

УДК 629.58
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2023.4\(493\).10](https://doi.org/10.15589/znp2023.4(493).10)

DEVELOPMENT OF THE VIDEO BOX ELECTRIC DRIVE FOR A TECHNOLOGICAL TETHERED UNDERWATER VEHICLE

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВІДЕОБОКСУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИВ'ЯЗНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА

Andrii M. Voityasyk
andrii.voityasyk@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0002-9409-6108

А. М. Войтасик,
канд. техн. наук, доцент

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Abstract. *Purpose.* Development and design of the video box electric drive for the tethered underwater vehicle capable of providing the operator in real time with the necessary navigational video information from sea depths up to 250 m about the movement of the object and the use of technological equipment with which the object is equipped. *Method.* As part of the research, the method of complex modeling was used to build 3D models of the construction of the electric platform of the motion of the video box and all executive equipment, which is proposed to be used in its composition, the method of empirical description of technological processes to substantiate and explain the peculiarities of the organization of the transfer of torques and ensuring tightness when working at depths up to 250 m, the method of conducting an experiment to certify the functional capabilities of the product. *Results.* Based on the use of the control module of the executive stepper motors, the power source of the electric motors, the digital video camera installed in the middle of the video box, which is made in the form of a strong hermetic case and the proposed scheme of the organization of the mooring underwater system, the electric drive of the video box of the technological mooring underwater apparatus has been developed for the purpose of further operation of the product during various marine underwater technical works with the possibility of using technological manipulation equipment. The functioning of the product is ensured by the use of powerline adapters, which allow rapid exchange of information at a distance of up to 300 m of cable-cable communication. *Scientific novelty.* Obtaining by the operator the necessary visual information for remote control of the moored underwater vehicle and the technological manipulation equipment installed on board, regarding the current technical parameters of the marine mobile object, is proposed to be implemented using an electric platform for the movement of the video box. The product includes a set of necessary electrical equipment combined with a system of adjustable brightness of artificial lighting, which is used to illuminate the working space in front of the video camera, which is a necessary requirement when conducting marine underwater technical works. The electric drive control module of the video box is built on the basis of two control boards for controlling stepping bipolar electric motors, two Ethernet/RS-485 converters and accompanying encoders connected to the network of the on-board switch of the technological tethered underwater vehicle. *Practical importance.* The developed movement mechanism of the video box is designed in the form of an electric platform, which includes: a control module for executive stepper motors, a power source for electric motors, the video box is made in the form of a strong hermetic housing with a digital video camera installed in it and is designed to ensure the possibility of changing the position of the video box relative to the technological anchor of the underwater vehicle in two axes - horizontal and vertical. The use of an electric platform for the movement of the video box of a technological tethered underwater vehicle guarantees in real time the provision of the operator with the necessary navigational video information from sea depths up to 250 m about the movement of the object and the use of technological equipment with which the object is equipped.

Key words: rugged housing; moving platform; technological equipment.

Анотація. *Мета.* Розробка та проектування електропривода відеобоксу прив'язного підводного апарата, що здатен в режимі реального часу забезпечувати оператора необхідною навігаційною відеоінформацією з морських глибин до 250 м про рух об'єкта та застосування технологічного обладнання, яким об'єкт обладнаний. *Методика.* В рамках дослідження використано метод комплексного моделювання для побудови 3D моделей конструкції електроприводної платформи руху відеобоксу та всього виконавчого обладнання, яке запропоновано застосувати у його складі, метод емпіричного опису технологічних процесів для обґрунтування та пояснен-

ня особливостей організації передачі обертових моментів і забезпечення герметичності при роботі на глибинах до 250 м, метод проведення експерименту для засвідчення функціональних можливостей виробу. *Результати.* На базі використання модуля керування виконавчими кроковими електродвигунами, джерела живлення електродвигунів, цифрової відеокамери встановленої у середині відеобоксу, що виготовлений у вигляді міцного герметичного корпусу та запропонованої схеми організації прив'язної підводної системи, розроблено електропривод відеобоксу технологічного прив'язного підводного апарата з метою подальшої експлуатації виробу під час проведення різноманітних морських підводно-технічних робіт з можливістю застосування технологічного маніпуляційного обладнання. Функціонування виробу забезпечується застосуванням Powerline адаптерів, які дозволяють здійснювати швидкий обмін інформацією на відстань до 300 м кабель-тросового зв'язку. *Наукова новизна.* Отримання оператором необхідної візуальної інформації для дистанційного керування прив'язним підводним апаратом та облаштованим на його борту технологічним маніпуляційним обладнанням, стосовно поточних технічних параметрів морського рухомого об'єкта, запропоновано реалізовувати з застосуванням електроприводної платформи руху відеобоксу. До складу виробу входить комплект необхідного електрообладнання об'єднаного з системою регульованої яскравості штучного освітлення, яка застосовується для висвітлення робочого простору перед відеокамерою, що є необхідною вимогою при проведенні морських підводно-технічних робіт. Модуль керування електроприводом відеобоксу побудований на базі двох керуючих плат для керування кроковими біполярними електродвигунами, двох конверторів Ethernet/RS-485 та супровідних до них енкадерів під'єднаних у мережу бортового комутатора технологічного прив'язного підводного апарата.

