

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА  
МОГИЛИ

**Баланчук Андрій Вадимович**

УДК 004.021:004.056.55

**Програмне забезпечення для визначення руху у рідині еліпсоїда  
з рушієм – прямокутною пластиною, що здійснює лінійно-  
кутові коливання**

122 – Комп'ютерні науки

Автореферат  
магістерської наукової роботи на здобуття освітньої кваліфікації  
«Магістр комп'ютерних наук»

Миколаїв – 2019

Магістерська наукова робота є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України на кафедрі інтелектуальних інформаційних систем.

Науковий керівник: д – р техн. наук, проф. кафедри  
**Л. М. Дихта,**  
Чорноморський національний  
університет ім. Петра Могили,

Рецензент: д – р техн. наук, професор  
**В. Я. Кутковецький,**  
Чорноморський національний  
університет ім. Петра Могили,

Захист відбудеться 28 лютого 2019 р. о 9<sup>00</sup> год. на засіданні екзаменаційної комісії (ауд. 2-403) у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

З магістерською науковою роботою можна ознайомитися в бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

Автореферат представлений «\_\_\_» лютого 2019 р.

Секретар  
екзаменаційної комісії,  
канд. пед. наук, доцент

Н. М. Болюбаш

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми** в даний час, викликає вивчення пропульсивних систем плавникового типу для створення глибоководних дослідних і пошуково-рятувальних апаратів, також домагаючись економії потужності і поліпшення керованості з використанням малощумних рушіїв, що володіють підвищеною надійністю і прохідністю при плаванні навіть в ускладнених прохідних акваторіях.

Економія палива, що грає першорядну роль у всіх галузях народного господарства, має особливе значення в організації водного транспорту. Дійсно, судно, маючи певну норму палива, змушене приймати на борт повільно витрачуваній його запас, внаслідок чого збільшується водотоннажність, а частина споживаного палива витрачається на його власне перевезення.

З цих міркувань навіть невеликий виграш в потужності виправдовує чималі початкові витрати при будівництві судна, пов'язані з поліпшенням його пропульсивних якостей. Тим часом судно, призначене для плавання в морських або озерних басейнах, значну частину часу експлуатації проводить в умовах хвильового коливання, що представляє одну з форм механічної енергії, запас якої практично невичерпний. Розрахунки показують, що повз судна, що знаходиться на хвилі, безперервно і марно тече потік енергії, величина якої досягає десятки тисяч кіловат, тому створення пристроїв, що дозволяють використовувати хоча б частину цієї енергії для поліпшення пропульсивних якостей судна, представляє безперечний практичний інтерес.

**Метою** даної роботи є здійснення моделювання руху у рідині еліпсоїда з рушієм (прямокутною пластиною), що здійснює лінійно-кутові коливання здатного привести в поступальних рух тіло типу еліпсоїда (дельфін, кит, акула).

**Об'єктом дослідження** є процеси руху, адже при заданих фізичних параметрах ми можемо керувати його показниками.

**Предмет дослідження** є тіло типу еліпсоїда поступальних рух якого здійснюється за допомогою коливань рушія.

Новизна результатів роботи полягає в створенні найпростішої математичної моделі гідробіонта у вигляді видовженого трьохосного еліпсоїда з рушієм - невеликою прямокутною пластинкою, яка для приведення в поступальний рух цього еліпсоїда здійснює складні лінійно – кутові гармонічні коливання. Змінюючи амплітуду та частоту вказаних коливань, удається досягти бажаних результатів щодо швидкості поступального руху еліпсоїда.

Результати даного дослідження обговорювалися на всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів і студентів "Інтелектуальні інформаційні системи".

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику досліджуваної теми, обґрунтовано актуальність магістерської наукової роботи, сформульовано мету, завдання досліджень, відзначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

У **першому розділі** надані теоретичні відомості про дослідження гідробіоніки, вказано предмет гідробіоніки і його місце в циклі наук про технічні засоби руху у воді. Також визначено методи, якими користується гідробіоніка. Розглянуто загальну характеристику і аналіз кінематики нестационарного плавання гідробіонтів, а також застосування результатів гідробіологічних досліджень форми тіла гідробіонта в техніці.

