УДК 629.56

ВИКОРИСТАННЯ ПРИМУСОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПОДВІЙНОЇ ДІЇ В АЗИМУТАЛЬНІЙ ГВИНТО-РУЛЬОВІЙ КОЛОНЦІ НА НИЗЬКИХ ШВИДКОСТЯХ

В. В. Будашко, д.т.н., професор
В. В. Нікольський, д.т.н., професор
С. Г. Хнюнін, к.т.н., доцент
А. К. Сандлер, к.т.н., доцент
Національний університет «Одеська морська академія»

***Анотація**: Розглянуто існуючі методи протидії ефекту Коанда під час роботи азимутальної гвинто-рульової колонки. Проаналізовано недоліки цих методів для використання у складі малих суден, що комплектуються одним-двома рушіями. Регулювання моменту виникнення цього ефекту пропонується змінювати шляхом змішування водного та повітряного середовища для чого пропонується використання спільно із системою моніторингу вентильованого гвинта.*
***Ключові слова**: вентильований гребний гвинт, азимутальна гвинто-рульова колонка.*

USING OF FORCED DOUBLE ACTION VENTILATION FOR AZIMUTHAL RUDDER COLUMN AT LOW SPEED

Vitalii Budashko, Dr. of Science, Professor
Vitalii Nykolskyi, Dr. of Science, Professor
Sergii Khniunin, Ph.D., Associate Professor
Albert Sandler, Ph.D., Associate Professor
National University «Odessa Maritime Academy»

***Abstract**: The existing methods of counteracting the Coanda effect during the operation of the azimuth rudder propeller are considered. The shortcomings of these methods for use as part of small vessels, which are equipped with one or two propellers, are analyzed. It is proposed to change the adjustment of the moment of occurrence of this effect by mixing water and air media, for which it is proposed to use a ventilated propeller in conjunction with a monitoring system.*
***Keywords**: vented propeller, azimuthal rudder column.*

У даний час розвиток технологій дуже впливає на розробку та експлуатацію безпілотних апаратів. Застосування таких апаратів обумовлено низкою переваг. Зменшується частка коштів на утримання у зв'язку з відсутністю екіпажу – не потрібно утримувати фахівців, які мають проходити навчання та періодичне перенавчання, а також виключаються всі аварії, що відбуваються з вини людського фактору. Однак відсутність екіпажу негативно позначається на неможливості проведення аварійних робіт за місцем відразу після їх виникнення та більш ретельнішому плануванні періодичного технічного обслуговування всього обладнання.

Завдання збільшення термінів періоду технічного обслуговування є актуальним і дозволить не лише знизити кількість коштів, що спрямовуються на цей вид робіт, але й збільшити час безперервної роботи безпілотного апарату під час виконання поточного завдання.

У разі використання безпілотних плавальних апаратів у режимі фіксації на одній позиції або повільного руху (судна-кабелеукладачі, пускові платформи,

ISSN 2706-7874 (print)
DOI:10.31653/2706-7874.SEEEA-2022.11.1-203

мінні постановники, автоматичні станції стеження за оперативною обстановкою в заданому квадраті та інші судна) велике значення має тимчасовий діапазон між поверненням дрону на базу. Або якщо об'єкт використовується стаціонарно, час між приїздами технічної обслуговуючої групи.

У якості рушійної установки в такому типі суден найчастіше використовуються азимутальні гвинто-рульові колонки (АГРК) при використанні яких у режимі утримання позиції є ймовірність виникнення ефекту, коли під дном створюється розрядження, яке відхиляє потік рідини, що рухається. Це відхилення веде за собою підвищене зношування підшипників і ущільнень, розташованих на валу з гребним гвинтом.

На даний час всі існуючі системи протидії ґрунтуються на механічному впливі для зміни кута нахилу потоку рідини. До них відносяться насадки на гвинт та введення кута (фіксованого або регульованого) нахилу балеру АГРК. Оцінити ефективність існуючих конструкцій можна було лише у лабораторних умовах. Проведені дослідження [1] дозволили розробити та одержати патенти [2, 3] на кілька конструкцій системи моніторингу, що дозволяють у режимі реального часу відстежувати момент виникнення ефекту Коанда.