Практична значимість. Розроблений механізм руху відеобоксу спроектований у вигляді електроприводної платформи до складу якої входять: модуль керування виконавчими кроковими електродвигунами, джерело живлення електродвигунів, відеобокс виготовлений у виді міцного герметичного корпусу з встановленою в ньому цифровою відеокамерою і призначений для забезпечення можливості зміни положення відеобоксу відносно технологічного прив'язного підводного апарата у двох осях – горизонтальної та вертикальної. Застосування електроприводної платформи для руху відеобоксу технологічного прив'язного підводного апарата гарантує в режимі реального часу забезпечення оператора необхідною навігаційною відеоінформацією з морських глибин до 250 м про рух об'єкта та застосування технологічного обладнання, яким об'єкт облаштований.

Ключові слова: міцний корпус, рухома платформа, технологічне обладнання.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

На сьогоднішній день все більшого загалу набуває питання захисту акваторій України. Для цієї мети створюються як окремі засоби, так і комплексні системи, в які практично обов'язково входять прив'язні підводні апарати (ППА). Такі системи здатні реалізувати різноманітні підводно-технічні роботи (ПТР), починаючи від пошуку та обстеження і закінчуючи виконанням більш складних технологічних операцій, як наприклад, розгортання та згортання на морському дні гідроакустичного обладнання. При цьому, варто відмітити, що у першому випадку доцільно використовувати легкі та конструктивно простіші ППА, а у другому випадку є потреба залучати до роботи більші за масогабаритними показниками підводні апарати облаштовані необхідною кількістю додаткового обладнання та супровідних до них систем контролю та керування. В такому разі, доцільно вже буде застосовувати технологічні прив'язні підводні апарати (ТППА). В завданнях оцінки і контролю підводної обстановки та обстеження підозрілих об'єктів з документуванням відеоінформації, його наступним розшифруванням і ідентифікацією об'єктів важливість відеосистеми і якості її роботи суттєво зростає. Особливістю роботи відеобоксу ТППА є практична відсутність природнього освітлення, погіршені умови видимості через наявність зважених у воді часток, зменшення поля зору. Також, варто відмітити

необхідність зміни положення відеобоксу як мінімум у двох площинах з метою повністю візуалізувати ділянки проведення маніпуляційних технологічних операцій з застосуванням додаткового обладнання.

Тому, набуває актуальності задача розробки та проектування електропривода відеобоксу прив'язного підводного апарата, що здатен в режимі реального часу забезпечувати оператора необхідною навігаційною відеоінформацією з морських глибин до 250 м про рух об'єкта та застосування технологічного обладнання, яким об'єкт облаштований.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Підводний відеобокс призначений для зйомки під водою відеокамерою, яка розташовується всередині міцного корпусу [1, 2, 3]. Зазвичай відеобокс передбачає можливість застосування конкретних типорозмірів моделей відеокамер [4, 5, 6]. Відмінність відеокамер може полягати в способі виготовлення друкованих плат, місцях їх кріплення та через інше розташування кнопок і інших органів керування [7, 8, 9].

Тиск на різних глибинах сильно відрізняється від тиску на поверхні [10, 11, 12]. У той час як внутрішній об'єм відеобоксу практично не змінюється, навантаження на міцний корпус зростає [13, 14, 15]. Із цієї причини існує поняття максимальної глибини, при якій відеобокс можна експлуатувати. З вищесказаного

впливає, що навіть легкий удар міцного корпусу відеобоксу на максимально допустимій робочій глибині може слугувати причиною його руйнування [16, 17].

Крім цього, зйомка з відеобоксу ведеться безпосередньо через одну з його поверхонь. Зазвичай в підводній техніці широко застосовуються скляні ілюмінатори [18, 19, 20]. Використовуючи даний матеріал, оператору ТППА слід бути дуже уважним під час виконання ПТР, щоб не пошкодити його [21, 22]. В кращому випадку пошкодження зазнає лише поверхня ілюмінатора (подряпина), в гіршому пошкодження ілюмінатора через площу його перерізу (тріщина). Особливо часто ушкодити ілюмінатор відеобоксу можна у той момент коли ТППА рухається по мілководдю або над кораловими рифами [23, 24, 25].

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

На сьогоднішній день в системах відеоспостереження підводних апаратів широко використовуються аналогові відеокамери. Такий інтерес до аналогових камер викликаний їхньою невеликою вартістю, проте якщо ставити питання стосовно якісного зображення, то за критерій оптимальності можна використати співвідношення ціна/якість. У сучасних цифрових IP-камерах конвертація зображення в цифрову форму відбувається всього один раз, і далі, без додаткових перетворень, він передається вже в цифровому вигляді без втрати якості. З теоретичної точки зору відзняті матеріали з використанням в процесі запису цифрової відеокамери – суттєво кращої якості, ніж з використанням аналогової. Отримання якісного зображення під час проведення ПТР на морських просторах залежить від багатьох чинників: пора року, час доби, освітленість простору, наявність штучного освітлення, розподільча здатність відеокамери, тип відеокамери і т.п.

