

БЕЗПЛОТНІ МОРСЬКІ АПАРАТИ. РОЗРАХУНОК ТА ТЕХНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ**В.О. Александров**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: vladyslav.aleksandrov2@nure.ua

Анотація: У статті розглянуто загальне визначення терміну морських БА, їх види, технічні особливості, характеристики, сфери використання.

Ключові слова: безпілотний, вид, технічний, характеристика, використання

UNMANNED MARINE VEHICLES. CALCULATION AND TECHNICAL FEATURES**V. Aleksandrov**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: vladyslav.aleksandrov2@nure.ua

Annotation: The article considers the general definition of the term marine UAVs, their types, technical features, characteristics, and areas of use.

Key words: unmanned, type, technical, characteristics, use

Морські дрони, або автономні надводні/підводні апарати, є ключовими елементами сучасної морської робототехніки, спрямованої на виконання широкого спектра завдань у морському середовищі. Вони знаходять застосування в таких сферах, як наукові дослідження, рятувальні операції, оборона, екологічний моніторинг та логістика. Морські дрони вирізняються своєю здатністю виконувати місії без участі людини на борту, що робить їх незамінними в умовах високого ризику або складної доступності. Впровадження автономних рішень у морському середовищі дозволяє :

– Зменшити ризики для людей, виконуючи завдання в небезпечних зонах (штормові умови, забруднені акваторії).

– Підвищити ефективність операцій завдяки високій точності навігації та можливості працювати в автономному режимі протягом тривалого часу.

– Знизити витрати на реалізацію місій, оскільки морські дрони не потребують великих екіпажів або значних витрат пального.

Кожне судно має морехідні та експлуатаційні якості [1].

До морехідних відносяться:

- плавучість;
- остійність;
- непотоплюваність;
- морехідність;
- хідкість;
- керованість.

Розглянемо більш детально кожний з термінів.

Плавучість це здатність судна плавати в необхідному положенні щодо поверхні води, при заданому навантаженні.

Остійність це здатність судна, відхиленого дією зовнішніх сил з положення рівноваги повертатися у вихідне положення рівноваги після припинення дії цих сил.

Непотоплюваність це здатність судна зберігати достатню плавучість і стійкість після затоплення одного або кількох відсіків.

Морехідність це здатність судна протистояти впливу морського хвилювання з коливаннями потенційно змінюваними в більшу сторону за частотою та амплітудою.

Хідкість це здатність судна переміщатися за заданою швидкістю.

Керованість це здатність судна утримувати заданий напрямок руху або змінювати його за бажанням судноводія або оператора.

До експлуатаційних якостей відносять:

- вантожопідйомність;
- вантажовмісність;
- швидкість;
- маневреність;
- дальність плавання;
- автономність;
- живучість.

Вантожопідйомність це маса вантажу, що перевозиться і який може бути прийнятий за умови збереження проєктної осадки судна.

Вантажовмісність це об'єм приміщень судна, призначених для перевезення вантажів.

Швидкість це забезпечення економічної ефективності.

Маневреність це здатність судна виконувати задані маневри.

Дальність плавання це максимально можлива пройдена відстань без поповнення запасів.

Автономність це час роботи судна без поповнення запасу палива, мастил, води та провізії.

Живучість це здатність судна при отриманні пошкоджень зберегти свої експлуатаційні та морехідні якості.

До найбільш важливих формул при розрахунку корпусу морського дрона на його навантажень можна віднести наступні формули:

$$m_{\text{корпус}} = (\rho \cdot S \cdot t) + m_{\text{посилення}}, \quad (1)$$

де $m_{\text{корпус}}$ – маса корпусу, г;

ρ – густина матеріалу, г/см³;

S – площа корпусу, м²;

t – середня товщина корпусу, мм;

$m_{\text{посилення}}$ – маса елементів посилення корпусу.

Формула розрахунку об'єму розроблюваного корпусу:

$$V = l \cdot h \cdot b \cdot C_v, \quad (2)$$

де V – об'єм, м³;

l – довжина корпусу, м;

h – висота корпусу, м;

b – ширина корпусу, м;

C_v – коефіцієнт об'ємної повноти.

