсии.

2. Показана возможность определения в режиме реального времени термодинамических параметров газотурбинного двигателя и техникохимических показателей углеводородного топлива на основе биоэтанола при его термохимической конверсии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носач В.Г. 1989. Энергия топлива [Текст] / В.Г. Носач. – К.: Наук. думка, – 148.
2. Корабельников А.В. 2006. Химическая регенерация тепла и преобразования топлива в энергетических установках [Электронный ресурс] / А.В. Корабельников, А.Л.Куранов, С.С.Рыжиков // Электронне видання – Режим доступу: www.chemphys.edu.ru/pdf/10-12-002.pdf.
3. Тимошевский Б.Г. 2011. Моторные топлива из полимерного сырья: производство и применение [Текст] / Б.Г. Тимошевский, М.Р. Ткач // Монография. - К.: День печати, – 290.
4. Иванов В.Л. 2006. Газотурбинный двигатель для установки по термической переработке твердых бытовых и промышленных отходов [Текст] / В.Л. Иванов, Т.А. Заживихина // Авиационная техника. – Казань, – №2 – 76-79..
5. Моисеев И.М. 2006. Альтернативные источники органических топлив / И.М.Моисеев, Н.Э. Платэ, С.Д. Варфоломеев // Вестник РАН. - № 5 - 427-437.
6. Носач В.Г. 2009. Повышение эффективности использования биогаза в теплоэнергетических установках с помощью термохимической регенерации [Текст] / В.Г.Носач, А.А. Шрайбер // Промышленная теплотехника. – №2. – 57-63.
7. Каменев В. Ф. 2005. Теоретические и экспериментальные исследования работы двигателя на водородно-топливных композициях [Текст] / В. Ф. Каменев, В. М. Фомин, Н. А. Хрипач // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE). – №7. – 32 – 42.
8. Хрипач Н.А. 2006. Термодинамический анализ рабочего цикла двигателя с термохимическим генерированием водородного топлива [Текст] / Н.А. Хрипач, В.Ф. Каменев, В.М. Фомин, С.В. Алешин // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE). – №4 – 45 – 50.
9. Kesser K.F. 1994. Analysis of a Basic Chemically Recuperated Gas Turbine Power Plant [Text] / K.F. Kesser, M.A. Hoffman, J.W. Baughn // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – vol. 116. – 277–284.
10. Carcasci C. 1998. Design issues and performance of a chemically recuperated aeroderivative gas turbine [Текст] / C. Carcasci, B. Facchini, S. Harvey // – Proc Instn Mech Eng. – Vol. 212, Part A – 314–329.
11. Alves L.G. 2003. Thermoeconomic evaluation of a basic optimized chemically recuperated gas turbine cycle [Текст] / L.G. Alves, S.A. Nerba // Int. J. Thermodynamics. – Vol. 6, №7 – 13-22.
12. Korobitsyn M.A. 1998. New and Advanced Energy Conversion Technologies. Analysis of Cogeneration, Combined and Integrated Cycles [Text] / M.A. Korobitsyn. – Enschede: Febodruk BV. – 155.
13. Horlock H.J. 2003. Advanced gas turbine cycles [Текст] / H.J. Horlock–Elsevier Inc.,–203.
14. Lloyd A. 1991. Thermodynamics of chemically recuperated gas turbine

[Text] / A. Lloyd // – CEES Report, – № 256.

15. Чередниченко А.К. 2010. Об эффективности термохимической регенерации тепла в газотурбинных установках мобильных энергокомплексов [Электронный ресурс] / А.К. Чередниченко // Электронне видання "Вісник Національного університету кораблебудування". – Миколаїв: НУК, – № 1. – Режим доступа: <http://ev.nuos.edu.ua>.

16. Верхівкер Г.П. 2003. Хімічна регенерація тепла у парогазових установках [Text] / Г.П. Верхівкер, Абу-Ельджадаїль Кахер, В.П. Кравченко / Труды ОПУ – №3 – 7.

17. Шириязданов Р.Р. 2010. Термодинамический анализ рабочего цикла двигателя с термохимическим генерированием водородного топлива [Текст] / Р.Р. Шириязданов, А.Р. Давлетшин, Е.И. Ипатов // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE). - № 11 - 101 - 106.

18. Ткач М.Р. 2009. Эффективность газотурбинной установки с термодинамической и термохимической регенерацией тепла отходящих газов [Текст] / М.Р. Ткач, А.К. Чередниченко // Авиационно-космическая техника и технология, № 7 (64), - 19–22

19. Третьяков В.Ф. 2006. Биоэтанол – сырье для получения компонентов моторных топлив и нефтехимических продуктов [Текст] / В. Ф. Третьяков, Т. Н. Мастюгина, А. С. Лермонтов, Т. Н. Бурдейная // Катализ в промышленности. – Т. 2, № 4. – 12–17

20. Третьяков В.Ф. 2010. Каталитические превращения этанола [Текст] / В.Ф. Третьяков, Ю.И. Макарфи, Р.М. Талишинский, Н.А. Французова // Вестник МИТХТ. — № 5. – 5-22.

21. Черевков Г., Кохана Т., Могильович І. 2006; Альтернативна енергетика аграрного комплексу України / MATROL. – 8А. – 106 – 116.

22. Uzdowski V. 2002. Some aspects of using fuels of vegetable origin on farms [Text] / V.Uzdowski. – Commission of motorization and energetics in agriculture. – 182.

TEST BENCH FOR RESEARCH OF CONVERSION OF BIOETHANOL BY USE OF THE WASTE HEAT OF GAS TURBINE ENGINE

Abstract. The usefulness of the conversion of bioethanol by use of the waste heat of gas turbine engine is proved. The scheme of the test bench for experimental studies of processes of thermochemical conversion by heat recovery of exhaust gas turbine engine is given.

Key words: conversion of fuel, gas turbine engine, ethanol, thermochemical regeneration of heat.