У той же час, важливим показником є і кут огляду відеокамери. Різні фокусні відстані та типи застосованих матриць можуть забезпечувати широкий спектр показників. Проте, розміщення будь-якої відеокамери в середині міцного корпусу відеобоксу облаштованого прозорим ілюмінатором створюватиме певні оглядові обмеження спричинені товщиною ілюмінатора, яка обґрунтована витримкою високого тиску при зануренні відеобоксу на глибину до 250 м. В такому випадку, варто застосовувати рухомі приводні механізми, які можуть змінювати положення відеобоксу для збільшення візуальної інформації про робочу зону ТППА і вони наразі існують. Проте, жоден з цих варіантів не передбачає використання стандартизованого відеобоксу, які успішно використовуються на серії прив'язних підводних апаратів типу «Гідрограф», «ВСПН» та ін., розробки та виробництва НУК ім. адм. Макарова.

В роботі запропоновано реалізувати можливість зміни положення відеобоксу відносно ТППА у двох

осях – горизонтальної та вертикальної. Відмінною особливістю в представленій статті є реалізація електроприводної платформи для руху відеобоксу до складу якої входять: модуль керування виконавчими кроковими електродвигунами, джерело живлення електродвигунів, відеобокс виготовлений у вигляді міцного герметичного корпусу з встановленою в ньому цифровою відеокамерою. Прийняті технічні рішення надають можливість забезпечити візуалізацію робочої зони ТППА за оптимального кута огляду у місці встановлення відеобоксу.

Метою дослідження є розробка та проектування електропривода відеобоксу прив'язного підводного апарата, що здатен в режимі реального часу забезпечувати оператора необхідною навігаційною відеоінформацією з морських глибин до 250 м про рух об'єкта та застосування технологічного обладнання, яким об'єкт облаштований.

ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

В якості *об'єкта дослідження* обрано технологічні процеси, які здатна реалізувати електроприводна платформа для руху відеобоксу до складу якої входять: модуль керування виконавчими кроковими електродвигунами, джерело живлення електродвигунів, відеобокс виготовлений у вигляді міцного герметичного корпусу з встановленою в ньому цифровою відеокамерою.

Предметом дослідження є моделі та методи аналізу для запровадження необхідної точності та надійності роботи електроприводного механізму руху відеобоксу технологічного прив'язного підводного апарата, розробка та реалізація алгоритмічного забезпечення для безпечної експлуатації виробу, забезпечення комунікації та сумісності застосованого обладнання, створення 3D моделей складових елементів обладнання та загальної конструкції електропривода відеобоксу.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

В розробленій конструкції відеобоксу передбачено застосування якісної цифрової відеокамери *Geovision GV-BX120D*. Дана камера не відповідає високому рівню IP захисту, тому необхідно забезпечувати її герметичність при виконанні підводної фото- та відеозйомки. З цією метою застосовується стандартний герметичний корпус, розроблений для серії ППА проекту «ВСПН» (рис. 1). До конструкцій відеобоксу входять: задня кришка; корпус відеобоксу; кварцовий ілюмінатор; гумові кільця; притисний фланець; герметичний роз'єм; пробка; елементи кріплення.

Для реалізації можливості повороту відеобоксу розроблено спеціальне кріплення (в, рис. 1). З муфтами (1, в, рис. 1) з'єднуються напрямний вал крокового двигуна (КД) та допоміжний співвісний вал розташований в міцному корпусі (МК) № 2 (рис. 2).

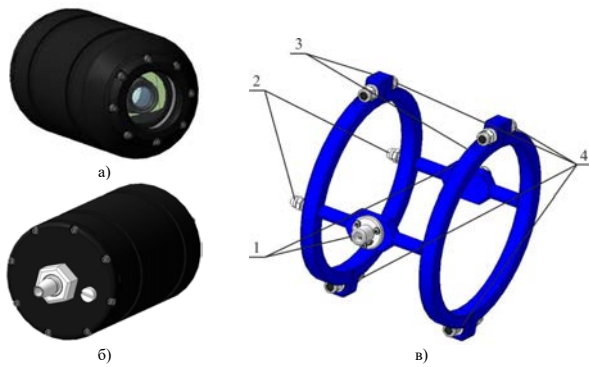


Рис. 1. 3D модель кріплення відеобоксу ППА проекту «ВСПН»

а) – відеобокс вид спереду; б) – відеобокс вид ззаду; в) – кріплення відеобоксу; 1) – муфти; 2) – з’єднуючі штанги; 3) – хомути; 4) – затяжне кріплення

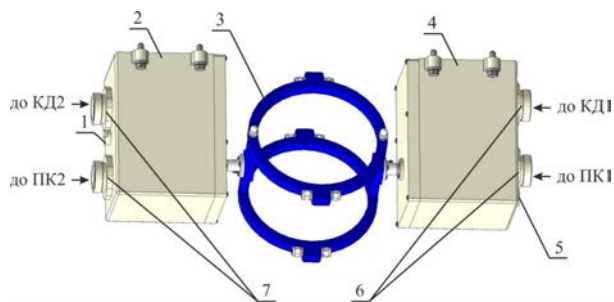


Рис. 2. З’єднання кріплення відеобоксу та міцних корпусів
1) – пробка МК № 1; 2) – МК № 1;
3) – кріплення відеобоксу; 4) – МК № 2;
5) – пробка МК № 2; 6) – роз’єми МК № 2;
7) – роз’єми МК № 1