У **другому розділі** проаналізовано предметну область, а саме: введенню про рушій, його видам та використанню. Проведено дослідження технічного моделювання рушіїв гідробіонтів і їх використання при створенні суднових рушіїв.

Типи рушіїв. Розрізняють хвилеподібний і гідрореактивний способи плавання тварин у водному середовищі.

Хвилеподібний спосіб плавання набув найбільшого поширення у рухливих водних тварин. Менш поширеними є його модифікації - переміщення завдяки хвилеподібний руху джгутика, яке характерно для найпростіших одноклітинних організмів, і переміщення за допомогою руху великого числа війок, що спостерігається серед найпростіших кишковопорожнинних і грибкових.

Протилежністю хвилеподібному способу плавання у воді є гідрореактивне рух за рахунок викидання водяних струменів. Так плавають гідри і медузи, а також головоногі моллюски, наприклад кальмари. Більшість головоногих мають плавника, яким повідомляється хвилеподібний рух при

маневруванні. Серед хребетних гідрореактивний спосіб плавання не зустрічається.

Гідрореактивний рух ефективний при великих числах Рейнольдса, а рух за допомогою війок - при досить малих значеннях цих чисел. У цьому сенсі хвилеподібний спосіб самий універсальний, так як він є прийнятним у всьому діапазоні чисел Рейнольдса, починаючи від повільно плавають стрічкових і кільчастих хробаків до швидкісних риб і китоподібних.

Для китоподібних характерним є хвилеподібний спосіб пересування, а основним рушієм - горизонтальний хвостовий плавник, амплітуда коливань у вертикальній площині яких значно перевищує амплітуду коливань інших частин його тіла. Так, наприклад, співвідношення амплітуд хвостового плавника  $a_1$ , ЦТ  $a_2$  і носа  $a_3$  дельфіна дорівнює  $a_1 : a_2 : a_3 = 1,00 : 0,05 : 0,40$ .

З цього випливає, що ЦТ дельфіна рухається майже прямолінійно, в той час як амплітуда коливань хвостового плавника майже в 2,5 рази більше амплітуди коливань носа. При цьому коливання носа дельфіна відбуваються в протифазі по відношенню до коливань хвостового плавника. Частота коливань двохлопатевого хвостового плавника китоподібних становить  $f = (0,2 \dots 2,0) \text{ c}^{-1}$ .

Щодо великої висоти хвостової частини китоподібних, вона обумовлена наявністю потужних м'язів, що забезпечують рух горизонтально розташованого плавника у вертикальній площині. Відповідно з орієнтацією хвостового плавника основний маневр здійснюється у вертикальній площині. Так, дельфіни здатні пірнати на глибину до 300 м, кити до 1500 м. При цьому вертикально розташована хвостова частина завдяки великій площі бічної поверхні забезпечує високу маневреність в горизонтальній площині. Крім вертикальних змахів хвостового плавника при маневруванні в вертикальній площині і горизонтальних поперечних коливань хвостовій частині тіла, які забезпечують маневрування в горизонтальній площині, китоподібні можуть

здійснювати обертальні коливання тіла і хвостового плавника щодо поздовжньої осі.

Як і для китоподібних, для риб характерний хвилеподібний спосіб пересування, який спостерігається при числах  $Re < 10^8$  і, таким чином, охоплює діапазон плавання риб, різновидами якого є вугревидний і скомброїдний. При вугревидному амплітуда біжучої хвилі постійна по довжині гідробіонтів (вугри, змії, саргани, форель), в той час як при скомброїдном вона змінна по довжині. Так, для вугревидних риб весь комплекс, який включає плавники і тіло, є рушієм, який називається хвильовим. При цьому довжина пропульсивної хвилі дорівнює або менше довжини гідробіонтів, а її амплітуда порівняна з поперечними розмірами тіла, і, як правило, збільшується від носика до хвоста. Фазова швидкість пропульсивної хвилі перевищує швидкість поступального руху гідробіонтів і за рахунок цього створюється сила тяги, що йде на подолання сили опору гідробіонтів. Зі збільшенням розмірів гідробіонтів рушій локалізується в хвостовій частині, а саме тіло практично не бере участь у створенні рушійної сили. Такого типу рушій називається махаючим плавниковим рушієм.

