

УДК 629.127: 681.51

**Програмне забезпечення для моделювання динаміки руху
кабель-троса прив'язної підводної системи**

Автор: О.В. Блінцов, к.т.н., доц., Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

Математичне моделювання руху прив'язних підводних систем (ППС) є одним з основних методів їх дослідження і може виконуватись із застосуванням сучасних персональних комп'ютерів та відповідного програмного забезпечення.

На сьогоднішній день розроблені програми-симулятори динаміки роботи гребних електрорушійних пристроїв, корпусу підводного апарата (ПА), усталеного руху кабель-троса [1-2]. Проте, для розробки повноцінного симулятора ППС необхідно моделювати динаміку руху кабель-троса (КТ).

Математичну модель динаміки КТ в [3] пропонується представляти як сукупність певної кількості елементів, кожний з яких взаємодіє з набігаючим потоком води згідно з законами гідромеханіки та з сусідніми елементами через сили пружної деформації:

$$\begin{aligned} m_i \mathbf{a}_i &= \mathbf{F}_{p(i-1)} + \mathbf{F}_{p(i+1)} + \mathbf{F}_{wi}, \\ \mathbf{F}_{wi} &= \{F_{win}, F_{wit}\} = \{0,5\rho D c_n (V_{in})^2 l, \quad 0,5\rho D c_t (V_{it})^2 l\}; \\ F_{p(i-1)} &= -k \Delta l_{i-1}; \quad F_{p(i+1)} = -k \Delta l_{i+1}; \\ \Delta l_{i-1} &= s_{i-1} - l; \quad \Delta l_{i+1} = s_{i+1} - l; \\ \mathbf{F}_{p(i-1)} &= \text{ort}(\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_{i-1}) \cdot F_{p(i-1)}; \quad \mathbf{F}_{p(i+1)} = \text{ort}(\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_{i+1}) \cdot F_{p(i+1)}. \end{aligned}$$

де m_i – маса i -го елемента КТ, $\mathbf{a}_i$ – вектор прискорення i -го елемента КТ, $\mathbf{F}_{p(i-1)}$ – вектор сили натягу від попереднього ($i-1$) елемента КТ, $\mathbf{F}_{p(i+1)}$ – вектор сили натягу від наступного ($i+1$) елемента КТ, $\mathbf{F}_{wi}$ – вектор сили опору руху i -го елемента КТ в потоці води, F_{win} , F_{wit} – відповідно нормальна та дотична складові вектора сили опору i -го елемента КТ, ρ – густина води, D – діаметр КТ, c_n , c_t – відповідно нормальний та тангенціальний гідродинамічні коефіцієнти КТ, V_{in} , V_{it} – відповідно нормальна та тангенціальна складові швидкості набігаючого на i -й елемент КТ потоку води, l – довжина елементарної частини КТ, $F_{p(i-1)}$, $F_{p(i+1)}$ – абсолютні значення векторів сил натягу відповідно від попереднього та від наступного елементів КТ, k – коефіцієнт пружності КТ, Δl_{i-1} , Δl_{i+1} – видовження відповідно попереднього та наступного елементів КТ, s_{i-1} – відстань між поточним та попереднім елементом КТ, s_{i+1} – відстань між поточним та наступним елементом КТ, $\mathbf{P}_i$, $\mathbf{P}_{i-1}$, $\mathbf{P}_{i+1}$ – координати відповідно поточного, попереднього та наступного елементів КТ.

Запропоновану модель реалізовано в середовищі Simulink пакету MatLab. На рис. 1 представлено результати комп'ютерного моделювання та порівняння маршової складової сили натягу на ходовому кінці КТ F_x в двох режимах його руху: при незмінній швидкості руху ходового кінця КТ відносно корінного 1,0 м/с (а) та при русі з постійним прискоренням 0,1 м/с² (б).

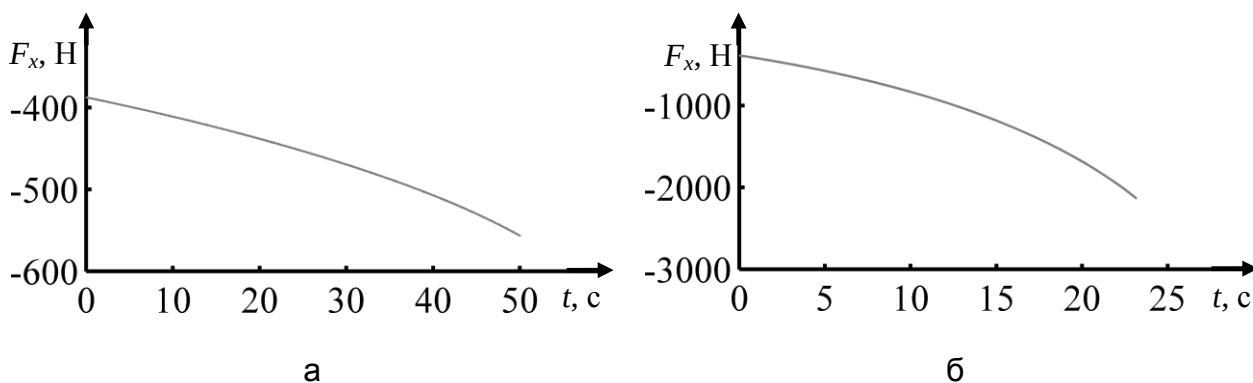


Рис. 1.

В обидвох випадках судно-носій (корінний кінець КТ) рухалось зі швидкістю 1 м/с, довжина КТ складала 100 м. Рух ходового кінця відбувався в діаметральній площині судна-носія на глибині 50 м з точки {0,-50,0} до точки {50,-50,0} відносно корінного. Як бачимо на графіку, прискорення суттєво впливає на силу натягу, чисельні значення якої дають змогу обґрунтовано розраховувати параметри рушійного комплексу ПА для забезпечення його заданих динамічних характеристик.

В доповіді розглядаються особливості завдання початкових умов та інших параметрів КТ при його моделюванні.

Висновок. На основі математичної моделі динаміки кабель-троса розроблено програму-симулятор динаміки руху кабель-троса для дослідження його властивостей як гнучкого тіла в потоці води у складі прив'язної підводної системи.

Список літератури:

1. Блинцов В.С., Магула В.Э. Проектирование самоходных привязных подводных систем. – К.: Наукова думка, 1997. – 140 с.
2. Блінцов О.В. Моделюючий комплекс для дослідження системи керування просторовим рухом самохідної прив'язної підводної системи. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2007. – Вып. 4/4 (28). – С. 6-10.
3. Блінцов О.В. Математичне моделювання динаміки руху кабель-троса прив'язної підводної системи. // «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці»: Матеріали 3-ї міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2012. – С. 529-532.