

УДК: 629.5

РОЗРОБКА РЕГУЛЯТОРУ СТАБІЛІЗАЦІЇ УПОРУ РУШІЙНО-КЕРМОВОГО ПРИСТРОЮ АВТОНОМНОГО НЕНАСЕЛЕННОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТУ

Грудініна Ганна Сергіївна

Викладач кафедри електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів

hanna.hrudinina@nuos.edu.ua

Анотація. За результатами математичного моделювання рушійно-кермових пристроїв в косому потоці води отримано вибірку даних, що у векторній формі описує залежність упору РКП від кута та швидкості набігання потоку. За отриманими функціями визначено похибку загальної тяги РКП. Для стабілізації швидкості АНПА при роботі РКП в косому потоці розроблено регулятор, що апроксимує отриману залежність і визначає значення корегування сигналу керування.

Ключові слова: автоматична система керування, підводний ненаселений апарат, рушійно-кермовий пристрій.

Мета та актуальність роботи. Метою роботи є розробка регулятора стабілізації упору рушійно-кермового пристрою при роботі в косому потоці води у складі САК швидкістю руху АНПА.

Актуальність роботи полягає у необхідності підвищення якості стабілізації швидкості руху ненаселених підводних апаратів, що рухаються за заданою траєкторією, під час виконання місії.

Робота рушійно-рульового пристрою (РКП) підводного апарата у маневрових режимах, зазвичай, протікає у косому потоці води, що набігає. Відомо, що у таких режимах упор РКП суттєво змінюється [1, 2]. Тому цю обставину необхідно враховувати при керуванні просторовим рухом підводного апарату.

З цією метою, засобами математичного моделювання проведено дослідження гідродинамічних параметрів рушійних пристроїв типу «гвинт в поворотній насадці» та «поворотна гвинтова колонка» (ПГК), що працюють у косому потоці. Дослідження проводилось для ПГК з наступними параметрами. Model PN160-1, геометричні характеристики насадки: коефіцієнт раствору – 1.32; внутрішній розрахунковий діаметр – 161.6 мм; відносне подовження – 0.80; тип профілю – авіаційно-сегментний; характеристики гребного гвинта: діаметр – 160 мм; дискове відношення – 0,57; крокове відношення – 0.9; тип профілю – авіаційно-сегментний; діаметр маточини – 33.4мм), [3].

Встановлено, що для гребного гвинта в напрямній насадці властиво зростання упору РКП при відхиленні потоку від вісі ГГ, рис. 1.

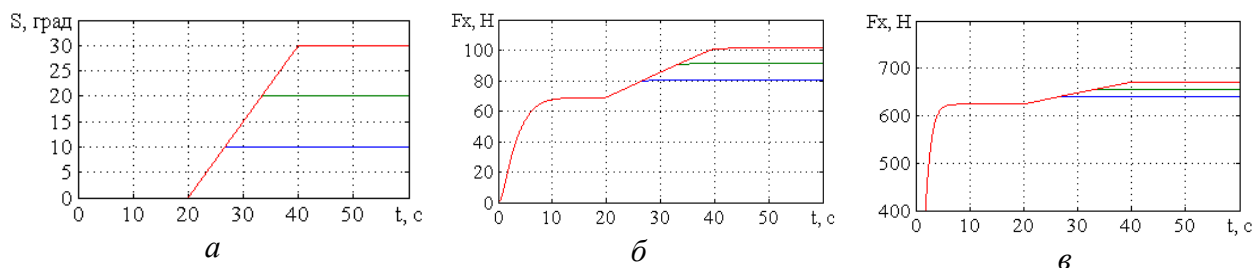


Рисунок 1 – Дослідження залежності упору ПГК від кута набігання потоку:

a – кут набігання потоку; *б* – сила упору РКП в косому потоці, $n = 30$ об/с;

в – сила упору РКП в косому потоці, $n = 60$ об/с

З метою врахування даного відхилення в структурі регулятора швидкістю руху АНПА, проведено детальне дослідження залежності упору гребного гвинта в напрямній насадці від кута набігання потоку в діапазоні кутів від 0 до 30 градусів при різних обертах гребного гвинта [4]. Засобами CFD моделювання отримано вибірку даних, що у векторній формі описує залежність упору РКП від кута та швидкості набігання потоку. Шляхом апроксимації даної вибірки отримаємо функцію від двох змінних $F_x = f(\delta^\circ, v)$, де F_x – загальна тяга рушійного пристрою.

В іншому експерименті проведено дослідження РКП з гребним гвинтом в поворотній насадці [3, 4]. На рис. 2 представлено дослідження впливу кута перекладки насадки на упор РКП при заданих обертах гребного гвинта. З представлених графіків видно, що зі збільшенням кута перекладки насадки (рис. 2, а) момент на валу гребного гвинта зростає (рис. 2, б), упор рушійного комплексу зменшується (рис. 2, в).