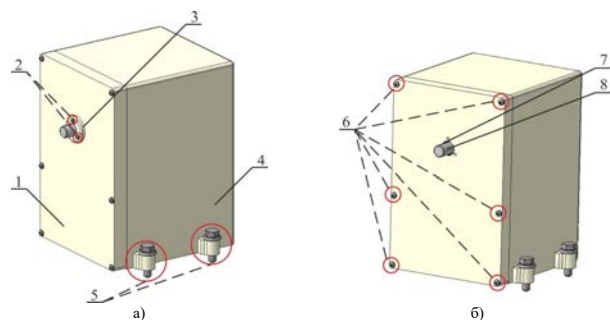


Рис. 3. 3D модель МК № 1

а) – з ущільненням на валу; б) – без ущільнення;
1) – кришка МК; 2) – місця кріплення фланцю;
3) – фланець; 4) – корпус; 5) – місця кріплення МК до поворотної платформи; 6) – місця кріплення кришки МК;
7) – місце установки гумового кільця;
8) – вал крокового двигуна

МК № 1 представляє собою прямокутну герметичну конструкцію зовнішній вигляд якої наведено на рис. 3. В МК № 1 розташовано КД та плату керування

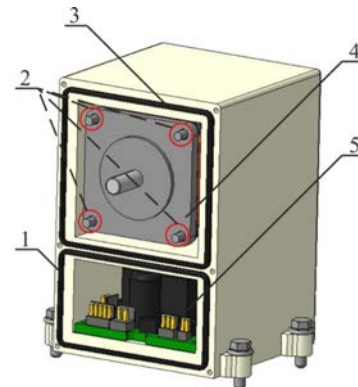


Рис. 4. 3D модель МК № 1 без кришки

1, 3) – гумові ущільнення відділень;
2) – місця кріплення КД до кришки МК;
4) – КД; 5) – плата керування КД

(ПК) (рис. 4). Вал КД з’єднується через муфту з конструкцією кріплення відеобоксу. Обертанням валу КД здійснюється поворот відеокамери відносно вертикальної вісі.

Для передачі сигналів керування та реалізації енергоживлення виконавчих механізмів використовуються стандартні чотириконтактні роз’єми, що вкручуються до панельних частин герметичних роз’ємів. В конструкції МК передбачено можливість застосування двох відділень – баророзвантаженого та баронавантаженого.

Модуль керування електроприводом відеобоксу побудований на базі двох плат керування кроковими біполярними електродвигунами. Відділення в якому розміщується КД заповнюється рідким діелектриком. По завершенню процесу заправки, в передбачений для таких операцій, технологічний отвір закручується пробка з гумовим ущільненням.

Через велику масу відеобоксу існує потреба в зменшенні навантаження на вал КД № 1, що відповідає за обертання відеокамери відносно вертикальної вісі. Рішення даної проблеми передбачено в конструкції МК № 2 (рис. 5).

В МК № 2 розташовано КД та плату керування (4, рис. 6). Обертанням валу КД № 2 здійснюється поворот відеокамери відносно горизонтальної вісі. Співвісний вал з’єднується через муфту з конструкцією кріплення відеобоксу. Вал жорстко зафіксований в підшипнику кочення.

Поворотна платформа реалізована у круглому виконанні. Зовнішній вигляд розробленої 3D моделі наведено на рис. 7.

В середині поворотної платформи розташовано циліндричну передачу реалізовану на принципі застосування рухомої та статичної шестерні. Допустимий кут обертання платформи відносно вертикальної вісі обмежений механічно та складає 36 градусів (рис. 8). Обертання платформи відносно горизонтальної вісі

обмежено програмно для безпечної експлуатації підключеної заборотної комутації та становить 180 градусів.

Підключення роз'ємів відеобоксу до бортової мережі ТППА здійснюється за допомогою кабелів заборотної комутації. З обох кінців зазначених кабелів розташовані кабельні частини, що мають бути сполучені з панельними частинами на корпусі виробу.

Сигнали керування КД знаходять інформаційним каналом по стандарту RS-485. З цією метою застосовуються два енкодера ZET7060-E та один інтелектуальний конвертер інтерфейсу Ethernet – RS-485 типу ZET7076.

Основні технічні характеристики розробки представлені у табл. 1.

Таблиця 1. Основні технічні характеристики розробки

№ з/п	Найменування параметра	Значення
1	Напруга постійного живлення, В	24
2	Відеокамера	GV-BX120D – 1 шт.
3	Плата керування	SMD60-7 – 2 шт.
4	Крокові електродвигуни	23HS6404 – 2 шт.
5	Передача механізмів обертання 1/2 осей	пряма, циліндрична
6	Інтерфейс керування	RS-485
7	Максимальна робоча глибина, м	250
8	Кути повороту відносно 1/2 осей	180/36
9	Сумарна споживча потужність, Вт	250
10	Діелектрик	трансформаторне мастило
11	Матеріал корпусу	анодований алюміній
12	Габаритні розміри виробу, мм	378×200
13	Маса у зібраному стані, кг	27,6

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

В якості виконавчих пристроїв електропривода виріб передбачає використання двох біполярних крокових двигунів, які мають високу надійність, так як в їхній конструкції відсутні деталі, що зношуються. Їх робочий ресурс залежить тільки від ресурсу застосованих в ньому підшипників.

