



Міністерство освіти і науки України
Одеський національний морський університет
Навчально-науковий інститут морського флоту
Кафедра «Суднові енергетичні установки і технічна експлуатація»

За підтримкою судноплавної компанії «Укрферрі»



МАТЕРІАЛИ

III МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ МОРСЬКОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ КАФЕДРИ СЕУ І ТЕ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ МОРСЬКОГО ФЛОТУ ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

MPP&O-2021

Одеса – 2021

Конференція «Marine Power Plants and Operation 2021» (MPP&O-2021) присвячена 90-річному ювілею судномеханічного факультету Одеського національного морського університету та кафедри суднових енергетичних установок і технічної експлуатації (СЕУ і ТЕ).

Мета проведення конференції – аналіз актуальних проблем сучасної суднової енергетики і технічної експлуатації суднових енергетичних установок, а також супутніх тем; обмін досвідом колег технічних закладів вищої освіти і технічних фірм України та зарубіжжя.

Напрями конференції: технічна експлуатація суднових енергетичних установок; технічне обслуговування і ремонт суден; сучасні технології в двигунобудуванні; експлуатація суднового електрообладнання та засобів автоматики; морські гідротехнічні споруди; транспортні системи і морська логістика; підготовка фахівців морського транспорту.

The “Marine Power Plants and Operation 2021” (MPP&O-2021) conference is dedicated to the 90th anniversary of the Faculty of Marine Engineering of Odessa National Maritime University and the Department of Ship Power Plants and Technical Operation (SPP and TO).

The aim of the conference is to analyze actual problems of modern ship power engineering, technical operation of ship power plants and related topics; experience exchange of colleagues of Ukrainian and foreign technical universities and technical companies.

Directions of the conference: technical operation of marine power plants; maintenance and repair of ships; modern engine technology; operation of ship's electrical and automation equipment; marine hydraulic engineering constructions; transportation systems and maritime logistics; training of maritime transport specialists.

Конференция «Marine Power Plants and Operation 2021» (MPP&O-2021) посвящена 90-летию юбилею судомеханического факультета Одесского национального морского университета и кафедры судовых энергетических установок и технической эксплуатации (СЭУ и ТЭ).

Цель проведения конференции – анализ актуальных проблем современной судовой энергетики и технической эксплуатации судовых энергетических установок, а также сопутствующих тем; обмен опытом коллег технических заведений высшего образования и технических фирм Украины и зарубежья.

Направления конференции: техническая эксплуатация судовых энергетических установок; техническое обслуживание и ремонт судов; современные технологии в двигателестроении; эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики; морские гидротехнические сооружения; транспортные системы и морская логистика; подготовка специалистов морского транспорта.

**МАТЕРІАЛИ
ІІІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
МОРСЬКОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
КАФЕДРИ СЕУ І ТЕ ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36574.15681>

Квітень 2021

**MATERIALS OF
THE III INTERNATIONAL MARITIME SCIENTIFIC
CONFERENCE OF THE SHIP POWER PLANTS AND
TECHNICAL OPERATION DEPARTMENT
OF ODESSA NATIONAL MARITIME UNIVERSITY**

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36574.15681>

April 2021

**МАТЕРИАЛЫ
ІІІ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
МОРСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
КАФЕДРЫ СЭУ И ТЭ ОДЕССКОГО
НАЦИОНАЛЬНОГО МОРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36574.15681>

Апрель 2021

Конференція MPP&O-2021 внесена до переліку міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій здобувачів вищої освіти та молодих учених Міністерства освіти і науки України на 2021 рік: лист ІМЗО від 19.01.2021 № 22.1/10-83 «Про Перелік міжнародних, всеукраїнських науково-практичних конференцій здобувачів вищої освіти і молодих учених», с. 45, № 94



Одеса – 2021

УДК 37.091.12:005.745.08
МЗ4

МЗ4 Матеріали III Міжнародної науково-практичної морської конференції кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету, квітень 2021. – Х.: Видавництво Іванченка І. С., 2021. – 546 с.
ISBN 978-617-7879-69-4.

