

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
ДП «Дослідно-проектний центр кораблебудування»
Одеський національний морський університет
Херсонська державна морська академія
ДП Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»–«Машпроект»
Регістр судноплавства України
Харбінський інженерний університет (Китай)
Університет науки і технологій Цзянсу (Китай)
Західнопоморський технологічний університет (Польща)
Батумський навчально-навігаційний університет (Грузія)
MV WERFTEN Wismar GmbH (Німеччина)

МАТЕРІАЛИ

X МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

СУДНОВА ЕНЕРГЕТИКА: СТАН ТА ПРОБЛЕМИ

4–5 листопада 2021 року



Видавничий дім
«Гельветика»
2021

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова: *Трушляков Є.І.* – д.т.н., проф. (Україна)

Заступники голови: *Павлов Г.В.* – д.т.н., проф. (Україна); *Сербін С.І.* – д.т.н., проф. (Україна); *Горбов В.М.* – к.т.н., проф. (Україна)

Вчений секретар: *Мітєнкова В.С.* – к.т.н, доцент (Україна)

Члени оргкомітету: *Белоусов Є.В.* – д.т.н., доц. (Україна); *Варбанець Р.А.* – д.т.н., проф. (Україна); *Грицук І.В.* – д.т.н., проф. (Україна); *Димо Б.В.* – к.т.н., проф. (Україна); *Радченко М.І.* – д.т.н., проф. (Україна); *Ткач М.Р.* – д.т.н., проф. (Україна); *Ся Гуйхуа* – prof (КНР); *Хведелидзе П.Г.* – д.т.н. проф. (Грузія); *Чередніченко О.К.* – д.т.н., доц. (Україна); *Чобенко В.Н.* – к.т.н. (Україна); *Шостак В.П.* – к.т.н., проф. (Україна); *Gershanik V.I.* – DSc (Німеччина); *Stachel A.A.* – DSc, Prof (Польща); *Themelis N.J.* – PhD (США)

Матеріали публікуються за оригіналами, поданими авторами. Претензії до організаторів не приймаються.

Відповідальний за випуск Горбов В.М.

Суднова енергетика: стан та проблеми : Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції, 4–5 листопада 2021 року. – Миколаїв : Видавничий дім «Гельветика», 2021. – 358 с.
ISBN 000–000–000–000–0

У збірнику наведені матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції, яка відбулась у Національному університеті кораблебудування (м. Миколаїв) 4–5 листопада 2021 року. Розглянуто різні аспекти науково-технічних, організаційних та екологічних питань, пов'язаних з дослідженням, проектуванням, виготовленням та експлуатацією суднових енергетичних установок суден різного призначення, дослідженням робочих процесів у елементах суднових енергетичних установок, а також шляхам удосконалення підготовки фахівців з суднової енергетики у вищих навчальних закладах. Матеріали збірника можуть бути корисними для науковців, інженерно-технічних працівників, викладачів, студентів та аспірантів.

УДК 629.12.03

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

<i>Trushliakov E., Radchenko M., Bohdal T., Tkachenko V., Tsaran F.</i> Increasing Performance of Air Conditioning System in Actual Climatic Conditions.....	9
<i>Serbin S., Burunsuz K., Chen D., Zongming Y.</i> Characteristics of a Combustion Chamber of a Gas Turbine Engine Operating on Associated Gas.....	12
<i>Гершаник В. И.</i> Оценка воздействия круизного судна на окружающую среду	15
<i>Варбанець Р.А., Кирнац В.І., Холденко В.І., Александровська Н.І.</i> Моделювання робочого процесу за даними систем DEPAS та IMES. Діагностика циліндрового змащування.....	20
<i>Нікончук С.В.</i> Влияние процесса декарбонизации топлива и выбросов на современный рынок судостроения и процесс подготовки молодых специалистов.....	22
<i>Чередніченко О.К.</i> Адаптація об'єктно-орієнтованих підходів до розв'язання задач дослідження енергетичних установок морських об'єктів нафтогазовидобування	24
<i>Коробко В.В.</i> Термоакустичні системи енергозбереження в судновій енергетиці	29
<i>Горбов В.М., Мітєнкова В.С.</i> Нариси з історії конференції «Суднова енергетика: стан та проблеми»	33

Секція № 1. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

<i>Патлайчук В.М., Патлайчук О.В., Борщов О.М.</i> Розробка конструкції газотурбінного агрегату з ежекційним перерозширенням газу в турбіні	51
<i>Патлайчук В.М., Пустовойченко А.Є., Борщов О.М.</i> Методика теплового розрахунку газотурбінного агрегату з ежекційним перерозширенням газу в турбіні	55
<i>Погорлецький Д.С., Голота Є.С.</i> Модернізація системи охолодження гідравлічної рідини суднового крану Macgregor	58