Розрахунок остійності розроблюваного дрона проводиться згідно з умовами теорії остійності судна (рис. 1-2) [2].

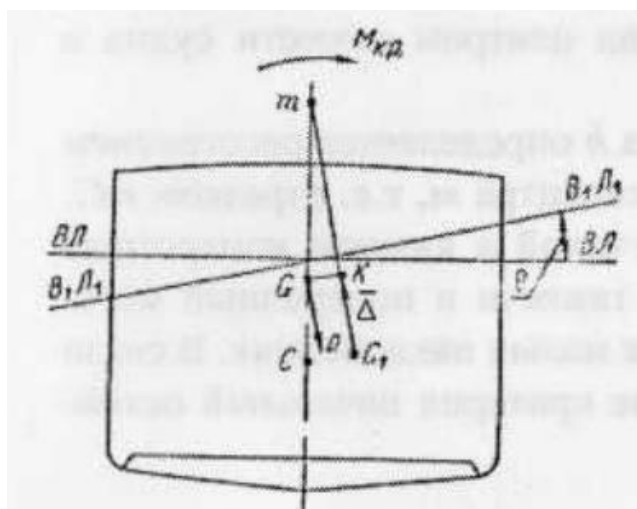


Рисунок 1 – Судно остійне

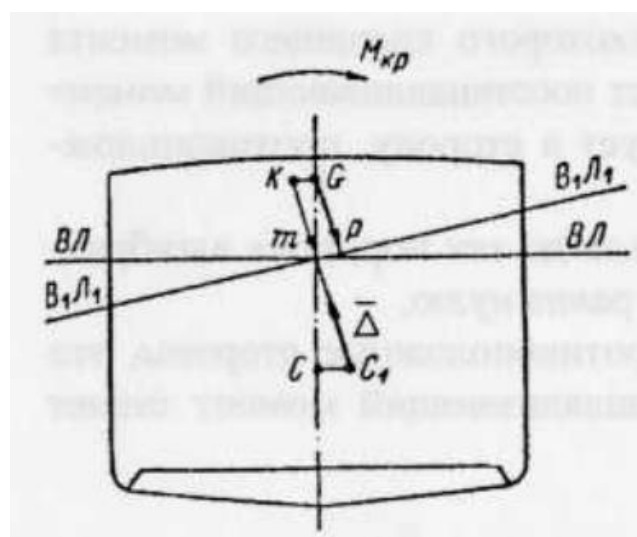


Рисунок 2 – Судно неостійне

Розрахунок остійності судна проводиться за формулою виду:

$$h = m + BM - G, \quad (3)$$

де h – метацентрична висота, м;

m – розташування метацентру, м;

BM – метацентрична поправка, м;

G – розташування центра маси, м.

Причому слід зауважити, що умовою остійності виходячи з вищенаведеною формули є чисельне значення метацентричної висоти, яке більше нуля.

Загалом, найважливішими параметрами які необхідно враховувати при розробці та експлуатації морських дронів зведено до таблиці 1.

Таблиця 1 – Найважливіші параметри розроблюваного дрона

Характеристика	Одиниця вимірювання
1	2
Довжина	мм

Продовження таблиці 1

Ширина	мм
Висота	мм
Маса корпусу	кг
Повна маса	кг
Внутрішній об'єм	м ³
Остійність	м
Плавучість	Позитивна/Нейтральна/Негативна
Вантажопідйомність	кг
Максимальна швидкість	м/с
Автономність	год

При розробці моделі майбутнього морського дрона необхідним є не лише створення корпусу та комплектуючих (рис. 3), але й перевірка шляхом проведення симуляційних досліджень впливу різних видів навантаження та точок прикладення сили відносно корпусу розроблюваного дрона.