У збірнику представлено матеріали III Міжнародної науково-практичної морської конференції кафедри суднових енергетичних установок і технічної експлуатації (СЕУ і ТЕ) Одеського національного морського університету (МРР&О-2021). Конференцію було присвячено 90-річному ювілею судномеханічного факультету Одеського національного морського університету та кафедри суднових енергетичних установок і технічної експлуатації (СЕУ і ТЕ), висвітленню актуальних питань морської енергетики і супутніх тем.

УДК 37.091.12:005.745.08

Матеріали конференції не піддаються зовнішньому рецензуванню і публікуються згідно з поданими авторами оригіналами. Редакція не несе відповідальності за науковий зміст матеріалів. Редакція зберігає право на коректорську правку і зміну форматування зі збереженням авторського стилю і змісту опублікованого матеріалу.

ISBN 978-617-7879-69-4

©Одеський національний
морський університет, 2021.
©Кафедра СЕУ і ТЕ, 2021.

А. П. Марченко, В. О. Пильов, О. Ю. Лінков, С. В. Ликов. Аналіз причин задиру поршнів транспортних двотактних дизелів і можливі шляхи вирішення цієї проблеми	202
В. В. Кузнецов, А. П. Шевцов. Направления интенсификации процессов теплопередачи в элементах судовых энергетических установок для достижения их заданной эффективности	206
И. С. Романенко, А. В. Белогуб. Особенности моделирования рабочего процесса шестеренного насоса	210
В. А. Корогодський. Оцінка коефіцієнтів продувочного повітря й наповнення двотактного бензинового двигуна з зовнішнім та внутрішнім сумішоутворенням	213
А. П. Марченко, С. С. Кравченко, О. М. Бекарюк. Застосування ексергетичного методу для оцінки досконалості процесів в системі наддуву дизельного двигуна	217
M. Drbal, V. Píštěk, P. Kučera. Rotary Engine for Small Vessels	222
С. І. Сербін, Б. Т. Діасамідзе. Можливості застосування двопаливних газотурбінних двигунів для суден типу FPSO	225
О. М. Філіпчук, А. П. Шевцов. Підвищення техніко-економічної ефективності котельних установок при використанні технологій спалювання водопаливних емульсій	230
А. В. Кобзарук, Б. В. Смажило, В. И. Бабинец. Разработка и апробация усовершенствованного прессового соединения вал-ступица	237
С. С. Кравченко, М. С. Шелестов. Формування заданих характеристик і основних параметрів високофорсованого дизеля при впровадженні схеми двоступеневого наддуву	251
А. К. Чередниченко, М. Р. Ткач, В. С. Митенкова, Н. В. Коробейникова. Повышение энергетической эффективности круизных лайнеров путем использования термохимических систем утилизации	256
О. М. Лебедь. Температурний режим суднового електротехнічного комплексу	262
О. В. Білогуб, І. С. Романенко, О. В. Гудошник, С. О. Тристан, О. А. Глібко. Працездатність підшипників ковзання як опор шестерень основного паливного насосу ГТД	264
П. В. Чишкала. Основні методи діагностики стану суднового дизельного двигуна	268
М. П. Булгаков. Вимоги до чистоти циркуляційної оливи для судових двигунів з електронною системою керування	273
О. G. Kupraty. Program Code for Autonomous Main Engine Control in Programming Environment MATLAB	276
М. В. Володарець, І. В. Грицук. Особливості застосування нейронних мереж під час прогнозування витрат палива транспортними засобами в умовах експлуатації	283
М. П. Дерменжи. Удосконалення методів діагностування паливної апаратури судових дизелів	286

**POSSIBILITIES OF APPLICATION OF DUAL-FUEL GAS TURBINE
ENGINES FOR FPSO VESSEL****S. I. Serbin, B. T. Diasamidze***Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Mykolaiv)***ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДВУХТОПЛИВНЫХ
ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ СУДОВ ТИПА FPSO****С. И. Сербин, Б. Т. Диасамидзе***Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
(Николаев)*