АБХМ	
<i>Morhun S. Gas turbine engine rotors forced vibration under the non-stationary real gas flow load study.....</i>	189
<i>Семенов М.М., Шаповалов Ю.О., Костенко В.А. Дослідження деаераторів при модернізації котельні теплопродуктивністю 4,2 МВт.....</i>	191
<i>Семенов М.М., Шаповалов Ю.О., Дмитрієв Р.Ю. Дослідження методів експлуатаційного контролю метала трубопроводів при модернізації систем головних циркуляційних насосів АЕС</i>	194

Секція № 3. ЕНЕРГООЩАДНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУДНОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

<i>Боду С.Ж., Чікал М.А. Зміцнення шліцьових елементів методами поверхневого пластичного деформування.....</i>	199
<i>Животовский В.А., Минчев Д.С. Перспективы использования морских судов с электрическими СЭУ</i>	202
<i>Kornienko V. Modeling the pollution processes on the low-temperature surfaces of exhaust gas boilers with water-fuel emulsion combustion</i>	207
<i>Корнелюк О.М. Проблеми прийняття проектних рішень при проектуванні гребних гвинтів у складі пропульсивної установки судна</i>	210
<i>Кузнецов В.В., Шевцов А.П. Підвищення ефективності і компактності суднових енергетичних установок інтенсифікацією теплопередачі в їх елементах</i>	214
<i>Lytosh O.V. Features application and improvement of hermetic compressor units of shipboard equipment of air conditioning and refrigeration</i>	217
<i>Тихонов Б.А., Личко Б.М., Рязанцев П.А. Аналіз застосування роторів Флеттнера у якості допоміжних суднових рушіїв для контейнеровоза</i>	223
<i>Мадей В.В. Забезпечення екологічності роботи суднових дизелів під час використання біопалива</i>	227
<i>Мар'янов Д.М. Підтримка густини та седиментаційної стійкості технічних рідин, що транспортуються морськими суднами.....</i>	231
<i>Ніколаєв О.Л., Поліщук В.А., Сич А.В., Ніколаєнко Є.О., Руденко М.Ю. Удосконалення технології виготовлення косозубих коліс та конічних шестерень</i>	235
<i>Новошицький А.В., Бражник І.Б., Рибальченко В.П., Тусова І.В. Технологія перфорування тонкостінних деталей суднових конструкцій</i>	239
<i>Подгуренко В.С., Терехов В.Е. Повышение эффективности эксплуатации ветровых электрических установок</i>	243
<i>Гришук І.В., Погорлецький Д.С., Худяков І.В., Акімов О.В., Білай А.В. Теплова підготовка двигуна суднової енергетичної установки портового буксиру.....</i>	247
<i>Поліщук В.А., Ніколаєв О.Л., Зомов Я.А., Кобельчук О.О. Аналіз системи показників динамічної якості верстатних пристосувань для механічної обробки деталей</i>	253
<i>Проскурін А.Ю., Довбенко М.М., Цуркан І.О., Матвеев В.В., Куліков А.М. Підвищення ефективності роботи системи живлення газодизельних двигунів</i>	257
<i>Ратушняк І.О., Гнатюк С.О. Очищення забруднених суднових вод адсорбентами із відходів виробництва.....</i>	259

[4] Dorosh V.S. Vysokooborotnyj germetichnyj kompressor dlya sudovyh avtonomnyh kondicionerov [High-speed hermetic compressor for marine autonomous air conditioners] / V.S. Dorosh, Yu.K. Kolomiec, B.D. Redkozub // Holodilnaya tehnika. – 1975. – № 2. – S. 8 – 10.

[5] Dorosh V.S. Novyj ryad vysokooborotnyh germetichnyh holodilnyh kompressorov dlya sudovyh avtonomnyh kondicionerov [A new range of high-speed hermetic refrigeration compressors for marine autonomous air conditioners] / V.S. Dorosh, V.I. Gidulyan, V.Yu. Zaharov, Yu.K. Kolomiec // Holodilnaya tehnika. – 1983. – № 5. – S. 19–23.

[6] Yefektivne spivrobotnictvo [Effective cooperation] // Holod.– 2007. №3. – S. 36–37.

[7] Dorosh V.S. Germetichnye holodilnye mashyny dlya provizionnyh kladovyh [Hermetic refrigeration machines for food pantrys] / V.S. Dorosh, I.A. Nazarenko, E.V. Lytosh // Holodilnaya tehnika i tehnologiya. – Odessa: OGAH, 2005. – № 4 (96). – S.62 – 64.

