

УДК 621.438

А. К. ЧЕРЕДНИЧЕНКО, М. Р. ТКАЧ, Б. Г. ТИМОШЕВСКИЙ, А. Ю. ПРОСКУРИН

Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Украина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ СУДНА КЛАССА «РЕКА-МОРЕ»

В статье дан анализ требований к энергетическим установкам судов. Выявлены группы «определяющих» критериев в зависимости от целевой функции судна и определена их приоритетность. Определена перспективность применения термохимической регенерации тепла в составе мобильных энергетических комплексов, в том числе судовых. Представлены основные положения математической модели энергетической установки с термохимической регенерацией. Приведены результаты исследования эффективности использования термохимической регенерации тепла в судовой энергетической установке, применительно к судовым двигатель-генераторам на базе ДВС мощностью 300 500 кВт. Исследование позволило выявить, что рационально утилизировать для получения синтез-газа путем конверсии биоэтанола от 32 до 50% теплоты отходящих газов. Результаты исследований могут быть использованы при проектировании энергетических установок стационарных и мобильных объектов, в том числе судовых энергетических установок.

Ключевые слова: энергетическая установка, регенерация тепла, этанола, двигатель внутреннего сгорания, синтез-газ, отходящие газы.

Введение

Важными показателями эффективности любого транспортного судна, являются характеристики судовой энергетической установки (СЭУ). В последние десятилетия все больше внимания уделяется экологическим аспектам эксплуатации энергетических установок. Разнообразие требований, часть из которых может противоречить друг другу, приводит к необходимости определить значимость критериев и выделить группы «определяющих» критериев в зависимости от целевой функции судна [1].

Для оценки эффективности энергетического комплекса судна с учетом экологического воздействия энергетической установки на окружающую среду ИМО, в соответствующих резолюциях, указывает на необходимость использовать конструктивный и операционный индексы энергетической эффективности судна EEDI (Energy Efficiency Design Index) и EEOI (Energy Efficiency Operational Index) [2]. Приоритетность критериев представлена на рис. 1.

Физический смысл индексов идентичен и представляет собой отношение количества произведенного энергетической установкой судна парникового газа CO₂ к величине транспортной работы судна за определенный период времени, регламентируемое при строительстве новых судов (EEDI) и в процессе эксплуатации (EEOI):

$$EEDI = \frac{CO_2 \text{ emission}}{\text{Transport_work}} \quad (1)$$

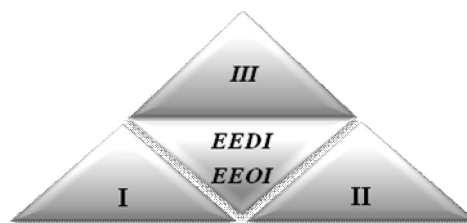


Рис. 1. Приоритетность критериев выбора типа и состава СЭУ:

I – группа критериев экономической эффективности; II – группа критериев экологической эффективности; III – группа критериев обеспечения эксплуатационной работоспособности

Следует отметить, что количество CO₂ образующегося при работе энергетической установки, зависит как от расхода топлива, так и от типа топлива, а именно, от содержания углерода в топливе. Экологические характеристики топлива учитываются безразмерным коэффициентом CF, представляющим отношение углеродного эквивалента содержания CO₂ в отходящих газах (ОГ) энергетической установки к удельному расходу топлива.

Термохимическая регенерация тепла (ТХР) является одним из перспективных направлений, позволяющим улучшить не только показатели энергоэффективности, но и экологические характеристики энергоустановок на базе тепловых двигателей. ТХР представляет собой совокупность процессов, в результате которых под воздействием тепла отходящих газов, которое отбирается от них в утилизационном устройстве, происходит реакция химического

превращения топлива с образованием синтез-газа [3].

Эффективность такого способа утилизации тепла требует, чтобы температурно-энергетического потенциала отходящих газов должно быть достаточно для получения из базового топлива синтез-газа, необходимого количества и состава.

2. Постановка задачи

Исследованию процессов термохимической конверсии углеводородных топлив разного состава, а также тепловых двигателей с термохимической регенерацией сбросного тепла посвящен ряд работ [4–8]. Авторами и другими исследователями выявлена перспективность применения ТХР в составе мобильных энергокомплексов, в том числе в энергоустановках транспортных средств [9-11].

Интеграция Украины в европейское сообщество требует расширения применения возобновляемых источников энергии, в том числе и топлив биологического происхождения. В Центре Перспективных Энергетических Технологий научно-исследовательского института «Энергетики и машиностроения» Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова (ЦПЭТ НИИЭМ НУК) проведен ряд исследований, связанных с применением альтернативных топлив, в том числе синтез-газа, полученного в результате конверсии биоэтанола [12-16].

