

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА  
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ  
ПІВДЕННИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР НАН УКРАЇНИ  
ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ  
У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ  
ДП «ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ ЦЕНТР КОРАБЛЕБУДУВАННЯ»  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ»  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРБІНСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (КИТАЙ)  
УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ЦЗЯНСУ (КИТАЙ)  
ГДАНСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)  
ЗАХІДНО-ПОМЕРАНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)  
КОШАЛІНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)  
БАТУМСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАВІГАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ГРУЗІЯ)  
МОРСЬКЕ ІНЖЕНЕРНЕ БЮРО  
АТ «ЗАВОД «ЕКВАТОР»  
КОМПАНІЯ «АМІКО ГРУПП»  
ДП «ДЕЛЬТА-ЛОЦМАН»  
ТОВ "ЮСК СЕРВИС"  
ТОВ «ЕВЕРІ»

# ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

## МАТЕРІАЛИ

X міжнародної науково-технічної конференції

Том 1.

26 – 28 вересня 2019 р.

*Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова  
просп. Героїв України, 9 м. Миколаїв*

Миколаїв, НУК, 2019

УДК 001.895:629.5  
И66

## ОРГАНІЗАТОРИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА  
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ  
ПІВДЕННИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР НАН УКРАЇНИ  
ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ  
У МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ  
ДП «ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ ЦЕНТР КОРАБЛЕБУДУВАННЯ»  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ»  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРБІНСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (КИТАЙ)  
УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ЦЗЯНСУ (КИТАЙ)  
ГДАНСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)  
ЗАХІДНО-ПОМЕРАНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)  
КОШАЛІНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)  
БАТУМСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАВІГАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ГРУЗІЯ)  
МОРСЬКЕ ІНЖЕНЕРНЕ БЮРО  
АТ «ЗАВОД «ЕКВАТОР»  
КОМПАНІЯ «АМІКО ГРУПП»  
ДП «ДЕЛЬТА-ЛОЦМАН»  
ТОВ "ЮСК СЕРВИС"  
ТОВ «ЕВЕРІ»

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

**Відповідальний за випуск:**  
Блінцов Володимир Степанович

**И66** **Інновації** в судобудуванні та океанотехніці : Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції. у 2 томах. Т. 1 — Миколаїв : НУК, 2019. — 628 с.

**ISBN 978-966-321-368-2**

У збірнику наведені матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в судобудуванні та океанотехніці». Збірник становить інтерес для наукових працівників, викладачів, інженерів та студентів.

**УДК 001.895:629.5**

ISBN 978-966-321-368-2

© Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова, 2019

УДК 621.438

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ КАТЕРА НА ПОВІТРЯНІЙ ПОДУШЦІ ВОДОТОННАЖНІСТЮ 150 Т

**Патлайчук В.М., канд. техн. наук, доцент, Гаращенко О.Ф., студент гр.6231мз**

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова*

Україна, м. Миколаїв

rcvprc@gmail.com

**Анотація.** Розроблена конструкція енергетичної установки катера на повітряній подушці водотоннажністю 150 т. Визначені енерговитрати на підтримку катера на поверхні води та для забезпечення горизонтального його переміщення. Виконаний аналіз залежності сумарного опору руху, розподілу складових опорів руху катера та необхідної потужності головної енергетичної установки катера від його швидкості.

**Ключові слова:** енергетична установка; катер на повітряній подушці; опір руху; газотурбінний двигун; потужність.

Головною перевагою суден на повітряній подушці, порівняно з водотоннажними суднами, є рух зі значною швидкістю при суттєво меншій необхідній потужності енергетичної установки. Чималі швидкості руху (35...40 вузлів та вище) таких суден зумовлюють їх високу енергонасиченість, яка для амфібійних катерів повинна становити не менше 50...100 кВт/т. З цієї причини удосконалення енергетичної установки такого судна з метою підвищення її ефективності, зниження розмірів та маси є актуальним і становить один з напрямків розвитку сучасної суднової енергетики.

Відповідно до поставленої мети були визначені завдання, об'єкт, предмет та метод дослідження. У ролі базової для проектування обрано конструкцію енергетичної установки катера на повітряній подушці проекту 12061 "Мурена" – швидкісного палубного катера амфібійного типу, який має повну водотоннажність – 150 т, найбільшу довжину – 32 м, найбільшу ширину – 15 м, швидкість повного ходу – 55 вузлів, дальність плавання – 200 миль, екіпаж – 12 чол.

Виходячи з аналізу вихідних даних до проектування та характеристик базового катера, зроблений висновок про те, що енергетична установка проектуемого катера повинна складатися з головної та допоміжної.

Головна установка має забезпечувати рух катера і його маневрування у всіх специфікаційних режимах. На практиці для суден на повітряній подушці у ролі головних, як правило, використовують конвертовані в суднові авіаційні газотурбінні двигуни (ГТД), спеціально створені легкі морські газотурбінні двигуни або в дуже рідких випадках високообертові дизельні двигуни [3].