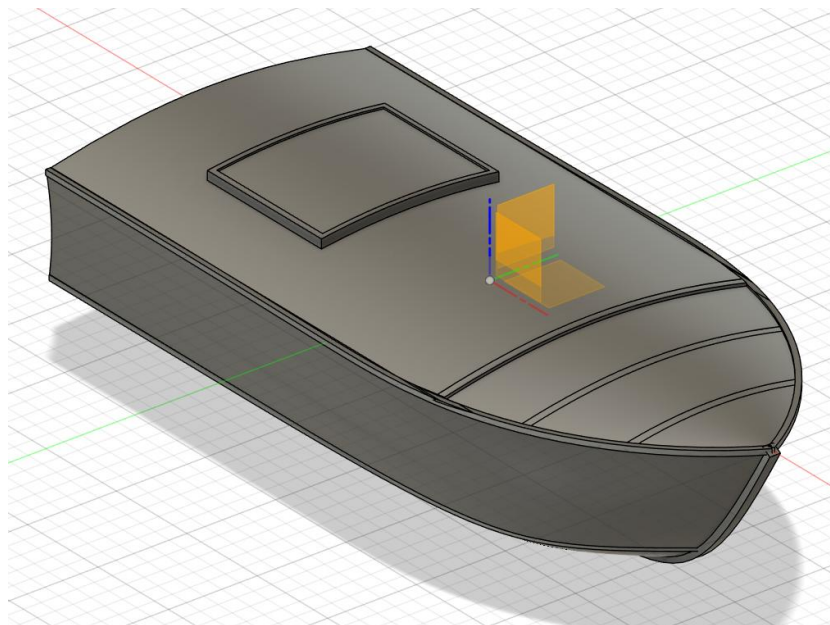


Рисунок 3 – Приклад комп'ютерної моделі

Серед найбільш важливих особливостей міцності розроблюваного корпусу є його здатність витримувати повздовжню, поперечну протилежно-направлену силу навантаження зовнішньої середовища (рис. 4–6)