Цель работы – оценка эффективности термохимической регенерации тепла отходящих газов в судовой энергетической установке.

3. Результаты исследования

Эффективность установки с ТХР может быть исследована методами математического моделирования. В качестве примера рассмотрена энергетическая установка с конверсией биоэтанола в результате термохимической регенерации тепла отходящих газов двигателя.

В основу математической модели энергетической установки с термохимической регенерацией положены следующие положения (рис. 2):

1) количество теплоты, необходимое для получения синтез-газа $Q_{с.г}^{необ}$ не должно превышать максимальное количество энергии, которое может быть утилизировано с отходящими газами $Q_{о.г}^{max}$;

2) разница между температурой отходящих газов на входе в утилизационное устройство $T_{о.г}^{вх}$ и температурой синтез-газа на выходе из утилизационного устройства $T_{с.г}^{вых}$ (температура конверсии топлива) не должна быть ниже величины установленного температурного напора на входе ΔT , т.е.

максимальная температура процесса конверсии топлива не может превышать максимальную температуру отходящих газов в утилизационном устройстве.

Температурный напор на входе, а также максимальное количество энергии, которое может быть утилизировано с отходящими газами зависят от конструкции и типа утилизационного устройства – термохимического реактора, наличия или отсутствия катализаторов и уточняются экспериментальным путем.

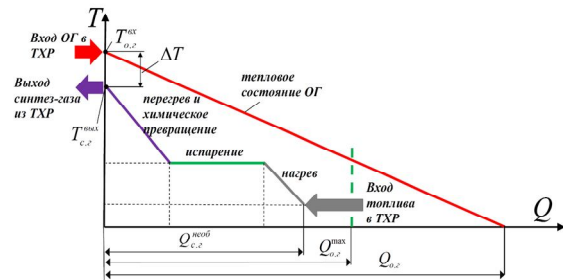


Рис. 2. Согласование параметров потенциала отходящих газов теплового двигателя и параметров процесса конверсии топлива

Баланс тепла, необходимого для получения синтез-газа:

$$Q_{с.г}^{необ} = Q_{наг} + Q_{исп} + Q_{пер} + Q_{х.р} + Q_{пот}, \quad (2)$$

где $Q_{наг}$ – тепло, которое расходуется на нагрев жидких исходных компонентов химической реакции до температуры кипения; $Q_{исп}$ – тепло, которое расходуется на испарение компонентов химической реакции; $Q_{пер}$ – тепло, которое расходуется на перегрев газообразных компонентов химической реакции до температуры конверсии; $Q_{х.р}$ – тепло, которое расходуется на преодоление эндотермического эффекта реакции химического превращения исходных компонентов в синтез-газ; $Q_{пот}$ – неизбежные тепловые потери в окружающую среду в элементах утилизации.

Количество энергии, которое расходуется на нагрев жидких исходных компонентов химической реакции до температуры кипения определяется по уравнению:

$$Q_{наг} = G \times C'_p \times (T'_1 - T_0), \quad (3)$$

где G – массовый расход компонента через утилизационное устройство для получения необходимого количества синтез-газа на соответствующем режиме работы двигателя; C'_p – средняя изобарная теплоемкость жидкого компонента в интервале температур T_0 и T_1 ; T'_1 – температура кипения компонента; T_0 – температура жидкого компонента на входе в утилизационное устройство.

Количество энергии, которое расходуется на испарение компонентов химической реакции:

$$Q_{\text{исп}} = G \times r, \quad (4)$$

где r – удельная теплота испарения компонента.

Количество энергии, которое затрачивается на перегрев этанола определяется по уравнению:

$$Q_{\text{пер}} = G \times C_p'' \times (T_2 - T_1''), \quad (5)$$

где C_p'' – средняя изобарная теплоемкость газообразного компонента в интервале температур T_2 и T_1'' ; T_2 – конечная температура конверсии; T_1'' – температура газообразного компонента, соответствующая T_1' .

Количество энергии, которое расходуется на преодоление эндотермического эффекта реакции химического превращения исходных компонентов в синтез-газ:

$$Q_{\text{исп}} = G \times q_{\text{х.р}}, \quad (6)$$

где $q_{\text{х.р}}$ – удельная теплота химической реакции.

Значение $q_{\text{х.р}}$ определяется экспериментально и зависит от степени конверсии, способа конверсии, а также термодинамических и термохимических свойств этанола.