Багато риб з однаковим успіхом можуть пересуватися назад, наприклад риба-ніж. Коливання її стрічкових плавників є своєрідним і цікавим прикладом коливань, які не тільки створюють рушійну силу, а й керують рухом риби. Для створення рушійної сили в напрямку руху плавники роблять коливання у вигляді хвиль, що проходять уздовж тіла в напрямку, протилежному руху. При поступальному русі вперед пропульсивні хвилі проходять в сторону хвостового краю, при русі назад – від хвостового плавця до голови. При стоянні на місці в положенні готовності до руху пропульсивні хвилі хвостової і носової частин проходять в протилежних напрямках до середини тіла гідробіонтів.

Порівнюючи ефективність двох різновидів (вугревидний і скомброїдний) хвильового руху риб, можна визнати більш ефективним

вугревидний спосіб плавання. Незважаючи на це, в сучасній гідробіоніці найбільший інтерес представляє плавникова форма плавання швидкісних риб і китоподібних. Вони також здійснюють хвилеподібний рух тілом, проте основну частину рушійної сили створює розвинений махаючий хвостовий плавник. Плавник має характерну форму: "серповидну" у швидкісних тунцових і кефіюдних риб і "напівмісячну" у китоподібних. Махаючий серповидний плавник швидкісних риб жорсткий і вузький, має велике відносне подовження  $\lambda > 5...6$  і високу частоту, а напівмісячний плавник китоподібних пружний, відносно широкий, з  $\lambda \approx 4$  і низькочастотний:  $f < 4 \text{ с}^{-1}$ .

І, нарешті, один з механізмів руху гідробіонтів - гідрореактивний рушій. Володарем такого рушія є, наприклад, медуза. У цьому випадку функцію рушія виконує купол медузи. Вода, укладена в простір під куполом, м'язовим зусиллям виштовхується з частотою 1...10 імпульсів в хвилину. Значно ефективніше цей тип рушія у головоногих молюсків (кальмари, восьминоги і каракатиці). Так, деякі види кальмарів, використовуючи водометний рушій, можуть вистрибувати з води на значну висоту (понад 1 м) і планувати в повітрі.

**У третьому розділі** здійснено математичне моделювання процесу руха гідробіонта рушієм прямокутної пластини.

Рівняння руху плавника. Диференціальне рівняння руху плавника навколо осі  $z$ , що проходить через точку  $A$ , має вигляд:

$$J_A \ddot{\alpha} = M(t, \alpha, \dot{\alpha}) - c \cdot \alpha - b \cdot \dot{\alpha} - k_1 \cdot B \cdot \text{sign}(\dot{\alpha} \cdot \alpha) \cdot \int_0^z (\dot{\alpha} \cdot \xi)^2 \cdot \xi \cdot d\xi$$

(3.1)

$J_A$  – момент інерції плавника щодо осі  $z$ , що проходить через точку  $A$ ;  
 $\ddot{\alpha}$  – кутове прискорення плавника.  $\int_0^z (\dot{\alpha} \cdot \xi)^2 \cdot \xi \cdot d\xi$  - інтеграл для підрахунку сил супротиву води,  $L$  - довжина плавниці, інші – постійні параметри.

Із теореми про рух центра має вздовж осі  $Ax$  впливає:



$$m \cdot \left( \dot{\alpha}^2 \cdot \frac{L}{2} \cdot \cos \alpha + \ddot{\alpha} \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin \alpha \right) = Ax - k_1 \cdot B \cdot \sin(\alpha) \cdot \text{sign}(\alpha \cdot \dot{\alpha}) \cdot \left( \int_0^z (\dot{\alpha} \cdot \ell)^2 \cdot d\ell \right) \quad (3.2)$$

