

Дихта Л.М., д - р техн. наук, проф.

Чорноморський державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв

Некрасов В.О., д - р техн. наук, проф.

Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

РУШІЙ ЯК КРИЛО, ЩО ЗДІЙСНЮЄ СКЛАДЕНІ ЛІНІЙНО - КУТОВІ КОЛИВАННЯ

УДК 629.12.01

Метою роботи є демонстрація на інженерному рівні можливості використання прямокутного тонкого крила (пластинки), що здійснює гармонічні лінійні вертикальні чи горизонтальні коливання разом зі зсунутими по фазі кутовими коливаннями, в якості рушія, здатного привести в поступальний рух видовжене тіло типу гідробіонта (дельфін, кит, акула).

Постановка задачі. 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, скажімо, вертикальні та кутові коливання. Сформульована задача розв'язується наближено при використанні таких припущень:

1) еліпсоїд є абсолютно тверде тіло з одним степенем свободи, тобто може переміщуватись по прямій, яка приймається за вісь ox прямокутної системи координат oxy (вісь oy напрямлена вгору), причому вважається, що в початковий момент часу $t = 0$ центр мас еліпсоїда співпадає з початком координат; 2) пластинка (рушія) є абсолютно тверде тіло з двома степенями свободи і може здійснювати [1] вертикальні коливання за законом $\eta(t) = a \cos(\sigma t)$, де a – амплітуда, а σ - кругова частота, та кутові – навколо свого центру тиску - за законом $\psi(t) = \psi_0 \sin(\sigma t)$, де ψ_0 – амплітуда кутових коливань; 3) справедливою є гіпотеза стаціонарності, згідно з якою при визначенні гідродинамічних сил до уваги беруться лише миттєві значення швидкостей рідини чи твердих тіл і не враховуються попередні збурення, які є в рідині; 4) гідродинамічною взаємодією еліпсоїда та пластинки (рушія) можна знехтувати; 5) гідродинамічні коефіцієнти c_x - опору та c_y – підйомної сили пластинки вважаються попередньо відомими.

Основна частина. Рівняння руху еліпсоїда має вигляд [2]:

$$(m + \mu) dv/dt = T - R, \quad (1)$$

де m – маса, а μ – 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:

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

$$s = cb/(2kV), S = \Omega/(2kV), k = (m + \mu)/(\rho V), C_t = c_y(\alpha) \sin \gamma - c_x(\alpha) \cos \gamma, \gamma = \arctg(-u/v),$$

$$u = -a \cos \sigma t, \alpha = \gamma - \psi, c_x(\alpha) = 1,8\alpha^2/\pi, c_y(\alpha) = 2\pi\alpha/(1+2/\lambda), \lambda = b/c,$$

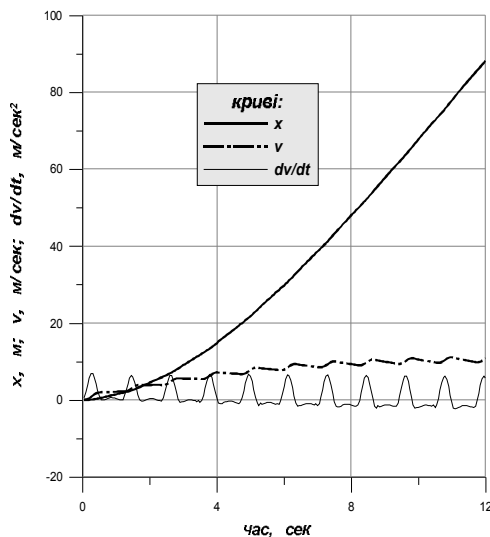


Рис.1. Шлях, швидкість і прискорення еліпсоїда в залежності від часу.

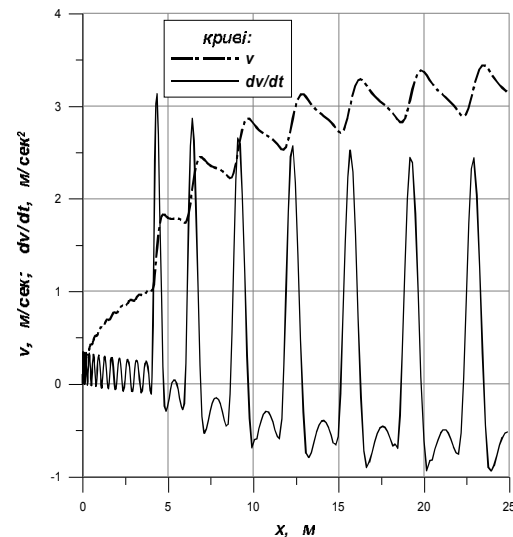


Рис.2. Швидкість і прискорення еліпсоїда в залежності від шляху.