УДК 629.5

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ РОТОРІВ ФЛЕТТНЕРА У ЯКОСТІ ДОПОМІЖНИХ СУДНОВИХ РУШІЇВ ДЛЯ КОНТЕЙНЕРОВОЗА

Тихонов Б. А.

*магістр кафедри експлуатації СЕУ та ТЕ
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна*

Личко Б.М.

*кандидат технічних наук, доцент кафедри експлуатації СЕУ та ТЕ
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна*

Рязанцев П.А.

*інженер-механік, випускник кафедри експлуатації СЕУ та ТЕ
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна*

Анотація. Міжнародна морська організація (ІМО), що регулює міжнародне судноплавство, бореться з тим, як контролювати викиди парникових газів (ПГ) з суден з 1997 року. Початкова стратегія передбачає підвищення оперативної ефективності міжнародних морських перевезень як середнього показника по флоту щонайменше на 40% до 2030 р. (порівняно з рівнями 2008 р.). В останні роки вітрила ротора використовувались на декількох комерційних судах, з одним новим корпусом і щонайменше трьома переобладнаннями лише в 2018 році, включаючи круїзне судно Viking Grace на 2800 пасажирів, загальне вантажне судно Pollux та танкер Maersk Pelican. Порівняльний аналіз показує, що застосування ротора Флеттнера у якості допоміжних рушіїв дозволить зменшити викиди в атмосферу за рахунок економії палива до 7,5%, що також призведе до економії фінансових витрат на паливо.

Ключові слова: ротори Флеттнера, альтернативні види енергії, зменшення викидів.

Основна частина. Німецьким авіаційним інженером і винахідником Антоном Флеттнером та його співвітчизником фізиком Генріхом Густавом Магнусом було встановлено, що при обертанні циліндра в потоці повітря виникає поперечна сила з напрямком, що залежать від напрямку обертання циліндра (ефект Магнуса). Він встановив на метрову випробувальну шлюпку паперовий циліндр-ротор висотою близько метра і діаметром 15 см, а для його обертання пристосував годинниковий механізм і шлюпка рушила з місця.

У 1924 році на 54-метровій шхуні «Букау» замість трьох щогл були змонтовані два роторних циліндра. Ці циліндри обертав дизельний генератор потужністю 45 л.с. Ротори «Букау» оберталися від електродвигунів. Власне, ніякої відмінності від класичних дослідів Магнуса в конструкції не було. З боку, де ротор обертався назустріч вітру, створювалася область підвищеного тиску, з протилежного – зниженого. Результуюча сила і рухала судно.

Одним з найвідоміших кораблів з вітряними роторами є E-Ship 1, який був спеціально побудований з чотирма вітровими вітрилами для транспортування лопатей вітрових турбін, веж та обладнання німецького виробника вітрогенераторів Enercon.

Наведена нижче методика у скороченому стані розроблена для ротора Флеттнера висотою 25 м (h) та діаметром 4,2 м (d) із співвідношенням сторін (відношення висоти ротора до діаметра ротора) 6. Змінні та координати визначені та названі на рисунку 1.

- F_x та F_y – це система, що генерується силами повітря.
- X і Y представляють глобальні координати, в яких рухається судно.
- x і y представляють місцеві координати.
- λ – кут дрейфу.
- γ – напрямок справжнього вітру.
- β – напрямок уявного вітру.

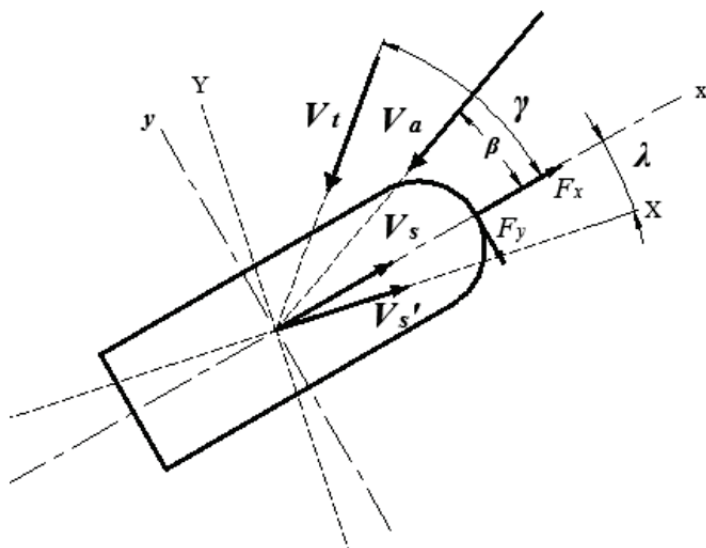


Рисунок 1. Розглянуті системи координат, сили та кути

Швидкість уявного вітру V_a визначається рівнянням:

$$V_a = \sqrt{V_t^2 + V_s^2 - 2V_t V_s \cos \gamma}$$

Для обчислення сумарної потужності, необхідної для обертання ротора, визначається сила тертя F_f задана рівнянням:

$$F_f = c_f \cdot \rho_A \cdot \frac{U_{rot}^2}{2} \cdot A_r$$

Потужність, необхідна для обертання ротора P_{con} , розраховується як:

$$P_{con} = F_f \cdot U_{rot}$$

Потужність системи (P_s) у напрямку судна обчислюється перемноженням F_x і швидкості судна V_s :

$$P_s = F_x \cdot V_s$$

Чиста вихідна потужність (P_{net}) системи:

$$P_{net} = (P_s - P_{con}) \times \eta_s$$

Початкові розрахунки проводяться з урахуванням вищезазначених констант та з рівнянь, згаданих раніше, при справжній швидкості вітру 5 м/с і швидкості судна 15 вузлів (або 7,71 м/с) при всіх справжніх кутах вітру від 0° до 360°. Продуктивність ротора Флеттнера залежить від швидкості судна, швидкості вітру, справжнього кута вітру та інших аеродинамічних параметрів, таких як коефіцієнт підйому, коефіцієнт опору та коефіцієнт обертання.

У таблиці нижче наведені дані для подальшої оптимізації результатів розрахунків та визначення чистого ефекту від роторів Флеттнера у реальних умовах.

Кут напрямку справжнього вітру, °	Кут напрямку справжнього вітру відносно руху судна, °	Ймовірність напрямку вітру, %			Чистий ефект від ротору Флеттнера, кВт		
		5 м/с	10 м/с	15 м/с	5 м/с	10 м/с	15 м/с
0	315	2,4	4,9	4,1	-6556	4782	3101
45	0	3,4	3,0	2,0	-185	-76	-19
90	45	2,8	1,1	1,9	-6556	4782	3101
135	90	3,1	1,0	2,5	5445	-277	-7891
180	135	2,7	2,9	2,9	12016	16505	-11268
225	180	3,1	5,0	4,5	-613	-1407	-1407
270	225	3,3	4,6	5,4	12016	16505	-11268
315	270	3,7	7,9	8,2	5445	-277	-7891

Згідно з результатів таблиці, у 54,1% випадків ефект є негативним, а в 32,3% випадків приносить ефект в залежності від швидкості та куту вітру.

Для контейнеровоза дедвейтом 65000 тонн з ГД потужністю 27700 кВт встановлення двох роторів Флеттнера висотою 12,5 м і діаметром 2,1 м дозволить знизити витрату палива та витрати на нього на рейсовій лінії 10000 миль у розмірі 223 т або 134 тис. дол., що становить 7,5% від загальної витрати палива та витрат на нього.

Література:

1. Проектування пропульсивної установки суден з прямою передачею потужності на гвинт / В.П.Шостак, В.І.Гершанік, В.П.Кот, М.С.Бондаренко; за ред. В.П.Шостака: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 1997. – 57 с.
2. В.П.Шостак. Потoki енергії в дизельних установках морських суден: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 328 с.
3. The use of Flettner rotors in efficient ship design / Pearson, D.R. / 2014 / London, The Royal Institute of Naval Architects

ANALYSIS OF THE USE OF FLETTNER ROTORS AS AUXILIARY PROPELLERS FOR THE CONTAINER SHIP CCNI IQUIQUE

B.A. Tyhonov, B.M. Lychko, P.A. Riazantsev
Admiral Makarov National University of Shipbuilding

Abstract. The International Maritime Organization (IMO), which regulates international shipping, has been struggling to control greenhouse gas (GHG) emissions from ships since 1997. The initial strategy envisages increasing the operational efficiency of international maritime transport as a fleet average by at least 40% by 2030 (compared to 2008 levels). In recent years, rotor sails have been used on several commercial vessels, with one new hull and at least three conversions in 2018 alone, including the 2,800-passenger Viking Grace cruise ship, the Pollux general cargo ship and the Maersk Pelican tanker. Comparative analysis shows that the use of the Flettner rotor as auxiliary propulsion will reduce emissions by saving fuel by up to 20%, which will also save financial fuel costs.

Key words: Flettner rotors, alternative energy sources, emission reductions.