Також, варто врахувати, що всім кроковим двигунам властива особливість втрати кроків. Даний ефект проявляється при виході за припустимі характеристики двигуна, при його неправильному керуванні, а також при проблемах з механікою. Тобто, при максимальних швидкостях обертання і при перевищенні припустимого навантаження можливий прояв ефекту втрати кроків. Застосування сучасних технологій керування кроковими двигунами, дозволяє повністю усунути даний ефект. Серед переваг від застосування крокових двигунів в електроприводі слід зазначити: високу надійність; відносно низьку ціну, а серед недоліків: падіння обертового моменту на високій

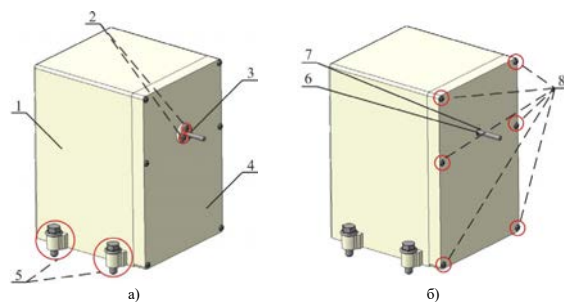


Рис. 5. 3D модель МК № 2 а) – з ущільненням на валу; б) – без ущільнення; 1) – корпус; 2) – місця кріплення фланцю; 3) – фланець; 4) – кришка; 5) – місця кріплення МК до поворотної платформи; 6) – співвісний вал; 7) – місце установки гумового кільця; 8) – місця кріплення кришки МК

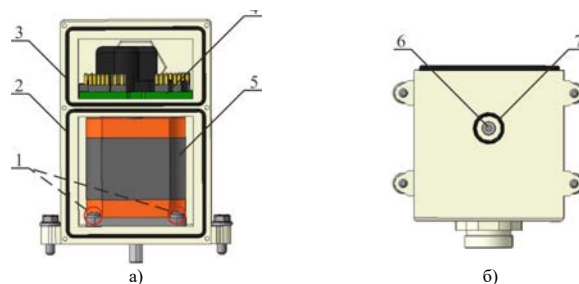


Рис. 6. 3D модель МК № 2 без кришки а) – вид спереду; б) – вид знизу; 1) – місця кріплення КД до корпусу; 2) – ущільнення баророзвантаженого відділення; 3) – ущільнення баронавантаженого відділення; 4) – плата керування КД; 5) – КД; 6) – вал КД; 7) – ущільнення валу КД

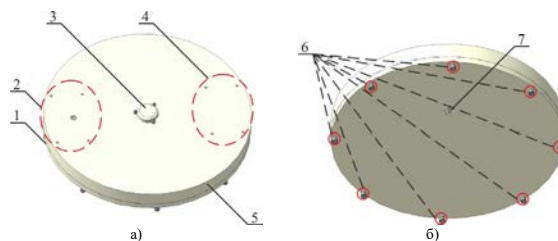


Рис. 7. Зовнішня 3D модель поворотної платформи а) – вид збоку кришки; б) – вид збоку корпусу; 1) – корпус; 2) – місце установки МК № 2; 3) – фланець; 4) – місце установки МК № 1; 5) – кришка; 6) – місця кріплення платформи до ПА; 7) – пробка

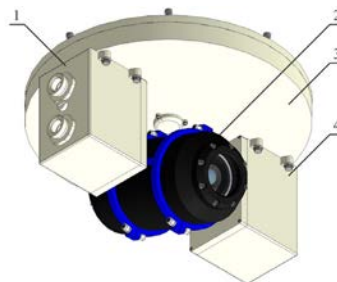


Рис. 8. 3D модель електропривода відеобоксу ТППА 1) – МК № 1; 2) – відеобокс; 3) – поворотна платформа; 4) – МК № 2

швидкості; низьку ремонтпридатність; можливість ефекту втрати кроків.

На базі використання модуля керування виконавчими кроковими двигунами, джерела живлення електродвигунів, цифрової відеокамери встановленої у середині відеобоксу, що виготовлений у вигляді міцного герметичного корпусу та запропонованої схеми організації прив'язної підводної системи, розроблено електропривод відеобоксу технологічного прив'язного підводного апарата з метою подальшої експлуатації виробу під час проведення різноманітних морських підводно-технічних робіт з можливістю застосування технологічного маніпуляційного обладнання. Функціонування виробу забезпечується застосуванням Powerline адаптерів, які дозволяють здійснювати швидкий обмін інформацією на відстань до 300 м кабель-тросового зв'язку.

ВИСНОВКИ

1. Розроблений механізм руху відеобоксу спроектований у вигляді електроприводної платформи до складу якої входять: модуль керування виконавчими кроковими електродвигунами, джерело живлення електродвигунів, відеобокс виготовлений у виді міцного герметичного корпусу з встановленою в ньому цифровою відеокамерою і призначений для забезпечення можливості зміни положення відеобоксу відносно технологічного прив'язного підводного апарата у двох осях – горизонтальної та вертикальної.

2. Застосування електроприводної платформи для руху відеобоксу технологічного прив'язного підводного апарата гарантує в режимі реального часу забезпечення оператора необхідною навігаційною відеоінформацією з морських глибин до 250 м про рух об'єкта та застосування технологічного обладнання, яким об'єкт облаштований.