Количество энергии, которое учитывает неизбежные тепловые потери $Q_{\text{пот}}$ зависит от конструкции, материала, а также режима работы утилизирующего устройства. Величина потерь в окружающую среду составляет по опытным данным около 10...15 % от общего количества энергии необходимого для получения синтез-газа.

Теплота отходящих газов, которая отводится от двигателя определяется по формуле:

$$Q_{\text{наг}} = G_{\text{ог}} \times C_p''' \times (T_{\text{вых}} - T_0), \quad (7)$$

где G – массовый расход отходящих газов; C_p''' – средняя изобарная теплоемкость газов в интервале температур T_0 и $T_{\text{вых}}$; T_0 – температура окружающей среды; $T_{\text{вых}}$ – температура отходящих газов на выходе из двигателя.

Для определения параметров процесса термохимической утилизации в результате экспериментальных исследований авторами были получены следующие зависимости, характеризующие процесс получения синтез-газа [17]:

$\xi = f(T_p)$ – зависимость степени конверсии исходного топлива от температура реакции;

$\Delta g_{\text{эт}}/\Delta g_{\text{с.г}} = f(\xi)$ – зависимость удельного расхода исходного топлива от степени конверсии;

$\Delta q_{\text{х.р}} = f(\xi)$ – зависимость удельной теплоты химической реакции от степени конверсии.

Полученные результаты теоретического и экспериментального моделирования процессов термохимической регенерации тепла отходящих газов, позволили проанализировать эффективность использования ТХР в судовой энергетической установке судна класса «река-море», применительно к судовым главным двигателям и судовым двигатель-генераторам на базе ДВС мощностью 300...500 кВт.

На рис. 3 представлена схема модернизации отечественного газового двигатель-генератора ДвГ1А500-1 (Первомайскидизельмаш) мощностью 500 кВт, предназначенного для установки на судах-газовозах и в составе электростанций в качестве основного или резервного источника электроэнергии переменного трехфазного тока.

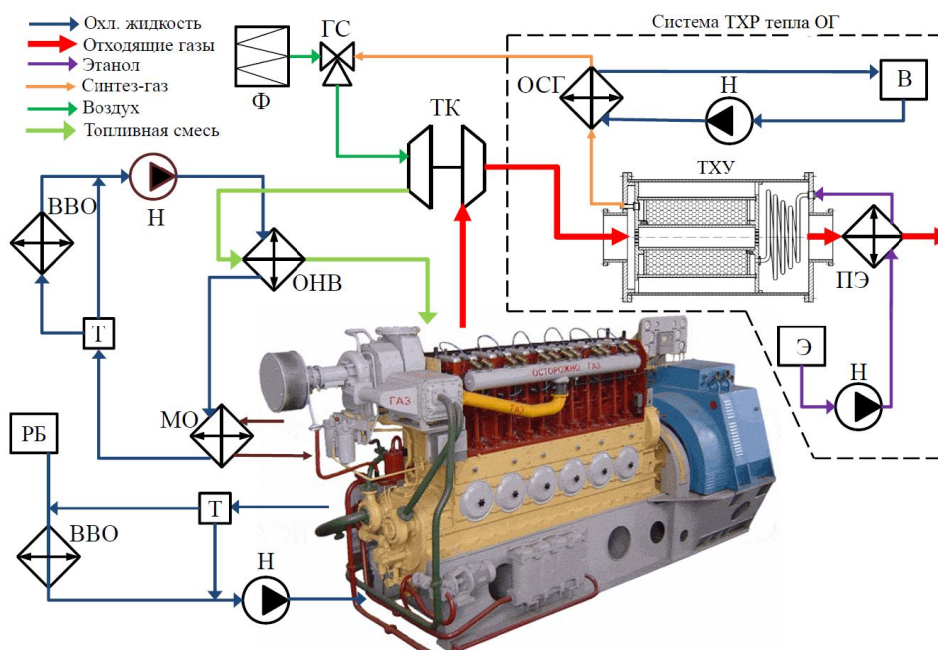


Рис. 3. ДвГ1А500-1 с системой ТХР тепла ОГ:

В – бак с водой; Э – бак с этанолом; Т – термостат; ПЭ – подогреватель этанола; ТХУ – термохимический утилизатор; ОСГ – охладитель синтез-газа; Н – насос; ТК – турбокомпрессор; РБ – расширительный бак; ГС – газовый смеситель; ВВО – водяной охладитель; МО – маслоохладитель; Ф – фильтр

В конструкции применен каталитический реактор трубчатого типа, аналогично [18]. Располагаемый температурный напор принимался на уровне 40 °С.

С помощью математического моделирования были получены основные параметры работы двигателя 6ГЧН 25/34 на синтез-газе при различных условиях нагрузки ДВС и работы системы ТХР тепла ОГ (рис. 4).