При виборі типу головного двигуна особливу увагу приділяють ремонтпридатності енергетичної установки, і зокрема швидкості монтажу головного двигуна та інших основних агрегатів з метою їх заміни, що є важливим у зв'язку з обмеженими габаритами машинного відділення й великою щільністю розміщення механізмів.

Найбільш придатними для використання у ролі головних за вагою і габаритами є газотурбінні двигуни. Однак вони мають обмежений ресурс, порівняно високу вартість та потребують обов'язкового захисту від морської води, піску, пилу і т. п.

Позитивною якістю газотурбінних двигунів є те, що вони працюють на дизельному паливі, яке є менш вибухонебезпечним видом палива. Встановлення двигунів, які працюють на бензині, вкрай небажане через пожежну небезпеку. Ще однією перевагою ГТД перед іншими двигунами є швидкий запуск і вивід його на номінальний режим потужності протягом приблизно 60...120 с. Для порівняння, час запуску високообертового дизельного двигуна становить 5...6 хв [2].

Використання легких високообертових дизелів з водяним охолодженням поки що ускладнене також внаслідок необхідності створення повітряних охолоджувачів. Однак на судах, не призначених для виходу на берег, катерні дизелі можна з успіхом використовувати.

Перевагами газотурбінних двигунів перед дизелями є високі значення агрегатної потужності (до 30 МВт і більше) і мала питома маса (0,15...0,50 кг/кВт). В той же час у існуючих ГТД питома витрата палива трохи перевищує цей параметр високообертових дизелів. Також зменшення потужності любого ГТД в порівнянні з номінальною призводить до значного збільшення питомої витрати палива. Газотурбінна установка суден на повітряній подушці повинна мати мінімальні масу, габарити та питому витрату палива на експлуатаційних

режимах, які відповідають крейсерській швидкості; простоту обслуговування й керування; гарну прийомистість та розвивати необхідну потужність.

Відносно невеликої маси газотурбінних двигунів дозволяють створювати енергетичні установки суден на повітряній подушці, які не перевищують 20 % водотоннажності й здатні надавати судну швидкість до 60 вузлів.

На величину повної маси енергетичної установки суден на повітряній подушці основний вплив має питома маса, величина якої в установках різних типів відрізняється в десятки разів. Тому, визначаючи тип двигунів для цього типу суден, необхідно віддавати перевагу більш легким, хоч вони й мають трохи підвищену витрату палива. Останнім часом збільшились вимоги щодо випускних газів та забруднення навколишнього середовища, що теж значною мірою вплинуло на вибір енергетичної установки при проектуванні. Газотурбінні двигуни мають такі параметри по шкідливим викидам:  $\text{NO}_x = 50 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{CO}_x = 150 \text{ мг/м}^3$ , що набагато менше, ніж у високооборотних дизелів, які дорівнюють  $500 \text{ мг/м}^3$  по  $\text{NO}_x$ .

Умови експлуатації ГТД на суднах розглядаємого типу дуже важкі через часті зміни потужності від холостого ходу до номінального режиму, високі загрузки та напруження, що зумовлено більшою густиною повітря безпосередньо над водою і особливо внаслідок впливу морської води. Вологе повітря з домішками солей лужних металів сприяє посиленій корозії деталей і зниженню потужності в результаті засолення компресора. Отже, необхідно передбачати пристрої для сепарації повітря і спеціальні системи для очищення проточних частин двигунів від забруднення. Водовідділювачі на повітрязаборному тракті можуть бути побудовані за принципом сітчатих фільтрів чи інерційних сепараторів, в яких вода відділяється за рахунок зміни напрямку руху повітря.

Зниження рівня шумності ГТД досягається застосуванням шумозахисних кожухів, які встановлені на спеціальні амортизовані опори, покриттям фундаментів звукоізолюючими матеріалами і т. д. Врахувавши навіть всі переваги та недоліки цих двигунів ми бачимо, що набагато доцільніше використовувати газотурбінні двигуни.

Застосовуючи ГТД на суднах на повітряній подушці, необхідно враховувати такі їх особливості [5]:

- зниження потужності двигуна при підвищенні температури навколишнього середовища;
- чутливість до можливих порушень у роботі повітрязабірників (наприклад, заліденіння);
- необхідність подачі значної кількості повітря до двигунів;
- порівняно високий рівень повітряної шумності;
- чутливість ГТД до забруднення палива і повітря, яке подається в камеру згоряння, пошкоджень компресора у випадку попадання сторонніх предметів (наприклад, кусків льоду) і т. п.

Відповідно до вищенаведеного, обираємо у ролі головної газотурбінної установки, яка поділяється на два симетрично розташовані газотурбінні агрегати (відповідно лівого та правого борту), кожен з яких роздає генеровану потужність за допомогою трансмісії відповідному повітряному гвинту й робочому колесу нагнітальної установки.

Допоміжна установка забезпечує живлення судових споживачів електроенергією. До її складу входять два газотурбогенератора типу ГТГ-100К, два газотурбогенератора типу АІ-8 системи запуску та обслуговуючі їх системи [4].