REFERENCES

- [1] Dianne L. Mclean, Peter Macreadie, David J White, Paul G. Thomson, Ashley M. Fowler, Andrew Gates, M. Benfield, Tammy Horton, D. Skropeta, Todd Bond, David J Booth, Erika Techera, Charitha Pattiaratchi, Shaun P Collin, Daniel O. B. Jones, L. Smith, Julian C. Partridge (2018) Understanding the global scientific value of industry ROV data, to quantify marine ecology and guide offshore decommissioning strategies. *Offshore technology conference Asia*, 5. DOI: 10.4043/28312-MS
- [2] Fahri D Marajabesi, Iis Hamsir Ayub Wahab, Achmad Prajudin Sardju (2019) Rancang bangun sistem visi terkendali untuk ROV [Design a controlled vision system for ROV]. *PROtek jurnal ilmiah teknik elektro*, 3(2). DOI: 10.33387/protk.v6i1.1016
- [3] Vincent Raoult, Louise Tosetto, Courtney Harvey, Tess Nelson, Joshua Reed, Aashi Parikh, Alysha J. Chan, Timothy M. Smith, Jane E. Williamson (2019) Remotely operated vehicles as alternatives to snorkellers for video-based marine research. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 522, 151253. DOI: 10.1016/j.jembe.2019.151253
- [4] Admir Kaknjo, Muzaffar Rao, Edin Omerdic, Luke Robinson, Daniel J. F. Toal, Thomas Newe (2018) Real-time video latency measurement between a robot and its remote control station: causes and mitigation. *Wireless communications and mobile computing*, 2018(2), 1-19. DOI: 10.1155/2018/8638019
- [5] Leif Rasmuson, Scott R Marion, Stephanie A Fields, Matthew T.O. Blume, Kelly Lawrence, Polly Rankin (2022) Influence of near bottom fish distribution on the efficacy of a combined hydroacoustic video survey. *ICES journal of marine science*, 79(7). DOI: 10.1093/icesjms/fsac138
- [6] Kartick Upadhyay (2023) Comparative analysis of methods for streaming and broadcasting of analog CCTV camera. *International journal of reconfigurable and embedded systems*, 11(3), 332-336
- [7] Juan Francisco Osorio Deliz, Angelina Diaz, Eduardo Javier, Arista Romeu (2013) Programmable electronic system for analog and digital gamma cameras modernization. *WONP-NURT-2013*, Havana, Cuba
- [8] Siddharth R.K., Sunil Rathore, Nithin Kumar Y.B., Vasantha M.H., Edoardo Bonizzoni (2018) An asynchronous analog to digital converter for surveillance camera applications. *IEEE Computer society annual symposium on VLSI*. DOI: 10.1109/ISVLSI.2018.00039
- [9] Dadan Iskandar (2020) Motive and perception as distinguishing factors of the use of analog camera in the digital area. DOI: 10.22161/IJELS
- [10] Steve Cohan (2008) Trends in ROV development. *Marine technology society journal*, 42(1), 38-43. DOI: 10.4031/002533208786861335
- [11] Yogi Aldino, Sri Ratna Sulistiyanti, Muhamad Komarudin (2018) Rancang bangun perangkat kendali ROV berbasis joypad dan aplikasi pemantauan kondisi bawah air berbasis video streaming [Design a joypad-based ROV control device and a video streaming-based underwater condition monitoring application]. *Electrician jurnal rekayasa dan teknologi elektro*, 12(3), 97. DOI: 10.23960/elc.v12n3.2091
- [12] Simon Siregar, Muhammad Ikhsan, Sani Sintong, Tua Parlindungan Silalahi (2020) Single camera depth control in micro class ROV. *Telecommunication computing electronics and control*, 18(3), 1546. DOI: 10.12928/telkonnika.v18i3.14885
- [13] Oscar Adrian Aguirre-Castro, Everardo Inzunza Gonzalez, E.E. Garcia-Guerrero, Esteban Tlelo-Cuautle, Oscar Roberto Lopez-Bonilla, Jesús Everardo Olguín Tiznado, J.R. Cárdenas-Valdez (2019) Design and construction of an ROV for underwater exploration. *Sensors*, 19(24), 5387. DOI: 10.3390/s19245387
- [14] Filipe Marques, Filipa Castro, Manuel Parente, Pedro Costa (2020) visual inertial system for ROV positioning. *Abu Dhabi international petroleum exhibition & conference*. DOI: 10.2118/203395-MS
- [15] R. Austin McEver, Bowen Zhang, Connor Levenson, B.S. Manjunath (2023) Context-driven detection of invertebrate species in deep-sea video. *International journal of computer vision*, 131(6), 1-22. DOI: 10.1007/s11263-023-01755-4