Газові турбіни часто використовуються як суднові енергетичні установки для суден типу Floating production storage and offloading (FPSO). Проблема проектування та експлуатації суден типу FPSO є актуальною для морської, газової та нафтової промисловості. Прогноз на 2020–2024 рр. передбачає будівництво 60 нових суден FPSO з урахуванням того, що для 29 з них будуть закладені нові корпуси [1]. З одного боку, використання двопаливних газотурбінних двигунів (ГТД) з огляду призначення судна є одним із можливих напрямків підвищення маневреності енергетичної установки, наприклад при перебоях постачання палива. З іншого боку, забезпечення необхідних мінімальних викидів оксидів азоту, монооксиду вуглецю та незгорілих вуглеводнів [2] на основних режимах подачі газоподібного та рідкого палива є одним із нагальних завдань при розробці двопаливних ГТД. Камера згоряння ГТД є вузлом, що відповідає за ефективність процесів спалювання вуглеводневих палив, та досить часто визначає надійність роботи всього двигуна. Від якості проектування камери згоряння суднового ГТД залежить й ефективність подальшої експлуатації енергетичної установки [3]. Саме тому застосування тривимірної математичної моделювання фізико-хімічних процесів [4] у двопаливній камері згоряння ГТД є раціональним методом підвищення ефективності проектування, доведення та експлуатації суднової енергетичної системи.

В якості об'єкта дослідження обрано низькоемісійну камеру згоряння з попереднім перемішуванням паливо-повітряної суміші газотурбінного двигуна потужністю 25 МВт виробництва НВКГ «Зоря»-«Машпроект» [4, 5].

Для числових розрахунків 1/16 частини низькоемісійної камери згоряння використовувалась кінцево-різницева сітка, яка складається з 2,7 мільйонів тетраєдрів. Приймаються такі початкові умови: температура повітря на вході в камеру 770 К, тиск 2,0523 МПа, витрата повітря 4,355 кг/с, витрата рідкого палива на номінальному режимі 358,02 кг/год, витрата газоподібного палива на номінальному режимі 320,46 кг/год.

При моделюванні рідкого палива використовується спосіб впорскування палива «hollow-cone», що імітує розпилювання форсунок, які встановлено в зовнішньому та внутрішньому радіально-осьових завихрювачах. Загальними для всіх випадків прийнято параметри розпилювання дизельного палива: швидкість витікання крапель 15 м/с, температура палива 313 К, кут розпилювання палива 5°. Початкові діаметри крапель: від 5 до 75 мкм, з середнім діаметром 35 мкм. Відмітимо, що 95 % рідкого палива подається в осьовому напрямку через п'ятнадцять форсунок, розташованих у зовнішньому

завихрювачі, та 5 % палива – через п'ятнадцять форсунок, розташованих у внутрішньому завихрювачі.

Досліджувались режими одночасної роботи на рідкому та газоподібному паливах при різних співвідношеннях витрати палива через жарову трубу. Призначимо для зручності способам подачі палива номери: 100 % газоподібного палива – 1; 80 % газоподібного палива + 20 % рідкого палива – 2; 20 % газоподібного палива + 80 % рідкого палива – 3; 100 % рідкого палива – 4. Вхідні дані представлені в табл. 1, а витрати палива показані в табл. 2.

Таблиця 1 – Вхідні параметри камери згоряння на номінальному режимі

Назва параметру	Значення
1. Витрата повітря через жарову трубу, кг/с	4,35555
2. Тиск в камері, Па	2052300
3. Температура повітря на вході в камеру, К	770
4. Температура газоподібного палива на вході в камеру, К	309,6
5. Температура дистильного палива на вході в камеру, К	313

Таблиця 2 – Витрати палива через жарову трубу для досліджуваних способів подачі

Спосіб подачі палива	Витрата палива через жарову трубу, кг/с			
	Газоподібне		Рідке	
	Зовнішній завихрювач, кг/с	Внутрішній завихрювач, кг/с	Зовнішній завихрювач, кг/с	Внутрішній завихрювач, кг/с
1	0,08456710	0,00445090	0	0
2	0,06765368	0,00356072	0,00112756	0,00005935
3	0,01889550	0,00099450	0,005038801	0,00026520
4	0	0	0,09447750	0,00497250

Параметри продуктів згоряння у вихідному перерізі жарової труби (середня температура газів T_{exit} , масова концентрація оксидів азоту NO та монооксиду вуглецю CO) представлені в табл. 3.