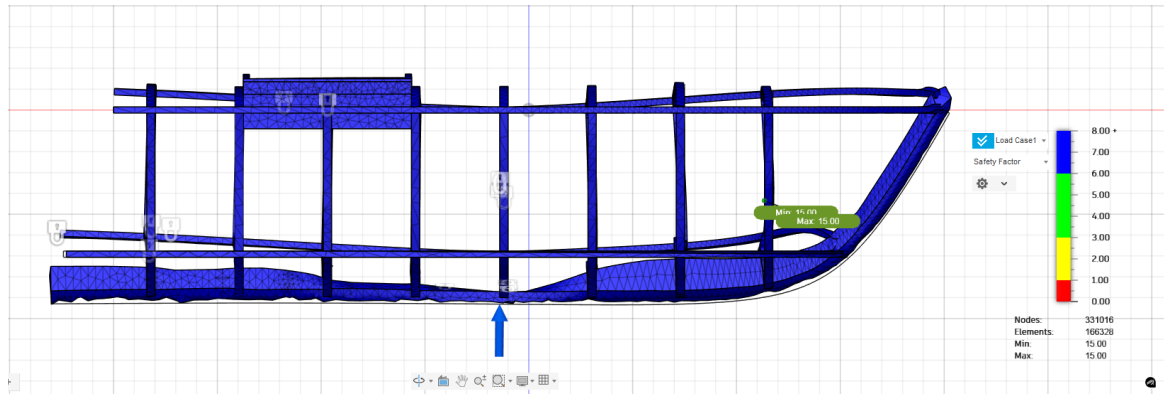


Рисунок 4 – Боковий вид симуляції повздовжнього навантаження

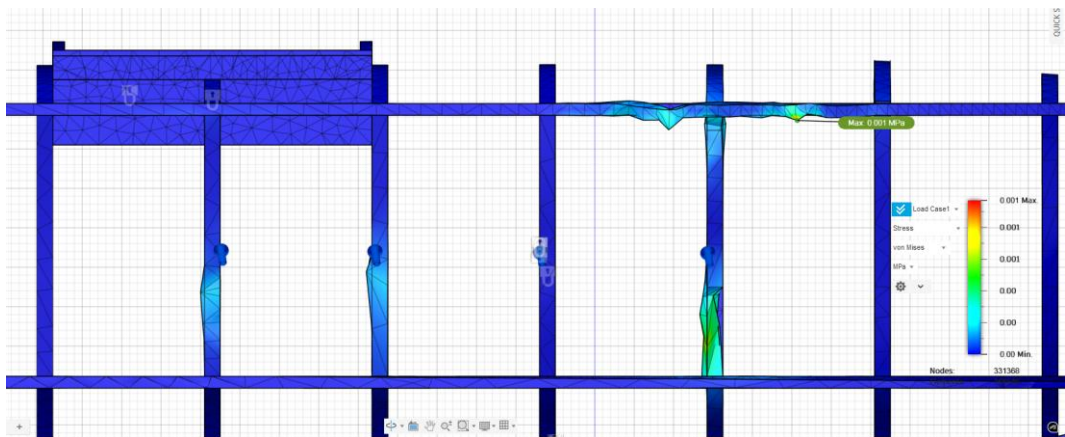


Рисунок 5 – Симуляція поперечного навантаження

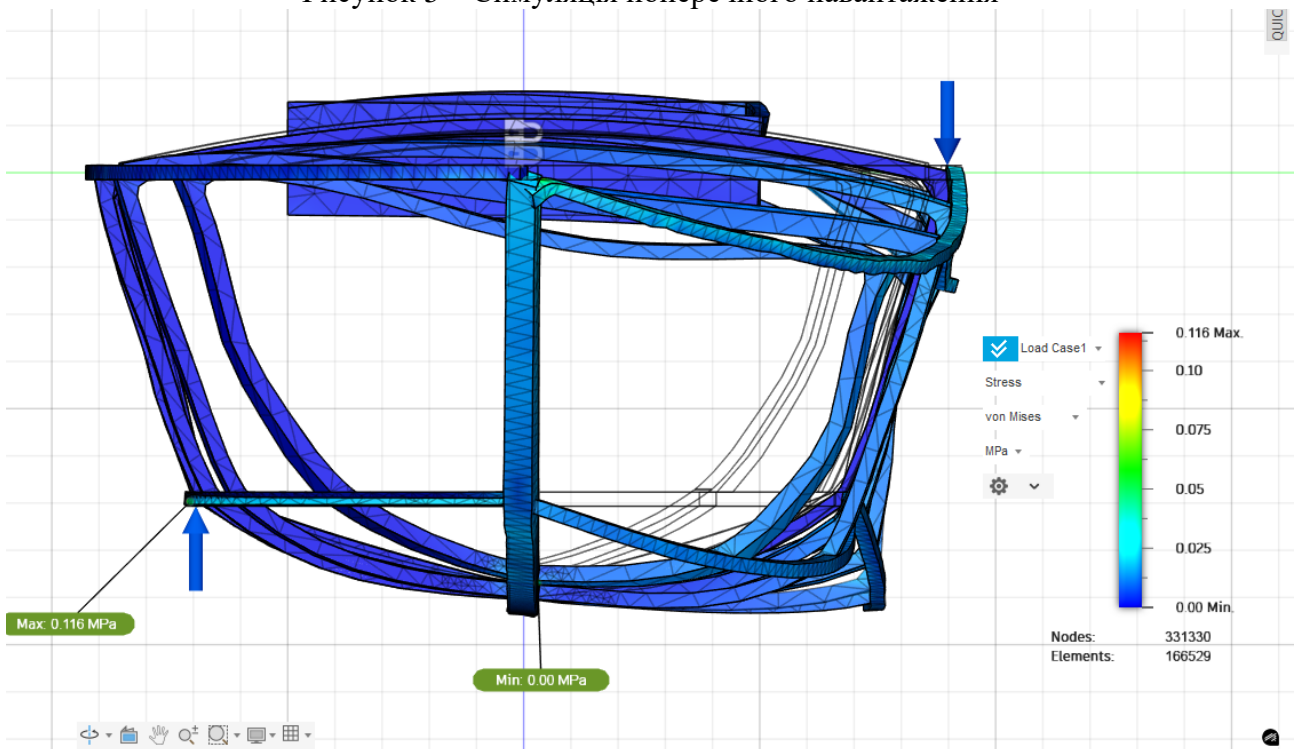


Рисунок 6 – Симуляція навантаження на скручування

ВИСНОВКИ. В ході підготовки та аналізу теоретичної бази знань в сфері використання, розробки та симуляції різних видів морських безпілотних систем було виявлено найважливіші аспекти їх розробки та симуляції. Серед обов'язкових в даному контексті проблем є перевірка структурної та розрахункової цілісності моделей морських дронів, а також структуризація особливих параметрів розрахунків корпусу та електронних компонентів. Виявлені дані дозволяють вдосконалювати майбутні проєктні рішення в обраній сфері, покращувати розрахунки, формулювання завдань та необхідних функціональних особливостей до розроблених моделей а також вводити нові стандарти для вже існуючих систем та супутньої інфраструктури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прадюх В.І., Капліна А.А. Морехідні якості суден : Навчальний посібник. - 2021. - С. 8-92.
2. Аксьонов А.В., Нечитайло В.І. Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. - 2020. - С. 40-60.
3. Yevsieiev V. Digital Twins of Collaborative Robotic Systems for Decision Support in Emergency Situations / V. Yevsieiev, S. Svetlana // Intelligent Civil Safety Technologies and Robotic Systems for Emergency and Rescue Operations (ICSTRO-2026) : Proceedings of I-st All-Ukrainian Conference, February 12-23, 2026. – Kharkiv, 2026. - P. 153-156.
4. Yevsieiev, V., Gurin, D., Kulish, S., & Voloshyn, Y. (2025). Development of a partially supervised Markov decision-making model for a 3-link collaborative robot-manipulator. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2025(4), 83-94. doi:<https://doi.org/10.32620/reks.2025.4.06>