Після спрощення з (3.1, 3.2) отримуємо (3.3, 3.4):

$$\ddot{\alpha} = \frac{1}{J_A} \cdot \left[ M(t, \alpha, \dot{\alpha}) - c \cdot \alpha - b \cdot \dot{\alpha} - k_1 \cdot B \cdot \text{sign}(\dot{\alpha}) \cdot \dot{\alpha}^2 \cdot \frac{L^4}{4} \right]. \quad (3.3)$$

$$Ax = m \cdot \left( \dot{\alpha}^2 \cdot \frac{L}{2} \cdot \cos(\alpha) + \frac{1}{J_A} \cdot \left[ M(t, \alpha, \dot{\alpha}) - c \cdot \alpha - b \cdot \dot{\alpha} - k_1 \cdot B \cdot \text{sign}(\dot{\alpha}) \cdot \dot{\alpha}^2 \cdot \frac{L^4}{4} \right] \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin + k_1 \cdot B \cdot \sin(\alpha) \cdot \text{sign}(\alpha \cdot \dot{\alpha}) \cdot \dot{\alpha}^2 \cdot \frac{L^3}{3} \right)$$

Таким чином рівняння 3 і 4 дозволяють приблизно оцінити дію плавника на корпус. Так, наприклад, якщо середнє значення реакції в стаціонарному режимі від'ємне ( $Ax < 0$ ), то плавник буде тягнути корпус назад і навпаки.

Рівняння руху еліпсоїда має вигляд:

$$(m + \mu) dv/dt = T - R, \quad (3.5)$$

де  $m$  – маса, а  $\mu$  - приєднана маса еліпсоїда,  $v$  – його швидкість руху,  $T$  - сила тяги рушія,  $R$  – опір води руху еліпсоїда. Після відомого [2] спрощення це рівняння набирає наступного виду:

$$dv/dt = C_t s (u^2 + v^2) - C_x S v^2, \quad (3.6)$$

$$s = cb/(2kV),$$

$$S = \Omega/(2kV),$$

$$k = (m + \mu)/(\rho V),$$

$$C_t = c_y(\alpha) \sin \gamma - c_x(\alpha) \cos \gamma,$$

$$\gamma = \text{arctg}(-u/v),$$

$$u = -a\sigma \sin \sigma t,$$

$$\alpha = \gamma - \psi,$$

$$c_x(\alpha) = 1,8\alpha^2/\pi,$$

$$c_y(\alpha) = 2\pi\alpha/(1+2/\lambda),$$

$$\lambda = b/c,$$

де,  $c$ ,  $b$  – хорда та довжина пластинки  $\lambda$  - відносне її значення,  $u$  – вертикальна швидкість пластинки,  $\gamma$  - миттєвий кут скосу потоку,  $V$ ,  $\Omega$  - об'єм та площа поверхні еліпсоїда,  $k$  – безрозмірний коефіцієнт. Зазначимо, що  $c_y(\alpha)$  визначається за апроксимаційною формулою Прандтля [2], справедливою для докритичних кутів атаки, а миттєве значення коефіцієнта  $C_x$  опору еліпсоїд обчислюється в функції [2] від числа Рейнольдса та режиму течії (ламінарний, турбулентний чи перехідний). Розв'язок рівняння руху еліпсоїда здійснено чисельно із застосуванням ЕОМ, початкової умови прийнято нульовими. З метою більш рельєфного, так би мовити, відображення особливостей нестационарного плинину процесів операція згладжування та осереднення в часі не застосовувалась. При цьому як вихідні використано наступні значення параметрів.

Еліпсоїд: довжина  $L = 2$  м; маса  $m = 113$  кг; об'єм  $V = 0,113$  м<sup>3</sup>; площа поверхні  $\Omega = 1,751$  м<sup>2</sup>, приєднана маса  $\mu = 11,3$  кг.

Рушій: хорда  $c = 0,1$  м; довжина  $b = 0,495$  м; амплітуда вертикальних коливань  $a = 0,4$  м; амплітуда кутових коливань  $\psi_0 = 26,9$  град; кругова частота  $\sigma = 5,386$  1/сек.