- [16] Todd Bond, Dianne L. Mclean, Jane Prince, Michael Taylor, Julian C Partridge (2022) Baited remote underwater video sample less site attached fish species along a subsea pipeline compared to a remotely operated vehicle. *Marine and freshwater research*, 73(7). DOI: 10.1071/MF21261
- [17] R. Mitchell Bosler, Simen Rønne, David Furnidge, Alfhild Waeroe, Johann Rangua, Craig Ferguson (2023) Efficient survey tools for an improved understanding of deep seabed minerals. *Offshore technology conference*. DOI: 10.4043/32490-MS
- [18] Blintsov O.V., Voitasyk A.M. (2013) Doslidzhennia yakosti zobrazhennia kamer videosposterezhenia v umovakh shtuchnoho osvittlennia [Study of image quality of video surveillance cameras under artificial lighting conditions]. Problemy avtomatyky ta elektroobladnannia transportnykh zasobiv: Materialy vseukrainskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu. – Mykolaiv: NUK. – S. 133-135
- [19] Voitasyk A.M. (2013) Laboratornyi stend dlia doslidzhennia kharakterystyk suchasnykh pidvodnykh videokamer [Laboratory stand for researching the characteristics of modern underwater video cameras]. Avtomatyka: Materialy XX mizhnarodnoi konferentsii z avtomatychnoho upravlinnia, prysviachenoj 100-richchju z dnia narodzhennia akademika NANU O.H. Ivakhnenka. – Mykolaiv: NUK. – S. 279
- [20] Leticia Huidobro, M. Vásquez-Ortiz, V.H. Martínez-Magaña, Roberto Vallarta, D. Hernández-Cruz, E.V. Pérez-Flores, L. Altamirano-López, R. Isaac Rojas-González (2023) Abundancia de calamar gigante y prospección del ecosistema bentónico al sur de las grandes islas [Abundance of giant squid and survey of the benthic ecosystem south of the large islands]. Campaña océano pacífico. *Informe Técnico*, 18
- [21] Mahdi Razaz, Daniela Di Iorio, Binbin Wang, Ian R Macdonal (2020) Temporal variations of a natural hydrocarbon seep using a deep-sea camera system. *Journal of atmospheric and oceanic technology*, 37(9), 1-41. DOI: 10.1175/JTECH-D-19-0137.1
- [22] Maria Vigo, Fernandez Maria Vigo, Fernandez Joan Navarro, Jacopo Aguzziv (2023) ROV-based monitoring of passive ecological recovery in a deep-sea no-take fishery reserve. *Science of the total environment*, 883(6), 163339. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163339
- [23] Blintsov O.V., Burunina Zh.Yu., Voitasyk A.M. (2018) Refining the classification of underwater missions performed using underwater complexes with flexible connections. *Shipbuilding and marine infrastructure*, № 1(9), 36-43. DOI: 10.15589/SML.2018.01.05
- [24] Musa Payung, Abdul Zain Rancang (2021) Bangun remotely operated vehicle untuk monitoring kondisi terumbu karang di perairan Bontang [Build a remotely operated vehicle to monitor the condition of coral reefs in Bontang waters]. *Jurnal nasional komputasi dan teknologi informasi*, 4(2), 149-157. DOI: 10.32672/jnkti.v4i2.2838
- [25] Xin Fang, Heng Li, Sherong Zhang, Jikang Zhang, Chao Wang, Xiao-hua Wang, Ziao Ma, Jia He (2023) Integration of ROV and vision-based underwater inspection for limnoperna *Limnoperna fortunei* in water conveyance structure. *Engineering applications of artificial intelligence*, 124, 106575. DOI: 10.1016/j.engappai.2023.106575

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Dianne L. Mclean, Peter Macreadie, David J White, Paul G. Thomson, Ashley M. Fowler, Andrew Gates, M. Benfield, Tammy Horton, D. Skropeta, Todd Bond, David J Booth, Erika Techera, Charitha Pattiaratchi, Shaun P Collin, Daniel O. B. Jones, L. Smith, Julian C. Partridge (2018) Understanding the global scientific value of industry ROV data, to quantify marine ecology and guide offshore decommissioning strategies. *Offshore technology conference Asia*, 5. DOI: 10.4043/28312-MS
- [2] Fahri D Marajabesi, Iis Hamsir Ayub Wahab, Achmad Prajudin Sardju (2019) Rancang bangun sistem visi terkendali untuk ROV. *PROtek jurnal ilmiah teknik elektro*, 3(2). DOI: 10.33387/protk.v6i1.1016
- [3] Vincent Raoult, Louise Tosetto, Courtney Harvey, Tess Nelson, Joshua Reed, Aashi Parikh, Alysha J. Chan, Timothy M. Smith, Jane E. Williamson (2019) Remotely operated vehicles as alternatives to snorkellers for video-based marine research. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 522, 151253. DOI: 10.1016/j.jembe.2019.151253
- [4] Admir Kaknjo, Muzaffar Rao, Edin Omerdic, Luke Robinson, Daniel J. F. Toal, Thomas Newe (2018) Real-time video latency measurement between a robot and its remote control station: causes and mitigation. *Wireless communications and mobile computing*, 2018(2), 1-19. DOI: 10.1155/2018/8638019
- [5] Leif Rasmuson, Scott R Marion, Stephanie A Fields, Matthew T.O. Blume, Kelly Lawrence, Polly Rankin (2022) Influence of near bottom fish distribution on the efficacy of a combined hydroacoustic video survey. *ICES journal of marine science*, 79(7). DOI: 10.1093/icesjms/fsac138
- [6] Kartick Upadhyay (2023) Comparative analysis of methods for streaming and broadcasting of analog CCTV camera. *International journal of reconfigurable and embedded systems*, 11(3), 332-336
- [7] Juan Francisco Osorio Deliz, Angelina Díaz, Eduardo Javier, Arista Romeu (2013) Programmable electronic system for analog and digital gamma cameras modernization. *WONP-NURT-2013*, Havana, Cuba
- [8] Siddharth R.K., Sunil Rathore, Nithin Kumar Y.B., Vasantha M.H., Edoardo Bonizzoni (2018) An asynchronous analog to digital converter for surveillance camera applications. *IEEE Computer society annual symposium on VLSI*. DOI: 10.1109/ISVLSI.2018.00039
- [9] Dadan Iskandar (2020) Motive and perception as distinguishing factors of the use of analog camera in the digital area. DOI: 10.22161/IJELS
- [10] Steve Cohan (2008) Trends in ROV development. *Marine technology society journal*, 42(1), 38-43. DOI: 10.4031/002533208786861335
- [11] Yogi Aldino, Sri Ratna Sulistiyanti, Muhamad Komarudin (2018) Rancang bangun perangkat kendali ROV berbasis joypad dan aplikasi pemantauan kondisi bawah air berbasis video streaming. *Electrician jurnal rekayasa dan teknologi elektro*, 12(3), 97. DOI: 10.23960/elc.v12n3.2091