Исследование позволило выявить, что количество энергии отходящих газов, которую рационально утилизировать для получения синтез-газа будет лежать в диапазоне 35...50%.

Применительно к судовой электростанции универсального сухогрузного судна класса «река-море» пр. 17620 (проектант «Черноморсудопроект, Украина») рассмотрена возможность применения ТХР тепла отходящих газов дизель-генераторов при конверсии этанола.

Предложена модернизированная топливная система, представленная на рис. 5, которая предполагает работу ДВС DC09 071A мощностью 300 кВт на синтез-газе с использованием принудительного зажигания.

С помощью математического моделирования были получены основные параметры работы двигателя на синтез-газе при различных условиях нагрузки ДВС и работы системы ТХР тепла ОГ (рис. 6).

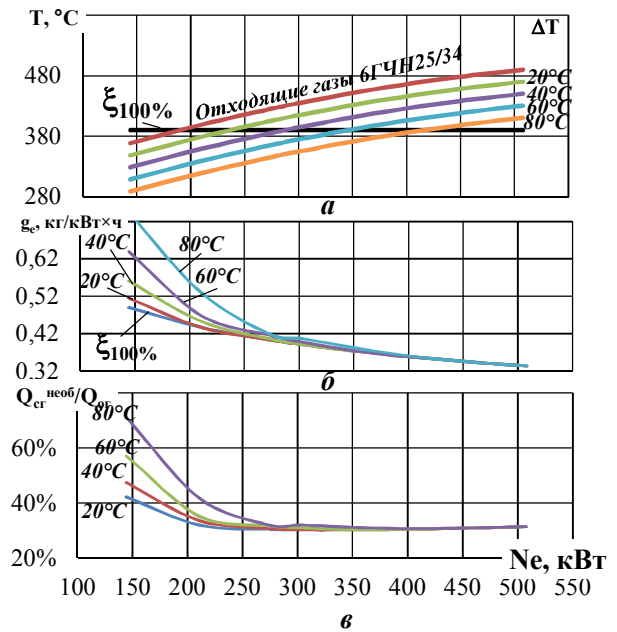


Рис. 4. Основные параметры работы ДВС 6ГЧН 25/34 с ТХР тепла ОГ при различном температурном напоре и нагрузке двигателя:
 а – согласование температур ОГ, процесса конверсии этанола и синтез-газа на выходе из реактора;
 б – удельный эффективный расход синтез-газа;
 в – энергия ОГ, которую необходимо утилизировать для получения синтез-газа