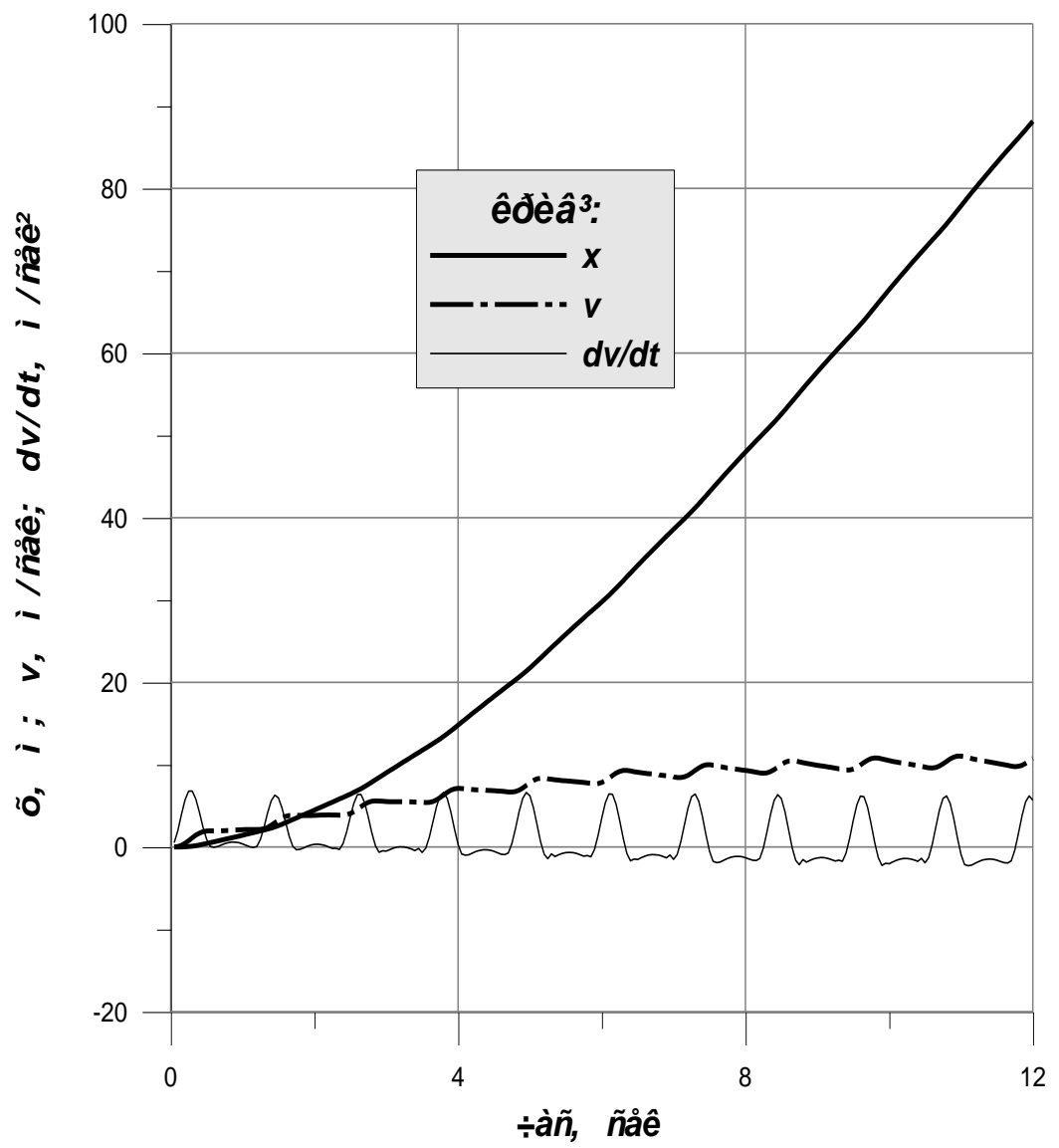


Рис. 1 Шлях, швидкість і прискорення еліпсоїда в залежності від часу

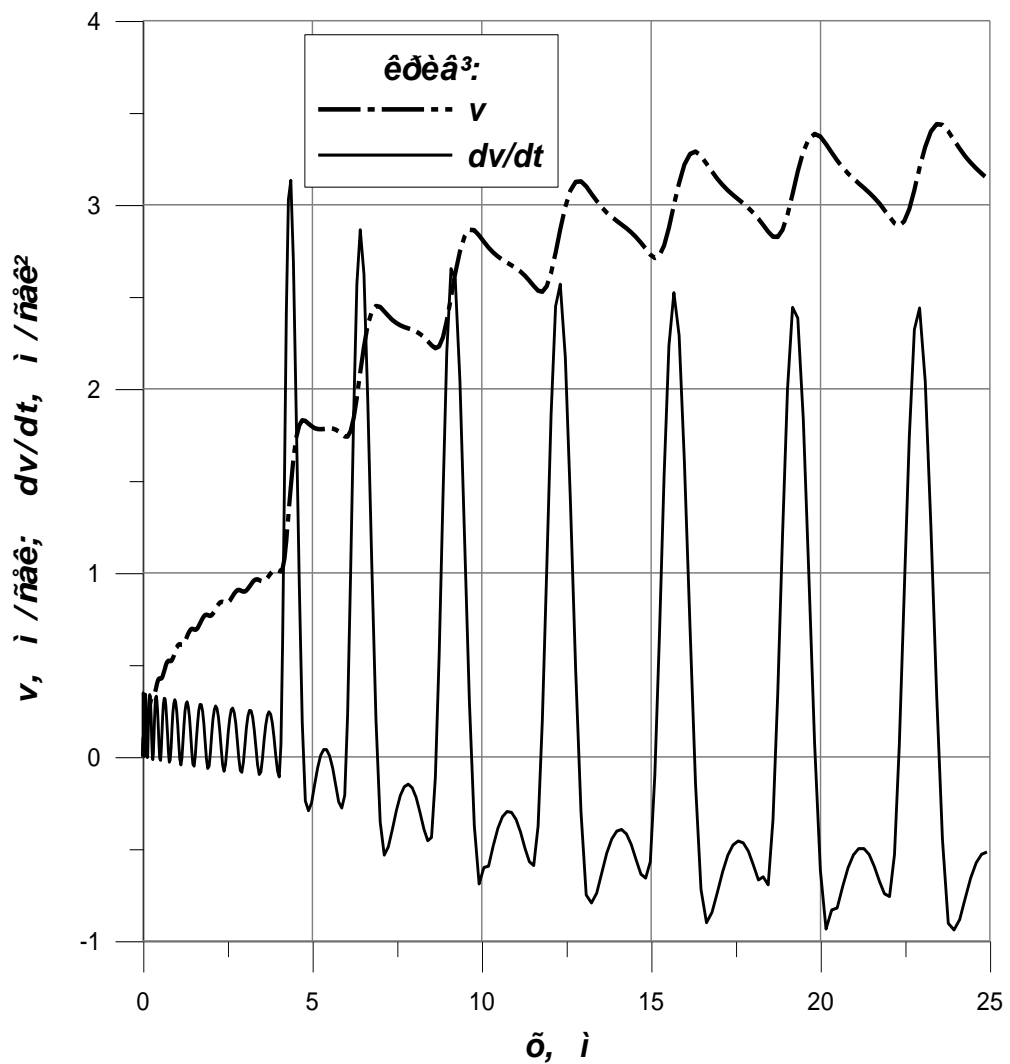


Рис. 1.2 Швидкість і прискорення еліпсоїда в залежності від шляху.

У четвертому розділі розроблено заходи щодо охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, а саме: виконано аналіз нормативно-технічних вимог до робочих місць робочого приміщення працівників ІТ сфери, аналіз організації та обладнання робочого місця, виконано розрахунок освітлення. Також розглянуто заходи та засоби щодо запобігання і ліквідації надзвичайних ситуацій на морських судах.

У п'ятому розділі подана методична частина вивчено навчальний план та робочу програму дисципліни з комп'ютерних технологій дисципліни «Програмування в Інтернет», проведено практичне заняття по дисципліні з комп'ютерних технологій «Програмування в Інтернет» на тему

«Використання основних можливостей HTML для побудови типової розмітки веб-сайту», Розроблено дві практичних роботи з дисципліни «Комп'ютерні мережі», наведена рекомендована література та хід работ.

## ВИСНОВКИ

За багато мільйонів років природного відбору природа створила багато унікальних підводних тварин, що функціонують надійно, економічно, точно, доцільно.

Тому найбільших успіхів у розробці технічних систем може бути досягнутий в рамках біоніки. Можна зберегти багато часу і сил, якщо використовувати те, що природі відібрала в результаті природного тривалого відбору.

В результаті опрацювання матеріалів з теорії гідродинаміки та її математичному представленню:

- доведено, що невелике за розмірами прямокутне крило у вигляді непрофільованої пластинки здатне слугувати рушієм для рухомих в рідині об'єктів;
- створена математична модель для дослідження залежності показників руху від різноманітних чинників;
- на її основі створено програмний продукт, що відображає характеристику цих процесів за допомогою графіків.

