

## CÁC LỰC THỦY ĐỘNG TÁC ĐỘNG LÊN TÀU MỎNG KHI LẮC DỌC TRÊN NƯỚC SÂU

NGUYỄN TIẾN ĐẠT

### 1. MỞ ĐẦU

Trong [1, 3] đã thu được thể vận tốc gây ra bởi sự lắc dọc của tàu mỏng (a thin ship) khi không có chuyển động tới trên sóng biển điều hòa có biên độ nhỏ và trong chất lỏng sâu vô hạn. Theo cách thông thường, ta có thể xác định các đặc trưng thủy động lực học (khối lượng nước kèm, hệ số giảm rung, lực và mô men nhiễu xạ) bằng việc lấy tích phân áp lực thủy động theo bề mặt ướt thân tàu. Với cách này, cần vượt qua khó khăn do biểu thức thể vận tốc của chất lỏng có cấu trúc phức tạp và có những điểm kỳ dị trên mặt ướt thân tàu. Trong [3], Vorobiov đã sử dụng một cách khác do Khaskind đưa ra với Newman thực hiện là xác định các lực giảm rung, lực và mô men nhiễu xạ theo giá trị ở rất xa thân tàu của hàm thể vận tốc. Cách này đơn giản hơn cách thông thường vì hàm thể vận tốc đơn giản hơn nhiều khi ở xa thân tàu nhưng khối lượng nước kèm không thể xác định trực tiếp theo các giá trị tiệm cận đó. Điều này làm trở ngại cho sự phát triển của phương pháp Khaskind - Newman vì vậy trên thực tế rất ít được sử dụng. Để xác định khối lượng nước kèm cần phải dùng hệ thức bán thực nghiệm Kramer - Kronhig.

Trong bài báo này, tác giả trình bày một cách xác định các đặc trưng thủy động lực học theo bề mặt ướt thân tàu với việc xử lý các điểm kỳ dị trên đó.

### 2. BÀI TOÁN

Xét bài toán lắc dọc của tàu mỏng khi không có chuyển động tới trong chất lỏng sâu vô hạn và trên sóng biển điều hòa có phương truyền sóng trùng với chiều dọc tàu. Chất lỏng được xem là lý tưởng, không nén được và chuyển động của chất lỏng là có thế. Sóng biển điều hòa và các dao động lắc của tàu được xem là có biên độ nhỏ. Đưa vào xét hệ tọa độ đề các vuông góc  $Oxyz$  gắn liền với tàu, trục  $Ox$  hướng theo chiều dài tàu về phía mũi, trục  $Oy$  hướng về mạn bên phải, trục  $Oz$  đi qua trọng tâm tàu hướng xuống dưới; mặt phẳng  $Oxy$  trùng với mặt nước khi yên tĩnh.

Trong [1, 3], ta có bài toán biên đối với các hàm thể vận tốc  $\varphi_j(x, y, z)$  như sau:

$$\Delta \varphi_j(x, y, z) = \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \varphi_j(x, y, z) = 0 \quad (2.1)$$

trong miền chất lỏng ( $j = 3, 5, 7$ )  
và các điều kiện biên:

- Trên mặt thoáng

$$\frac{\partial \varphi_j}{\partial z} + \frac{\sigma^2}{g} \varphi_j = 0 \quad (2.2)$$

- Trên đáy biển

$$\lim_{z \rightarrow +\infty} \frac{\partial \varphi_j}{\partial z} = 0 \quad (2.3)$$

- Trên mặt ướt thân tàu (chú ý đến tính mảnh của thân tàu):

$$\frac{\partial \varphi_j(x, \pm 0, z)}{\partial n} = \pm f(x, z) \quad (2.4)$$

với

$$f_3(x, z) = \cos(n, z); \quad f_5(x, z) = -x \cos(n, z),$$

$$f_7(x, z) = -\frac{\partial \varphi_0}{\partial n} = -\frac{\partial \varphi_0}{\partial z} \cdot \cos(n, z)$$

$$\text{ở đây } \varphi_0(x, z) = \frac{g}{\sigma^2} e^{-Kz \pm iKx}$$

$\sigma$  - tần số vòng,  $K = \sigma^2/g$ ,  $i = \sqrt{-1}$

$n$  - vectơ pháp tuyến đơn vị ngoài của mặt ướt.

Ngoài ra các hàm  $\varphi_j(x, y, z)$  còn phải thỏa mãn điều kiện tán xạ ở xa vô cùng (khi  $\sqrt{x^2 + y^2} \rightarrow \infty$ ).