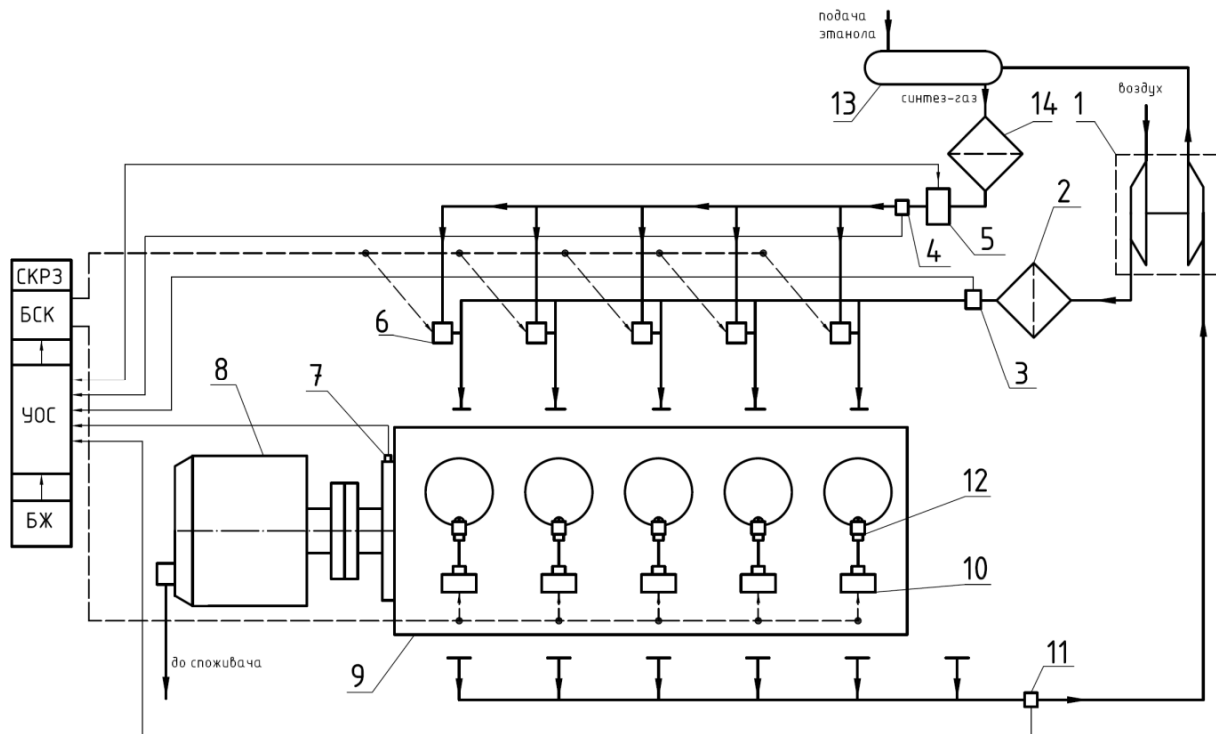


Рис. 5. Схема модернизированной топливной системы приводного ДВС DC09 071A:
 1 – ТК; 2 – ОНВ; 3 – датчик давления наддувочного воздуха; 4 – датчик давления газа; 5 – регулятор давления синтез-газа; 6 – газовые форсунки; 7 – датчик частоты вращения; 8 – генератор; 9 – двигатель; 10 – катушка зажигания; 11 – лямбда-зонд; 12 – свеча зажигания; 13 – ТХУ; 14 – охладитель синтез-газа

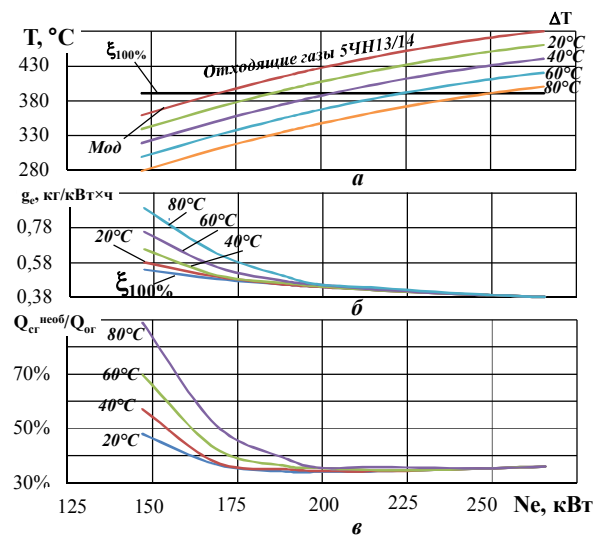


Рис. 6. Основные параметры работы ДВС DC09 071A с ТХР тепла ОГ при различном температурном напоре и нагрузке двигателя:
 а – согласование температур ОГ, процесса конверсии этанола и синтез-газа на выходе из ТХУ;
 б – удельный эффективный расход синтез-газа;
 в – энергия ОГ, которую необходимо утилизировать для получения синтез-газа

Количество энергии отходящих газов, которую рационально утилизировать для получения синтез-газа будет лежать в диапазоне 32...48 %.

Заключение

Проведенные научные исследования позволили сформулировать следующие научные положения:

1. Методами математического моделирования получены основные параметры работы двигателя внутреннего сгорания на синтез-газе при различных условиях нагрузки и работы системы термохимической регенерации теплоты отходящих газов.
2. Исследование методами математического моделирования процессов в энергетической установке с ТХР показывает, что количество энергии отходящих газов, которую рационально утилизировать для получения синтез-газа из биоэтанола лежит в диапазоне 32...50%.
3. Дальнейшие исследования судовых энергетических установок с термохимической регенерацией тепла могут быть направлены на определение эффективности утилизации и регенерации сбросного тепла при конверсии возобновляемых и альтернативных топлив.

Литература

1. Чередниченко, А. К. Критерии выбора состава установки мобильного энергокомплекса [Текст] / А. К. Чередниченко // MOTROL. – 2010. – Vol. 12A. – P. 7–14.
2. Energy Efficiency related Rules and Regulations

– EEDI and Ship Design. EEDI and other EEE Rules and Regulations [Электронный ресурс] / Mia Elg. – 2014. – 55 с. – Режим доступа : http://laradi.fi/images/files/syyspaivat_2014/Deltamarin_Elg_EE_Rules_and_Regulations_-_EEDI.pdf.

3. Носач, В. Г. Энергия топлива [Текст] / В. Г. Носач. – К. : Наук. думка, 1989. – 148 с.