Розраховані витрати потужності на підтримку катера над поверхнею води. Для забезпечення надлишкового тиску у повітряній подушці 3,1 кПа при витраті повітря  $883 \text{ м}^3/\text{с}$  потужність на створення подушки (з урахуванням втрат у роздавальному редукторі та редукторі нагнітача) має становити 3557 кВт.

За методикою, наведеною у роботі [1], виконаний розрахунок ходкості катера і потрібної потужності енергетичної установки для різних значень швидкості руху.

За результатами розрахунків побудовані графічні залежності сумарного опору руху катера, розподілу складових опору руху катера та необхідної потужності головної енергетичної установки катера від його швидкості.

Аналіз виконаних протягом проектування розрахунків дозволяє зробити такі висновки:

1. Необхідна потужність для створення повітряної подушки становить 20...35 % від загальної потужності головної енергетичної установки. Чим більшою є швидкість руху катера, тим меншою є її доля.
2. Збільшення швидкості катера веде до зростання опору його руху. При збільшенні швидкості від 40 до 60 вузлів опір руху зростає в 1,49 рази.
3. З усіх складових опору найбільшою є доля профільного аеродинамічного опору, яка зі збільшенням швидкості відповідно збільшується і складає від 33 до 47 % від сумарного опору.
4. Крім профільного аеродинамічного опору найсуттєвішим є вплив повітряного імпульсного опору та залишкового опору, кожен з яких становить близько 21...23 % від загального опору.

5. Збільшення опору руху катера внаслідок збільшення його швидкості призводить до зростання необхідної потужності головної енергетичної установки. (В розглянутому діапазоні швидкостей в 1,76 рази.)

#### REFERENCES

- [1] Войткунский, Я. И. (Ред.). (1985). *Справочник по теории корабля: Управляемость водоизмещающих судов. Гидродинамика судов с динамическими принципами поддержания* (Т. 3). Ленинград: Судостроение.
- [2] Колызаев, Б. А., Косоруков, А. И., & Литвиненко, В. А. (1980). *Справочник по проектированию судов с динамическими принципами поддержания*. Ленинград: Судостроение.
- [3] Курзон, А. Г., Межерицкий, А. Д., Тихоплав, В. Ю., & Топунов, А. М. (1969). *Газотурбинные установки быстроходных судов*. Ленинград: Судостроение.
- [4] Романовський, Г. Ф., Сербін, С. І., & Патлайчук, В. М. (2005). *Сучасні газотурбінні агрегати: Агрегати виробництва України та Росії* (Т. 1). Миколаїв: НУК.
- [5] Романовський, Г. Ф., Сербін, С. І., & Патлайчук, В. М. (2016). *Газотурбінні агрегати: Загальна будова та класифікація* (Т. 1). Миколаїв: НУК.

Patlaichuk V. M., Garaschenko O.F.

#### Research of the parameters of the power plant of an hovercraft with a 150 tons displacement

**Text of the annotation.** *The design of the power plant of an hovercraft with a 150 tons displacement has been developed. The energy consumption for maintaining the boat on the water surface and for ensuring its horizontal displacement has been determined. The analysis of the dependence of the total resistance to movement, the distribution of the components of the resistance to the movement of the boat and the required power of the main power plant of the boat on its speed were made.*

**Keywords:** power plant; hovercraft; resistance to movement; gas turbine engine; power.

Патлайчук В. Н., Гаращенко А. Ф.

#### Исследование параметров энергетической установки катера на воздушной подушке водоизмещением 150 т

**Текст аннотации.** *Разработана конструкция энергетической установки катера на воздушной подушке водоизмещением 150 т. Определены энергозатраты на поддержание катера на поверхности воды и для обеспечения горизонтального его перемещения. Выполнен анализ зависимости суммарного сопротивления движению, распределения составляющих сопротивления движению катера и необходимой мощности главной энергетической установки катера от его скорости.*

**Ключевые слова:** энергетическая установка; катер на воздушной подушке; сопротивление движению; газотурбинный двигатель; мощность.

УДК 621.438

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЧАТКОВИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЗУ ГТД НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ УТИЛІЗАЦІЙНОГО КОНТУРУ ДВОХ ТИСКІВ

Патлайчук В.М. канд. техн. наук, доцент, Рябченко О.В. студентка гр.6231мз

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, м. Миколаїв [gsprc@gmail.com](mailto:gsprc@gmail.com)

**Анотація.** *Для парогазових установок з утилізаційними контурами одного та двох тисків при різних значеннях початкової температури газу газотурбінного двигуна були виконані розрахунки теплової схеми котла-утилізатора, наближені розрахунки парових турбін, визначені економічні показники. Проведений аналіз одержаних протягом дослідження результатів.*

**Ключові слова:** парогазова установка; газотурбінний агрегат; котел-утилізатор; парова турбіна; ефективність.

Ефективним способом підвищення коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки є утилізація тепла випускних газів в паротурбінному теплоутилізаційному контурі. Конструктивно найпростішою є схема