5. Chala, O., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Abu-Jassar, A. (2025). Mathematical model based on multi-agent reinforcement learning (marl) and partially observable markov decision process (pomdp) for modeling cargo movement for a mobile robots group. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 5(4), 480-489.
6. Yevsieiv V. Mathematical Model of Adaptive Control of a Collaborative Mobile Manipulator in a Shared Working Environment / V. Yevsieiv // *Manufacturing & Mechatronic Systems 2025 : Theses of Reports of IX-st International Conference*, October 25-26, 2025. - Kharkiv, 2025. - P. 22-25.
7. Improvement of the Encoding Information Method for Pharmaceutical Products QR-Codes During Sorting on a Robotic Conveyor Line / I. Nevliudov, O. Klymenko, V. Yevsieiev, S. Maksymova. // *Bulletin of the National Technical University "KhPI", series: Techniques in a machine industry*. - 2025. - No. 1(11). - P. 128-134. - DOI : [https://doi.org/10.20998/2079-004X.2025.1\(11\).15](https://doi.org/10.20998/2079-004X.2025.1(11).15).
8. Nevliudov I. Sh. Mathematical Model of Block Process Planning in Systems of Allocation of Task Between People and Collaborative Robots in the Framework of Industries 5.0 / I. Sh. Nevliudov, V. V. Yevsieiev, D. V. Gurin // *Visnyk of Kherson National Technical University*. – 2025. - Vol. 1, № 1(92). - P. 157-163.
9. Hybrid Approaches to Building Intelligent Robotic Systems on FPGAs and MCUs for Industry 5.0 Tasks / V. Yevsieiev, S. Maksymova, N. Demska, N. Starodubcev // *Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA-2025) : VII International Scientific and Practical Conference*, June 27-28, 2025. – Kharkiv : NURE – P.30-35.

Науковий керівник: *Разумов-Фризюк Євгеній Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри КІТАРБІ, Харківського національного університету радіоелектроніки.*