4. Kesser, K. F. 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. – 1994. – vol. 116. – P. 277–284.

5. Carcasci, C. Design issues and performance of a chemically recuperated aeroderivative gas turbine [Text] / C. Carcasci, B. Facchini, S. Harvey // Proc Instn Mech Eng. – 1998. – Vol. 212, Part A. – P. 314–329.

6. Cocco, D. Performance evaluation of chemically recuperated gas turbine (CRGT) power plants fuelled by di-methyl-ether (DME) [Text] / D. Cocco, V. Tola, G. Cau // Energy. – 2006. – № 31. – P. 1446–1458.

7. Pratapas, J. M. Thermo Chemical Recuperation for Higher Efficiency and Lower Emissions from Reciprocating ICEngines (RICE) [Text] / J. M. Pratapas // 4th An-nual Advanced Stationary Reciprocating Engines Conference, Downey (CA), 19 September 2007. – Downey, 2007.

8. Шрайбер, О. А. Використання теплових вторинних енергоресурсів методом термохімічної регене-рації у двигуні внутрішнього згоряння [Текст] / О. А. Шрайбер, В. П. Яценко // Проблеми загальної енергетики. – 2013. – № 4 (35). – С. 47–51.

9. Каменев, В. Ф. Гибридное автотранспортное средство с энергетической установкой, работающей на водородном топливе [Текст] / В. Ф. Каменев, Г. С. Корнилов, Н. Л. Хрипач // Альтернативная энергетика и экология. – 2004. – № 2 (10). – С. 28–36.

10. Configuration Discussions of the Chemically Recuperated Gas Turbine Powering a Ship [Text] / P. Fumin, Z. Hongtao, L. Pingping, [at all] // AMEII. – 2015. – P. 1701-1707.

11. Чередниченко, А. К. Комплексное исследование эффективности судовых энергетических установок газозовов LNG с термохимической регенерацией тепла [Электронный ресурс] / А. К. Чередниченко // Проблеми екології та енергозбереження в суднобудуванні : IX Міжнар. наук.-техн. конф. : тез. доп. – Режим доступу: <http://conference.nuos.edu.ua>.

12. Тимошевский, Б. Г. Моторные топлива из полимерного сырья : производство и применение [Текст] / Б. Г. Тимошевский, М. Р. Ткач. – К. : День печати. – 290 с.

13. Экспериментальное исследование особенностей работы искрового ДВС с системой термохимической паровой конверсии биоэтанола [Текст] / Б. Г. Тимошевский, М. Р. Ткач, А. С. Митрофанов [и др.] // Motrol. – 2013. – Vol. 15, no. 2. – С. 157–163.

14. Тимошевский, Б. Г. Эффективность термохимической конверсии углеводородных топлив применяемых в ДВС [Текст] / Б. Г. Тимошевский, М. Р. Ткач, А. Ю. Проскурин // *Вісник НУК*. – 2011. – № 3. – С. 36-42.

15. Експериментальне дослідження параметрів поршневого ДВЗ із системою термохімічної конверсії біоетанолу [Текст] / Б. Г. Тимошевський, М. Р. Ткач, О. С. Митрофанов [и др.] // *Двигатели внутреннего сгорания*. – 2011. – № 2. – С. 3–8.

16. Cherednichenko, O. Indicators of the gas turbine unit with the thermo-chemical heat regeneration [Текст] / O. Cherednichenko, O. Oschep // *MOTROL*. – 2013. – vol. 15, № 2. – С. 165–170.

17. Характеристики экспериментальной системы конверсии биоэтанола ДВС 2Ч 7,2/6 [Текст] / М. Р. Ткач, Б. Г. Тимошевский, А. С. Митрофанов [и др.] // *Двигатели внутреннего сгорания*. – 2013. – № 1. – С. 28–32.

18. Каменев, В. Ф. Теоретические и экспериментальные исследования работы двигателя на дизель-но-водородных топливных композициях [Текст] / В. Ф. Каменев, В. М. Фомин, Н. А. Хрипач // *Альтернативная энергетика и экология*. – 2005. – № 7 (27). – С. 32–42.

References

1. Cherednichenko, A. K. Kriterii vybora sostava ustanovki mobil'nogo energokompleksa [Criteria for selection of the mobile power complex installation composition]. *MOTROL*, 2010, no. 12A, pp. 7-14.

2. *Energy Efficiency related Rules and Regulations – EEDI and Ship Design. EEDI and other EEE Rules and Regulations*. Available at: http://laradi.fi/images/files/syyspaivat_2014/Deltamarin_Elg_EE_Rules_and_Regulations_-_EEDI.pdf.