Таблиця 3 – Параметри камери згоряння у вихідному перерізі

Спосіб подачі палива	1	2	3	4
T_{exit} , К	1564	1548	1564	1565
NO, мг/нм ³	4,59	2,389	31,824	49,823
CO, мг/нм ³	0,0438	15,511	20,336	24,452

На рис. 1 показано контури температури в поздовжньому перерізі двопаливної камери згоряння для чотирьох режимів подачі газоподібного та рідкого палива. Видно, що процеси згоряння палива у випадках подачі газоподібного палива завершуються швидше, про що свідчить більша наповненість первинної зони продуктами згоряння з високими температурами. Зі збільшенням кількості рідкого палива фронт полум'я концентрується в зонах, що відповідають траєкторіям руху крапель палива, які поступово випаровуються і згорають у потоці.

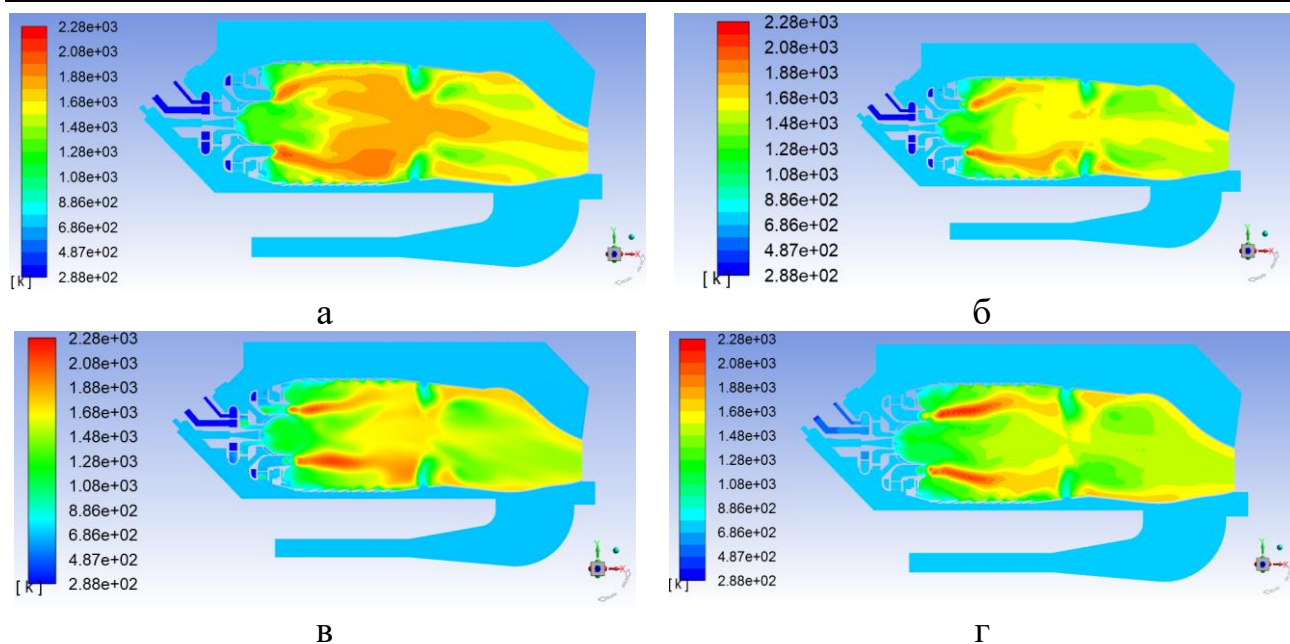


Рис. 1 – Розподіл температур повздовж жарової труби камери згоряння при різних способах подачі палива: а – 1; б – 2; в – 3; г – 4

На рис. 2 показано контури масових часток оксидів азоту NO у поздовжньому перерізі жарової труби двопаливної камери згоряння для чотирьох режимів подачі газоподібного та рідкого палива. У разі подачі лише газоподібного палива (режим роботи 1) утворення оксидів азоту незначне. Зі збільшенням кількості рідкого палива концентрації оксидів азоту зростають, і їх максимальна кількість спостерігається в первинній зоні камери згоряння в зоні фронту полум'я. Це підтверджує, що основним механізмом утворення оксидів азоту є термічний, який визначається максимальними температурами у фронті полум'я.