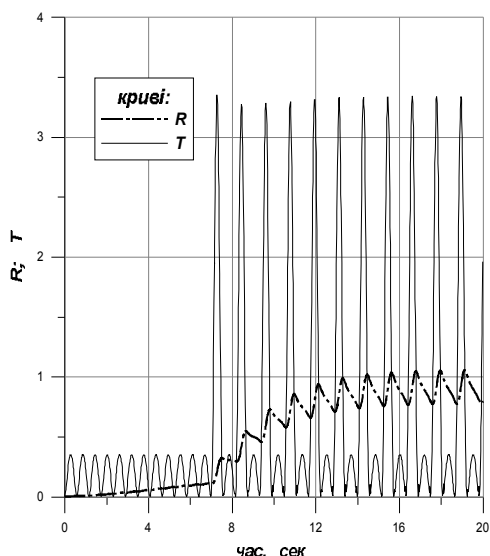


Рис.3. Залежність R і T від часу.

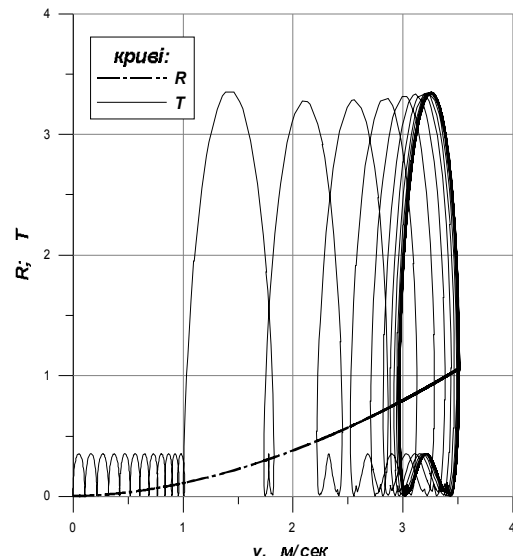


Рис.4. Залежність R і T від швидкості.

де c , b – хорда та довжина пластинки, λ – відносне її видовження, u – вертикальна швидкість пластинки, γ – миттєвий кут скосу потоку, V , Ω – об'єм та площа поверхні еліпсоїда, k – безрозмірний коефіцієнт. Зазначимо, що $c_{\lambda}(\alpha)$ визначається за апроксимаційною формулою Прандтля [2], справедливою для докритичних кутів атаки, а миттєве значення коефіцієнта C_x опору еліпсоїда обчислюється в функції [2] від числа Рейнольдса та режиму течії (ламінарний, турбулентний чи перехідний). Розв'язок рівняння руху еліпсоїда здійснено чисельно із застосуванням ЕОМ, початкові умови прийнято нульовими. З метою більш рельєфного, так би мовити, відображення особливостей нестационарного плинку 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 $V = 0,113$ м³; площа поверхні $\Omega = 1,751$ м², 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.

Певне уявлення про кінематику та динаміку розглядуваних процесів можна скласти на основі Рис.1. – Рис. 4. Слід тільки взяти до уваги той факт, що на Рис.3. і Рис.4. через R і T умовно позначено ті величини, які фігурують в правій частині рівняння руху еліпсоїда (2), тобто відповідно величини $C_x S v^2$ і $C_t s (u^2 + v^2)$.

Висновки. 1. З проведеного достатньо грубого дослідження випливає, що невелике за розмірами прямокутне крило у вигляді непрофільованої пластинки здатне слугувати рушієм для рухомих в рідині об'єктів. **2.** 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.

Література: 1. Першин С.В. Основы гидробионики/ Серафим Васильевич Першин. – Л.: Судостроение, 1988. – 264 с. **2.** Слижевский Н.Б. Ходкость и управляемость подводных технических средств: Учебное пособие/ Николай Борисович Слижевский. – Николаев: УГМТУ, 1998. – 148 с.