3. Nosach, V.G. *Energiya topliva* [Fuel energy]. Kyiv, Naukova dumka Publ., 1989. 148 p.

4. Kesser, K. F. Hoffman, M. A., Baughn, J. W. Analysis of a Basic Chemically Recuperated Gas Turbine Power Plant. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 1994, vol. 116, pp. 277–284.

5. Carcasci, C. Facchini, B., Harvey, S. Design issues and performance of a chemically recuperated aero-derivative gas turbine. *Proc Instn Mech Eng.* – 1998, vol. 212, Part A, pp. 314–329.

6. Cocco D., Tola, V., Cau, G. Performance evaluation of chemically recuperated gas turbine (CRGT) power plants fuelled by di-methyl-ether (DME). *Energy*, 2006, no. 31, pp. 1446–1458.

7. Pratapas, J. M. Thermo Chemical Recuperation for Higher Efficiency and Lower Emissions from Reciprocating ICEngines (RICE). *4th Annual Advanced Stationary Reciprocating Engines Conference*, Downey (CA), 19 September 2007.

8. Shrayber, O. A., Yatsenko, V. P. Vykorystannya teplovykh vtorynykh enerhoresursiv metodom termokhimichnoyi reheneratsiyi u dvyhuni vnutrishn'oho zhoryannya [Using thermal waste energy recovery by thermochemical internal combustion

engine]. *Problemy zahal'noyi enerhetyky*, 2013, no. 4(35), pp. 47-51.

9. Kamenev, V. F., Kornilov, G. S., Khrpach, N. L. Gibridnoe avtotransportnoe sredstvo s energeticheskoi ustanovkoi, rabotayushchei na vodorodnom toplive [A hybrid vehicle with a power plant running on hydrogen fuel]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya*, 2004, no. 2(10). pp. 28-36.

10. Fumin, P., Hongtao, Z., Pingping, L., Ren, Y. Configuration Discussions of the Chemically Recuperated Gas Turbine Powering a Ship. *AMEI*, 2015, pp. 1701-1707.

11. Cherednichenko, A. K. Kompleksnoe issledovanie effektivnosti sudovykh energeticheskikh ustanovok gazovozov LNG s termokhimicheskoi regeneratsiei tepla [A comprehensive study of the effectiveness of ship power plants with LNG LNG thermochemical heat recovery]. *Tezy 9 Mizhnarodnoyi naukovykh tekhnichnoyi konferentsiyi "Problemy ekolohiyi ta enerhozberezhennya v sudnobuduvanni" – Proc. 9th International Scientific and Technical Conference "Problems of ecology and energy saving in shipbuilding"*. Mykolaiv, 2013, Available at: <http://conference.nuos.edu.ua>.

12. Timoshevskii, B. G., Tkach, M. R. *Motornye topliva iz polimernogo syr'ya: proizvodstvo i primenenie* [Motor fuel from polymeric materials: the production and use]. Kyiv, Den' pechati Publ., 2011. 290 p.

13. Timoshevskii, B. G., Tkach, M. R., Mitrofanov, A. S., Poznanskii, A. S., Proskurin, A. Y. Eksperimental'noe issledovanie osobennosti raboty iskrovogo DVS s sistemoi termokhimicheskoi parovoi konversii bioetanolu [Experimental research of work spark features the internal combustion engine with a system of bioethanol steam thermochemical conversion]. *MOTROL*, 2013, no. 15, pp. 157-163.

14. Timoshevskii, B. G., Tkach, M. R., Proskurin, A. Yu. Effektivnost' termokhimicheskoi konversii uglevodorodnykh topliv primenyaemykh v DVS [The effectiveness of hydrocarbon fuels thermochemical conversion used in internal combustion engines]. *Visnyk NUK*, 2011, no. 3, pp. 36-42.

15. Tymoshevs'kyi, B. H., Tkach, M. R., Mytrofanov, O. S., Poznans'kyi, A. S., Proskurin, A. Yu. Eksperymental'ne doslidzhennya parametriv porshnevoho DVZ iz systemoyu termokhimichnoyi konversiyi bioetanolu [Experimental study of the piston internal combustion engine parameters with a system of bioethanol thermochemical conversion]. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya*, 2011, no. 2, pp. 3-8.

16. Cherednichenko, O. Oschep, O. Indicators of the gas turbine unit with the thermo-chemical heat regeneration. *MOTROL*, 2013, vol. 15, no. 2, pp. 165–170.

17. Tkach, M. R., Timoshevskii, B. G., Mitrofanov, A. S., Poznanskii, A. S., Proskurin, A. Yu. Kharakteristiki eksperimental'noi systemy konversii bioetanolu DVS 2Ch 7,2/6 [Features ICE 2H 7.2/6 experimental bioethanol conversion system]. *Dvigateli*

vnutrennego sgoraniya, 2013, no. 1, pp. 28-32.