Щоб скласти судження стосовно потенційних можливостей, переваг чи недоліків подібного роду рушіїв порівняно з такими, які на тепер використовуються традиційно, варто провести більш ретельне та строге дослідження його характеристик методами теоретичної гідродинаміки.

Перспективною метою даної роботи є розробка рушіїв нового типу, здатних забезпечити істотне збільшення тяги і ефективності руху судна (за рахунок збільшення площі робочих поверхонь, гідропружних ефектів, зменшення викликаних швидкостей на робочих поверхнях рушія, зниження опору тертя).

Щодо охорони праці в проектно-конструкторській діяльності було наведено основні принципи протипожежної безпеки, забезпечення норм

освітлення та безпеки роботи з ПК (метеоумови, шум, освітлення та електробезпека).

Стосовно запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій на морському транспорті було розглянуто нормативні акти, що формують основні вимоги, заходи для уникнення зіткнення суден, а також специфікацію проведення ліквідаційних робіт.

## АНОТАЦІЯ

студента групи 607М ЧНУ ім. Перта Могили

Баланчука Андрія Вадимовича

магістерської наукової роботи на тему:

«Програмне забезпечення для визначення руху у рідині еліпсоїда з рушієм – прямокутною пластиною, що здійснює лінійно-кутові коливання»

Актуальність дослідження полягає в створенні глибоководних дослідних і пошуково-рятувальних апаратів домагаючись економії потужності і поліпшення керованості рушіїв.

Метою даної роботи є здійснення моделювання руху у рідині еліпсоїда з рушієм (прямокутною пластиною), що здійснює лінійно-кутові коливання здатного привести в поступальних рух тіло типу еліпсоїда (дельфін, кит, акула).

Об'єктом дослідження є процеси руху, адже при заданих фізичних параметрах ми можемо керувати його показниками.

Предметом дослідження є тіло типу еліпсоїда поступальних рух якого здійснюється за допомогою коливань рушія.

Наукова робота, що розглядається має три розділи. Перший розділ присвячено теоретичним відомостям про дослідження гідробіоніки. Другий розділ – аналізу предметної області: введенню про рушії, його видам та використанню. Третій розділ – математичному представленню рушієвих процесів, поясненню, спрощенням та графікам.

Визначити миттєві значення швидкості, прискорення та шляху, який проходить від початку руху видовжений еліпсоїд обертання з заданими параметрами, якщо його рушієм є розміщена в кормовій частині прямокутна пластинка з відомими лінійними розмірами, яка здійснює вертикальні та кутові коливання

Дипломна робота містить 102 с. (без додатків), 4 табл., 23 рис., 3 дод., 27 джерел.



## ABSTRACT

607 student group Petro Mokhyla BSNU

Balanchuk Andrii Vadimovich

Master's thesis on the topic:

"Software for determining the motion of an ellipsoid fluid with a motion - a rectangular plate that performs linear angular oscillations"

The relevance of the study is to create deepwater research and search and rescue vehicles seeking to save power and improve the handling of engines.

The purpose of this work is to simulate the motion of an ellipsoid fluid with a recipe (rectangular plate), which carries linear-angular oscillations capable of driving an ellipsoid-like body (dolphin, whale, and shark) in a translational motion.

The object of the study is the processes of motion, because in the given physical parameters, we can manage its parameters.

The subject of the study is the body of the ellipsoid type, the translational motion of which is carried out with the help of oscillation of the propeller.

The scientific work under consideration has three sections. The first section is devoted to theoretical information on the study of hydrobionics. The second section - the analysis of the subject area: the introduction of the engine, its types and use. The third section is a mathematical representation of motive processes, explanations, simplifications and schedules.

Determine the instantaneous values of velocity, acceleration and the path that passes from the beginning of the motion of the elongated ellipsoid of rotation with the given parameters if its propulsion is a rectangular plate placed in the forging part with known linear dimensions that performs vertical and angular oscillations

Research contains 102 p. (without appendices), 4 tables, 23 figures, 3 appendices, 27 references.