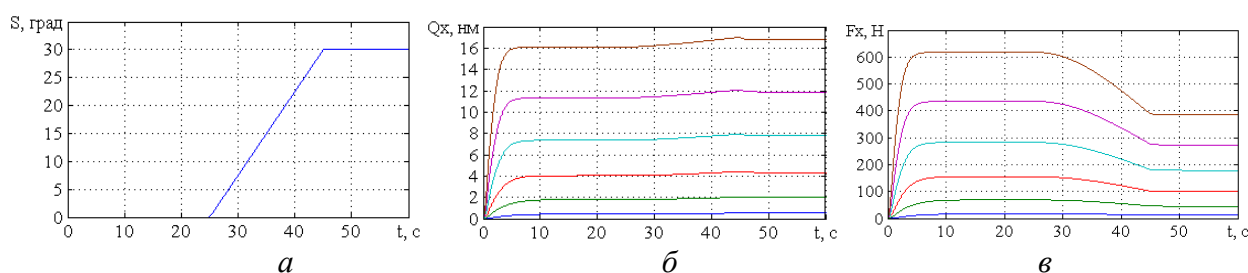


Рисунок 2 – Дослідження залежності упору РКП від кута перекладки насадки:

а – кут перекладки насадки; б – момент на валу ГГ; в – упор рушійного комплексу

Засобами CFD моделювання отримано вибірку даних, що у векторній формі описує залежність упору РКП від кута перекладки насадки та швидкості набігання потоку. Шляхом апроксимації даної вибірки отримаємо функцію від двох змінних $F_x = f(\delta^\circ, v)$.

За отриманими функціями визначено похибку сили упору від кута та швидкості потоку. Далі, регулятор швидкості визначає значення поправки керуючого сигналу відповідно до заданої швидкості та значення похибки.

Для побудови регулятора швидкості з уточненим значенням упору РКП розроблено структуру, рис. 3 на базі штучної нейронної мережі, оскільки для визначення похибки сили упору необхідно апроксимувати функцію від двох змінних.

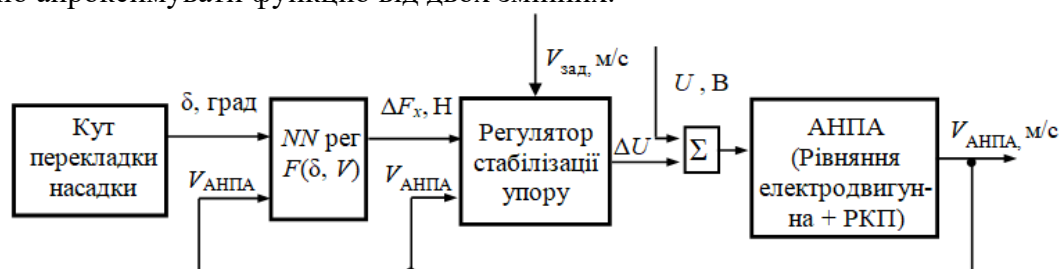


Рисунок 3 – Структура регулятора стабілізації упору РКП

В даному випадку нейрона мережа навчається за функцією, яка відповідає обраному типу РКП, які були досліджені в межах даної роботи [4].

Система автоматичного керування швидкістю руху АНПА буде складатись з оптимального по швидкодії регулятора швидкості АНПА [5] та регулятора стабілізації упору РКП.

Висновки. За результатами гідродинамічних досліджень функціонування гребного гвинта в напрямній та поворотній насадках при різних режимах роботи, сформовано базу даних, яка описує функціональну залежність упору рушійного пристрою від кута та швидкості потоку,

що набігає. Таким чином, під час повороту насадки регулятор визначає уточнене значення керуючого сигналу, враховуючи похибку упору РКП.

Шляхом математичного моделювання встановлено, що відхилення упору РКП при куті перекладки насадки $\delta = 30^\circ$ залежить від швидкості потоку та може перевищувати 50 відсотків. Відхилення упору при роботі регулятора стабілізації упору становить близько 2 відсотків. Таке незначне відхилення упору рушійного пристрою майже не впливає на загальну швидкість руху АНПА. Розроблений регулятор дозволяє компенсувати втрату упору рушія, без відпрацювання помилок, що підвищує точність роботи системи автоматичного керування швидкості руху АНПА.

ЛІТЕРАТУРА

- [1]. Гофман, А. Д. (1988). Двигательно-рулевой комплекс и маневрирование судна. Ленинград: Судостроение, 360 с.
- [2]. Бражко А.С., Король Ю.М. Исследование взаимодействия двигателей с корпусом подводного аппарата при маневрировании, Матеріали IV МНТК Інновації в суднобудуванні та океанотехніці, Миколаїв, НУК, 2013, с.402-405.
- [3]. Блінцов В.С., Грудініна Г.С., Король Ю.М., Надточий А.В. (2021). Дослідження роботи рушійно-рульового комплексу підводного апарата в косому потоці води методами математичного моделювання. Підводна техніка і технологія, XI Всеукраїнська науково-технічна конференція з міжнародною участю, НУК, 13-27.
- [4]. Грудініна, Г. С. (2021). Удосконалення системи автоматичного керування швидкістю руху АНПА. Підводна техніка і технологія, XI Всеукраїнська науково-технічна конференція з міжнародною участю, НУК, 113-118.
- [5]. Блінцов, С. В., та Грудініна, Г. С. (2009). Застосування штучної нейронної мережі для побудови оптимального за швидкістю регулятора швидкості руху підводного апарата. ПАЕТЗ-2009, матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. Миколаїв: НУК, 54-56.

Development Of The Propeller Thrust Force Stabilization Regulator Of An Autonomous Underwater Vehicle

Hanna S. Hrudinina

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine.

Abstract. According to the results of mathematical modeling of propulsion and steering devices in an oblique flow of water, a sample of data was obtained, which in vector form describes the dependence of the propulsion and steering complex (PSC) on the angle and speed of the flow. Based on the obtained functions, the error of the total thrust of the PSC is determined. To stabilize the speed of the UAV during the operation of the PSC in an oblique flow, a regulator has been developed that approximates the obtained dependence and determines the value of the correction of the control signal.

Keywords: automatic control system, underwater uninhabited vehicle, propulsion and steering complex, approximation.