18. Kamenev, V. F., Fomin, V. M., Hripach, N. A. Teoreticheskie i eksperimentalnye issledovaniya raboty dvigatelya na dizelno-vodorodnykh toplivnykh

kompozitsiyah [Theoretical and experimental investigations of the engine on diesel-hydrogen fuel compositions] *Alternativnaya energetika i ekologiya*, 2005, no. 7(27), pp. 32-42.

Поступила в редакцию 3.06.2016, рассмотрена на редколлегии 16.06.2016

Рецензент: канд. техн. наук, д-р экон. наук, проф., зав. каф. тракторов и сельскохозяйственных машин, эксплуатации и технического сервиса В. И. Гавриш, Николаевский Национальный аграрный университет, Николаев, Украина.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕРМОХІМІЧНОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛА В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ УСТАНОВЦІ СУДНА КЛАСУ «РІКА-МОРЕ»

О. К. Чердніченко, М. Р. Ткач, Б. Г. Тимошевський, А. Ю. Проскурін

У статті подано аналіз вимог до енергетичних установок суден. Виявлено групи «визначаючих» критеріїв в залежності від цільової функції судна і визначена їхня пріоритетність. Визначена перспективність застосування термохімічної регенерації тепла в складі мобільних енергетичних комплексів, в тому числі суднових. Представлені основні положення математичної моделі енергетичної установки з термохімічною регенерацією. Наведено результати дослідження ефективності використання термохімічної регенерації тепла в судновій енергетичній установці, стосовно до суднових двигун-генераторів на базі ДВЗ потужністю 300...500 кВт. Дослідження дозволило виявити, що раціонально утилізувати для отримання синтез-газу шляхом конверсії біоетанолу від 32 до 50% теплоти відхідних газів. Результати досліджень можуть бути використані при проектуванні енергетичних установок стаціонарних та мобільних об'єктів, в тому числі суднових енергетичних установок.

Ключові слова: енергетична установка, регенерація тепла, етанол, двигун внутрішнього згоряння, синтез-газ, відхідні гази.

THERMOCHEMICAL HEAT RECOVERY EFFICIENCY OF THE "RIVER-SEA" SHIP POWER PLANTS

A. K. Cherednichenko, M. R. Tkach, B. G. Timoshevsky, A. Y. Proskurin

The paper analyzes the requirements for ships power plants. The groups of "defining" the criteria, depending on the target vessel function and prioritized. Identifying promising application of thermochemical heat recovery in mobile power systems, including marine. The main provisions of the mathematical model of the power plant with a thermo-chemical regeneration. The results of research on the effectiveness of using thermochemical heat recovery in the ship's power plant, in relation to the ship's engine-generators on the basis of the internal combustion engine capacity of 300 to 500 kW. The exploration revealed that efficiently disposed to produce synthesis gas by conversion of bio-ethanol from 32 to 50% of the heat of exhaust gases. The research results can be used in the design of power systems of stationary and mobile objects, including marine power plants.

Key words: power plant, heat recovery, ethanol, internal combustion engine, the synthesis gas, exhaust gases/

Чердніченко Александр Константинович – канд. техн. наук, доц. каф. судовых и стационарных энергетических установок Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: oleksandr.cherednichenko@nuos.edu.ua.

Ткач Михаил Романович – д-р техн. наук, проф., зав. каф. инженерной механики и технологии машиностроения Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: mykhaylo.tkach@gmail.com.

Тимошевський Борис Георгиевич – д-р техн. наук, проф., зав. каф. двигателей внутреннего сгорания Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: btym@mksat.net.

Проскурін Аркадій Юрьевич – преп. каф. двигателей внутреннего сгорания Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: arkadii.proskurin@nuos.edu.ua.

Cherednichenko Aleksandr Konstantinovich – Candidate of Technical Science, Assistant Professor of Dept. of Marine and Stationary Power Plants, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayv, Ukraine, e-mail: oleksandr.cherednichenko@nuos.edu.ua

Tkach Mykhaylo Romanovich – Doctor of Technical Science, professor, head of Dept. of Engineering Mechanics and Mechanical Technology, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayv, Ukraine, e-mail: mykhaylo.tkach@gmail.com.

Tymochevskyy Borys Georgievich – Doctor of Technical Science, professor, head of Dept. of Internal Combustion Engines, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayv, Ukraine, e-mail: btym@mksat.net.

Proskurin Arkady Yurevich – lecturer of Dept. of Internal Combustion Engines, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayv, Ukraine, e-mail: arkadii.proskurin@nuos.edu.ua.