Застосування розробленої системи ефективне лише у випадку, якщо в АГРК застосовано конструкцію з регульованим кутом нахилу, а такі АГРК мало поширені. Якщо корзина АГРК має фіксований нахил або застосовуються насадки на гвинт, то застосування системи малоефективне, оскільки регулювання можна проводити тільки зміною швидкості потоку –зменшуючи до тих значень, коли ефект Коанда ще не проявляється або збільшуючи швидкість, що веде до зриву прилипання потоку до днища судна. І таке незаплановане збільшення (або зменшення) швидкості однієї АГРК має бути компенсовано іншими рушіями, що входять до системи динамічного позиціонування. Це стосується лише великих об'єктів – напівзанурювальних бурових платформ, суден-кабелеукладачів і дослідницьких суднах. Якщо ж ми говоримо про безпілотні плавальні судна, то кількість рушіїв рідка буває понад два.

Виходячи зі сказаного, вище видно, що існуючі на даний момент способи для класу малих суднах малоефективні і потрібні нові рішення поставленого завдання. В авто- і авіабудуванні цей ефект давно відомий і його застосування використовується не тільки в експериментальних зразках, але і моделях, що серійно випускаються.

Була висловлена наукова гіпотеза, що оскільки цей ефект виникає і у водному і повітряному середовищах, то змішанням цих середовищ ми можемо регулювати момент виникнення відхилення потоку на різних швидкостях робочого середовища [4]. Для організації подачі повітря до диску гребного гвинта пропонується система з використанням вентильованого гребного гвинта.

Розрізняють частково занурені гребні гвинти, в яких повітря потрапляє до гвинта шляхом довільного підсмоктування та вентильовані гребні гвинти – в які повітря подається примусово у область диску гребного гвинта. Спільним для цих типів гвинтів є робота у водогазовій суміші.

На даний момент ці типи гвинтів застосовуються для проектування та експлуатації високошвидкісних суден, де зменшення опору виступаючих частин валопроводу на глісуючих суднах досягає 25 %, а на спортивних – до 50 %. Також перевагами такого застосування є підвищення ККД та зменшення небезпеки кавітації та ерозивних ушкоджень гвинта. Максимальна їхня ефективність проявляється при застосуванні в швидкохідному (спортивному) типі суден при швидкостях 45 – 80 км/год [5], але в інших типах суден вони широкого застосування не знайшли.

З іншого боку, вентиляція гребного гвинта істотно впливає на експлуатаційні характеристики гвинта. Проведені дослідження таких безканальних підрулюючих пристроїв [6] показали, що в деяких випадках робота гвинта у водогазовій суміші (навіть коли гвинт занурений у воду) може призвести до втрати тяги.

Повітряна подушка створюється шляхом подачі повітря через повітропроводи на розподільний пристрій, встановлений на маточині гребного гвинта [7]. Фірмою ABB у системі охолодження як робоче тіло використовується повітряна суміш (рис. 1).

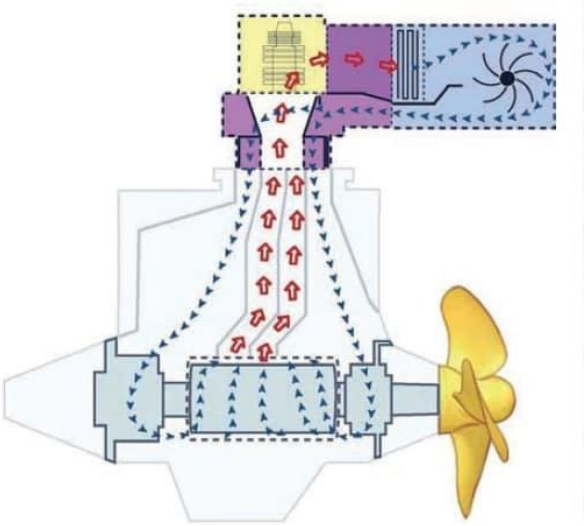

Рисунок 1 – Конструкція блоку повітряного охолодження
електродвигуна Azipod

До складу блоку повітряного охолодження входить два вентилятори і два або чотири теплообмінники. Можливе часткове або повне резервування повітряного блоку охолодження. Трубопроводи охолодження оснащені фільтрами. Використання двигунів вентилятора з регульованими приводами дозволяє контролювати потужність охолодження залежно від режиму роботи блоку Azipod та теплових втрат [8]. Ця вже існуюча конструкція дозволить без капітальних змін використовувати наявну повітряну суміш для підведення повітря до лопатей гребного гвинта в потрібний момент.