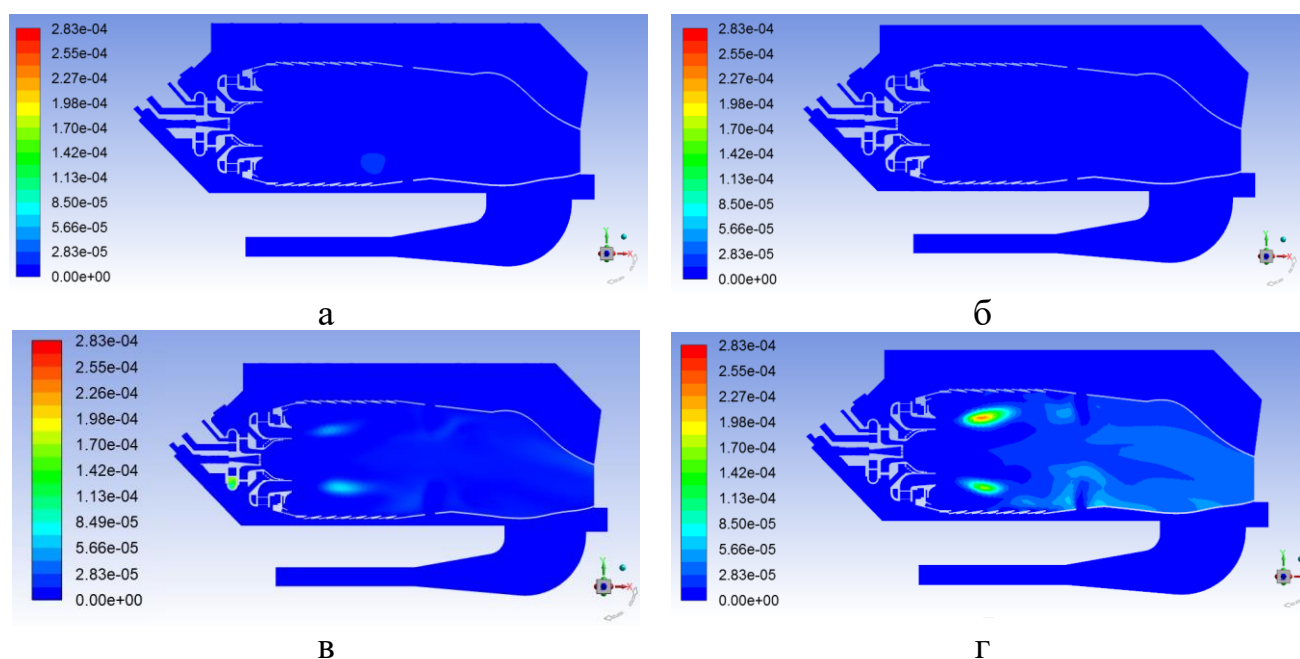


Рис. 2 – Розподіл масових часток оксиду азоту повздовж жарової труби камери згоряння при різних способах подачі палива: а – 1; б – 2; в – 3; г – 4

Висновки: 1. Отримано розподіл температур, концентрацій продуктів повного згоряння та токсичних компонентів у двопаливній низькоемісійній камері згоряння газотурбінного двигуна для судна типу FPSO при роботі на рідкому та газоподібному паливах.

2. Тривимірне моделювання дозволило виявити тенденції утворення токсичних компонентів на перехідних режимах згоряння від газоподібного до рідкого палива. Для режимів із більшим вмістом газоподібного палива розрахункові концентрації оксидів азоту NO у вихідному перерізі жарової труби становлять 2,4–4,6 мг/нм³ та монооксиду вуглецю 0,04–15,5 мг/нм³. Для режимів із більшим вмістом рідкого палива розрахункові викиди оксидів азоту NO становлять 31–50 мг/нм³ та монооксиду вуглецю 20–24 мг/нм³ відповідно.