- [12] Simon Siregar, Muhammad Ikhsan, Sani Sintong, Tua Parlindungan Silalahi (2020) Single camera depth control in micro class ROV. *Telecommunication computing electronics and control*, 18(3), 1546. DOI: 10.12928/telkomnika.v18i3.14885
- [13] Oscar Adrian Aguirre-Castro, Everardo Inzunza Gonzalez, E.E. Garcia-Guerrero, Esteban Tlelo-Cuautle, Oscar Roberto Lopez-Bonilla, Jesús Everardo Olguín Tiznado, J.R. Cárdenas-Valdez (2019) Design and construction of an ROV for underwater exploration. *Sensors*, 19(24), 5387. DOI: 10.3390/s19245387
- [14] Filipe Marques, Filipa Castro, Manuel Parente, Pedro Costa (2020) visual inertial system for ROV positioning. *Abu Dhabi international petroleum exhibition & conference*. DOI: 10.2118/20203395-MS
- [15] R. Austin McEver, Bowen Zhang, Connor Levenson, B.S. Manjunath (2023) Context-driven detection of invertebrate species in deep-sea video. *International journal of computer vision*, 131(6), 1-22. DOI: 10.1007/s11263-023-01755-4
- [16] Todd Bond, Dianne L. Mclean, Jane Prince, Michael Taylor, Julian C Partridge (2022) Baited remote underwater video sample less site attached fish species along a subsea pipeline compared to a remotely operated vehicle. *Marine and freshwater research*, 73(7). DOI: 10.1071/MF21261
- [17] R. Mitchell Bosler, Simen Rønne, David Furnidge, Alfhild Waerøe, Johann Rangua, Craig Ferguson (2023) Efficient survey tools for an improved understanding of deep seabed minerals. *Offshore technology conference*. DOI: 10.4043/32490-MS
- [18] Блінцов О.В., Войтасик А.М. (2013) Дослідження якості зображення камер відеоспостереження в умовах штучного освітлення. *Проблеми автоматизації та електрообладнання транспортних засобів: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю*. – Миколаїв: НУК. – С. 133-135
- [19] Войтасик А.М. (2013) Лабораторний стенд для дослідження характеристик сучасних підводних відеокамер. *Автоматика: Матеріали ХХ міжнародної конференції з автоматичного управління, присвяченої 100-річчю з дня народження академіка НАНУ О.Г. Івахненка*. – Миколаїв: НУК. – С. 279
- [20] Leticia Huidobro, M. Vásquez-Ortiz, V.H. Martínez-Magaña, Roberto Vallarta, D. Hernández-Cruz, E.V. Pérez-Flores, L. Altamirano-López, R. Isaac Rojas-González (2023) Abundancia de calamar gigante y prospección del ecosistema bentónico al sur de las grandes islas, Golfo de California. Campaña océano pacífico. *Informe Técnico*, 18
- [21] Mahdi Razaz, Daniela Di Iorio, Binbin Wang, Ian R Macdonal (2020) Temporal variations of a natural hydrocarbon seep using a deep-sea camera system. *Journal of atmospheric and oceanic technology*, 37(9), 1-41. DOI: 10.1175/JTECH-D-19-0137.1
- [22] Maria Vigo, Fernandez Maria Vigo, Fernandez Joan Navarro, Jacopo Aguzziv (2023) ROV-based monitoring of passive ecological recovery in a deep-sea no-take fishery reserve. *Science of the total environment*, 883(6), 163339. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163339
- [23] Blintsov O.V., Burunina Zh.Yu., Voityasyk A.M. (2018) Refining the classification of underwater missions performed using underwater complexes with flexible connections. *Shipbuilding and marine infrastructure*, № 1(9), 36-43. DOI: 10.15589/SMI.2018.01.05
- [24] Musa Payung, Abdul Zain Rancang (2021) Bangun remotely operated vehicle untuk monitoring kondisi terumbu karang di perairan bontang. *Jurnal nasional komputasi dan teknologi informasi*, 4(2), 149-157. DOI: 10.32672/jnkti.v4i2.2838
- [25] Xin Fang, Heng Li, Sherong Zhang, Jikang Zhang, Chao Wang, Xiao-hua Wang, Ziao Ma, Jia He (2023) Integration of ROV and vision-based underwater inspection for limnoperla *Limnoperla fortunei* in water conveyance structure. *Engineering applications of artificial intelligence*, 124, 106575. DOI: 10.1016/j.engappai.2023.106575

© Войтасик А. М.

Дата надходження статті до редакції: 09.10.2023

Дата затвердження статті до друку: 16.11.2023