ISSN 2706-7874 (print)
DOI:10.31653/2706-7874.SEEEA-2022.11.1-203

Висновки. Розглянуто існуючі методи протидії ефекту Коанда під час роботи азимутальної гвинто-рульової колонки. Проаналізовано недоліки цих методів для використання у складі малих суден, що комплектуються одним-двома рушіями. Регулювання моменту виникнення цього ефекту пропонується змінювати шляхом змішування водного та повітряного середовища для чого пропонується використання спільно із системою моніторингу вентильованого гвинта.

Дослідження проводяться в рамках науко-дослідних робіт кафедр Навчально-наукового інституту Національного університету «Одеська морська академія» [9-25].

ЛІТЕРАТУРА

1. Vitaliy Budashko, Vitaliy Nikolskyi, Oleg Onishchenko, Sergii Khniunin Decision support system's concept for design of combined propulsion complexes // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – 3/8 (81). – P. 10 – 21.

2. Пат. 100819 Україна, МПК G01L 9/08, 5/12, 1/16. Суднова система моніторингу для попередження ефекту Коанда / В.В. Будашко, В.В. Нікольський, С.Г. Хнюнін. – № u201501854; заявл. 02.03.2015; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 15.

3. Пат. 107006 Україна, МПК G01L 9/08, 5/12, 1/16. Суднова система моніторингу для попередження ефекту Коанда / В.В. Будашко, В.В. Нікольський, С.Г. Хнюнін. – № u201512962; заявл. 28.12.2015; опубл. 10.05.2016, Бюл. № 9.

4. Хнюнін С.Г. Підвищення ефективності роботи азимутальної гвинторульової колонки на низьких швидкостях // "Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт": міжнародна науково-технічна конференція 24.03.2022 – 25.03.2022. – Одеса: НУ «ОМА», 2022. – С. 56 – 60. http://www.onma.edu.ua/wp-content/uploads/2022/06/Tezysy-2022-1.pdf (дата звернення 15.11.2022).

5. Жинкин, В. Б. Теория и устройство корабля : учебник для вузов / В. Б. Жинкин. – 5-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 379 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-11349-5. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/494164 (дата звернення 13.11.2022).

6. Carlton J.S. Marine propellers and propulsion, 2 edn, 2007. Elsevier, Oxford, 2007. – 516 p. URL: https://www.academia.edu/40316816/Marine_Propellers_and_Propulsion_Second_Edition_JS_Carlton_2007 (дата звернення 13.11.2022).

7. Sharatov A. S., Gorbenko A. N. Improvement of mooring tests of main engine running to fixed pitch propeller. Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies, 2021. – № 2. – С. 32 – 42. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-32-42.

8. Системи Azipod® VI і ICE. Огляд. : веб-сайт. URL: https://new.abb.com/docs/librariesprovider55/default-document-library/%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B-azipod-vi-%D0%B8-ice_final.pdf?sfvrsn=a383a116_2 (дата звернення 13.11.2022).

9. Nikolskyi, V. Development of a Computer System of Technical Condition for the Electric Podded Azimuth Thrusters [Text] / V. Nikolskyi, V. Budashko, S. Khniunin, M. Nikolskyi // Information technologies and computer modelling: proceedings of the International Scientific Conference May 14-19, 2018 Ivano-Frankivsk, Ukraine: Suprun V. P. – P. 157-160. ISBN 978-617-7468-26-3. Режим доступу: \WWW/ URL: http://itcm.comp-sc.if.ua/2018/zbirnyk.pdf.

10. Nikolskyi, V. Parametrization and identification of energy flows in the ship propulsion complex [Text] / V. Nikolskyi, V. Budashko, S. Khniunin, M. Nikolskyi // *2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelecrtronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*, Slavske, 20-24 Feb. 2018, Ukraine: IEEE. – P. 288-294. Doi: 10.1109/TCSET.2018.8336205. Режим доступу: \WWW/ URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8336205.

11. Budashko, V. Synthesis of the Management Strategy of the Ship Power Plant for the Combined Propulsion Complex [Text] / V. Budashko, V. Shevchenko // 2018 IEEE 5th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), Kyiv, 16-18 Oct. 2018, Ukraine: IEEE.