3. Отримані розрахункові концентрації основних токсичних компонентів двопаливної камери згоряння ГТД відповідають сучасним європейським вимогам щодо викидів токсичних компонентів.

Література

1. Duggal, A., & Minnebo, J. (2020, May). The Floating Production, Storage and Offloading System—Past, Present and Future. In *Offshore Technology Conference*. Offshore Technology Conference.

2. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (2010): *Official Journal of the European Union*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0075>.

3. Романовський, Г. Ф., Сербін, С. І. (2002). Екологічно чисті камери згоряння газотурбінних установок: Навчальний посібник. Миколаїв: УДМТУ.

4. Serbin, S. I., Matveev, I. B., Mostipanencko, G. B. (2011). Investigations of the working process in a “Lean-Burn” gas turbine combustor with plasma assistance. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 39(12), 3331–3335.

5. Сербін, С., Мостіпаненко, Г. (2006). Числове моделювання процесів горіння в експериментальному відсіку гібридної камери згоряння ГТД потужністю 25 МВт. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування». (5), 59–67.

Відомості про авторів

Сербін Сергій Іванович – д.т.н., професор, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Миколаїв).

Діасамідзе Бадрі Тенгізович – аспірант кафедри турбін, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Миколаїв).

Information about authors

Serbin Serhiy Ivanovych – Doctor of Sciences, Professor, Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Mykolaiv).

Diasamidze Badri Tengizovych – Ph.D.-student, Turbine Department, Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Mykolaiv).

Сведения об авторах

Сербин Сергей Иванович – д.т.н., профессор, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Николаев).

Диасамидзе Бадри Тенгизович – аспирант кафедры турбин, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Николаев).

УДК 621.036.07

**ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНОЛОГІЙ
СПАЛЮВАННЯ ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ**

О. М. Філіпшук*, А. П. Шевцов**

**Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, **Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Миколаїв)*

**IMPROVING TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF BOILER
PLANTS USING COMBUSTION TECHNOLOGIES OF WATER FUEL
EMULSIONS**

O. M. Filipshchuk*, A. P. Shevtsov**

**Kherson branch of the Admiral Makarov National University of Shipbuilding, **Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Mykolaiv)*

**ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ
СЖИГАНИЯ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ**

А. Н. Филиппук*, А. П. Шевцов**

**Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, **Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Николаев)*

З метою досягнення підвищення техніко-економічних, екологічних і експлуатаційних показників енергетичних установок (особливо двигунів внутрішнього згоряння) застосовується метод фізико-хімічного регулювання на основі застосування альтернативних палив шляхом зміни фізично-хімічних властивостей і складу палив, вводу каталітичних неорганічних речовин у камеру згоряння, насичення палива повітрям, воднем, нафтовим газом, а також упорскування води (або пари) і спалювання водопаливної емульсії (ВПЕ).

При спалюванні водопаливних емульсій при вмісті прісної води до 15...25 % за рахунок поліпшення процесів горіння економія чистого палива в котлах досягає до 6...25 %, а в ДВЗ до 4...9 %. Хоча існують публікації і з негативними показниками. Збільшення вмісту води в емульсії до 30...50 % призводить до зменшення вмісту токсичних компонентів (NO_x , SO_x , CO , бенз(а)пірену) в 2...3 рази. При водовмісті 25...30 % має місце зниження інтенсивності низькотемпературної сірчано-кислотної корозії (НТК).

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ

**III МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
МОРСЬКОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
КАФЕДРИ СЕУ І ТЕ
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

MPP&O-2021

Квітень 2021 року

Відповідальний за випуск *Варбанець Р. А.*
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *Кирилай О. І.*

Підписано до друку 13.04.2021 р.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Друк цифровий.
Умовн. друк. арк. 31,7.
Тираж 100 прим. Зам. № 13-04.

Видавництво та друк
ФОП Іванченко І. С.
пр. Тракторобудівників, 89-а/62, м. Харків, Україна, 61135.
тел.: +38 (050/093) 40-243-50.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виготівників та розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 4388 від 15.08.2012 р.
monograf.com.ua