P. 106-108. Doi: 10.1109/MSNMC.2018.8576266. Режим доступу: \WWW/ URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8576266. – 5.1.2019 р. – Загол. з екрану. ***Scopus.***

12. Будашко, В.В. Підвищення ефективності гібридних суднових комбінованих пропульсивних комплексів за різними критеріями стратегій енергоменеджменту [Текст] / В. В. Будашко // Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика // Матеріали науково-методичної конференції, 05.12.2018 – 06.12.2018. – Одеса: НУ ОМА, 2019. – С. 10-27. Режим доступу: \WWW/ URL: http://femire.onma.edu.ua/docs/conf/electro_conf_50_60ka_228str.pdf

13. Budashko, V. Multicriteria strategy of power managing system for ships power plants for combined propulsion complexes [Text] / Budashko V. // IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE). – 2019. – V. 14, I. 5. – P. 14-28. e-ISSN: 2278-1676, p-ISSN: 2320-3331. Doi: 10.9790/1676-1405011428.

14. Hvozdeva, I. Problems of Improving the Diagnostic Systems of Marine Diesel Generator Sets [Text] / I. Hvozdeva, V. Myrhorod, V. Budashko, V. Shevchenko // 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Slavske, 25-29 Feb. 2020, Ukraine: IEEE. – P. 350-354. Doi: 10.1109/TCSET49122.2020.235453.

15. Budashko, V. Improvement of the operation for electromechanical system under non-permanent loading [Text] / V. Budashko, I. Hvozdeva, O. Onishchenko, V. Shevchenko, R. Kudelkin // 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Slavske, 25-29 Feb. 2020, Ukraine: IEEE. – P. 35-39. Doi: 10.1109/TCSET49122.2020.235588.

16. Budashko, V. Thrusters physical model formalization with regard to situational and identification factors of motion modes [Text] / V. Budashko // International journal of energy and environment. – 2020. – V. 14. – P. 5-8, ISSN: 2308-1007. Doi: 10.46300/91012.2020.14.2.

17. Budashko, V. Thrusters physical model formalization with regard to situational and identification factors of motion modes [Text] / V. Budashko // 2020 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE), Istanbul, 12-13 June 2020, Turkey: IEEE. Pp. 1-6. Doi: 10.1109/ICECCE49384.2020.9179301.

18. Myrhorod, V. Multi-parameter Diagnostic Model of the Technical Conditions Changes of Ship Diesel Generator Sets [Text] / V. Myrhorod, I. Hvozdeva, V. Budashko // 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, 21-25 Sept. 2020, Ukraine: IEEE. Pp. 1-5. Doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240905.

19. Budashko, V. V. Ship's power plants of combined propulsion complexes: concepts, technologies, researching: Monograph / Budashko V. V.. – Odessa: NU “OMA”, 2020. – 136 p. ISBN 978-617-7857-01-2.

20. Будашко, В. В. Високовольтні технології в морській електроінженерії: монографія [Текст] / В. В. Будашко, О. М. Піпченко, В. В. Пономаренко, В. А. Шевченко // Одеса: НУ «ОМА», 2020. – 398 с. ISBN 978-617-7857-02-9.

21. Budashko, V. Power plant, propulsion complex and control system of autonomous dual-purpose underwater vehicle [Text] / V.V. Budashko // 15th International Naval Engineering Conference and Exhibition (INEC/iSCSS 2020), 5-9 October 2020, Virtual online conference. Pp. 1-9. Aviable at: https://events.rdmobile.com/Lists/Details/1071014.

22. Budashko, V. The synthesis of control system to synchronize ship generator assemblies [Text] / V. Budashko, V. Shevchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – V. 1. – № 2(109). – P. 45-63. ISSN 1729-3774. Doi: 10.15587/1729-4061.2021.225517.

23. Budashko, V. Solving a task of coordinated control over a ship automated electric power system under a changing load [Text] / V. Budashko, V. Shevchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – V. 2. – № 2(110). – P. 54-70. ISSN 1729-3774. Doi: 10.15587/1729-4061.2021.229033.

24. Budashko, V. Optimization of the control system for an electric power system operating on a constant power hyperbole [Text] / V. Budashko, A. Sandler, V. Shevchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – V. 1. – № 8(115). – P. 6-17. ISSN 1729-3774. Doi: 10.15587/1729-4061.2022.252172.

25. Budashko, V. Diagnosis of the Technical Condition of High-tech Complexes by Probabilistic Methods [Text] / V. Budashko, A. Sandler, V. Shevchenko // International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (TransNav). – 2022. – V. 16. – № 1. – P. 105-111. ISSN 2083-6473, ISSN 2083-6481 (electronic version). Doi: 10.12716/1001.16.01.11.