Cũng trong [1, 3], ta có nghiệm của bài toán (2.1) - (2.4) như sau:

$$\begin{aligned} \varphi_j(x, y, z) = & K e^{-Kz} \int_{-L/2}^{L/2} \int_0^{T(\xi)} f_j(\xi, \zeta) N_0(KR) e^{-K\zeta} d\zeta d\xi - \\ & - \frac{2}{\pi^2} \int_0^\infty \int_{-L/2}^{L/2} \int_0^{T(\xi)} f_j(\xi, \zeta) \alpha(\zeta, \mu) \alpha(z, \mu) K_0(\mu R) \frac{\mu^2}{K^2 + \mu^2} d\zeta d\xi d\mu - \\ & - i K e^{-Kz} \int_{-L/2}^{L/2} \int_0^{T(\xi)} f_j(\xi, \zeta) J_0(KR) e^{-K\zeta} d\zeta d\xi \end{aligned} \quad (2.5)$$

với  $L$  - chiều dài tàu,  $T(\xi)$  - độ mớn nước của tàu tại mặt cắt  $x = \xi$ ,  $\alpha(u, \mu) = \cos(u\mu) - \frac{K}{\mu} \sin(u\mu)$ ,

$J_0(KR)$ ,  $N_0(KR)$ ,  $K_0(\mu R)$ ,  $R = \sqrt{y^2 + (x - \xi)^2}$  là các hàm Bessel, Neiman, Macdonan cấp 0.

Biểu thức (2.5) đúng cho mọi điểm  $(x, y, z)$  trong miền (kể cả biên) chất lỏng.

Trong [3] Vorobiov đã tìm giá trị tiệm cận của  $\varphi_j(x, y, z)$  khi  $R = \sqrt{y^2 + (x - \xi)^2} \rightarrow \infty$ . Với chú ý các hàm đặc biệt  $J_0(KR)$ ,  $N_0(KR)$ ,  $K_0(\mu R)$  cùng dần tới 0 khi  $R \rightarrow \infty$  nhưng hàm  $K_0(\mu R)$  dần tới 0 nhanh hơn nên biểu thức (2.5) loại bỏ được thành phần thứ hai khi  $R \rightarrow \infty$ . Từ đó xác định được lực giảm rung, lực và mô men nhiễu xạ [7].

Trong (2.5), khi  $x, y, z$  nằm trên mặt ướt thân tàu, nghĩa là  $-L/2 \leq x \leq L/2$ ,  $y = \pm 0$ ,  $0 \leq z \leq T(x)$  thì ta có  $R = |x - \xi|$ .

Chú ý đến biểu diễn của các hàm đặc biệt [4]:

$$\begin{aligned} J_0(u) &= \sum_{K=0}^{\infty} (-1)^K \frac{1}{(K!)^2} \left(\frac{u}{2}\right)^{2K} \\ N_0(u) &= \frac{2}{\pi} J_0(u) \left(\ln \frac{u}{2} + C\right) - \frac{2}{\pi} \sum_{K=1}^{\infty} \frac{(-1)^K}{(K!)^2} \left(\frac{u}{2}\right)^{2K} \sum_{m=1}^K \frac{1}{m} \\ K_0(u) &= -\left(\ln \frac{u}{2} + C\right) \sum_{K=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{u}{2}\right)^{2K}}{(K!)^2} + \sum_{K=1}^{\infty} \frac{\left(\frac{u}{2}\right)^{2K}}{(K!)^2} \sum_{m=1}^K \frac{1}{m} \end{aligned} \quad (2.6)$$

ở đây :  $C$  - hằng số Ole  $C \approx 0,5772157$ ,  $\pi \approx 3,14159$

Thấy rằng khi  $R = x - \xi = 0$ , nghĩa là  $x = \xi$  thì hàm  $\varphi_j(x, \pm 0, z)$  trong (2.5) không xác định.

Do đó để xác định  $\varphi_j(x, \pm 0, z)$  trên mặt ướt thân tàu, cần xem xét các điểm kỳ dị  $x = \xi$  và cận lấy tích phân đối với biến  $\mu$  trong (2.5).

### 3. XÁC ĐỊNH CÁC LỰC THỦY ĐỘNG

Đưa vào các tham số không thứ nguyên

$$\begin{aligned} x_1 &= x \cdot \frac{2}{L}, & y_1 &= y \cdot \frac{2}{B}, & z_1 &= \frac{z}{T}, & \xi_1 &= \xi \cdot \frac{2}{L}, & \zeta_1 &= \frac{\zeta}{T}, \\ K &= \frac{2\pi}{\lambda}, & \mu_1 &= \mu \cdot \frac{L}{2}, & \nu &= \frac{L}{\lambda} = \frac{KL}{2\pi}, & K_1 &= \frac{2T}{L} \end{aligned} \quad (3.1)$$

với  $L, B, T$  tương ứng là chiều dài, chiều rộng lớn nhất, độ mớn nước lớn nhất của tàu,  $\lambda$  - bước sóng,  $\pi = 3,14159$ .

Dưới đây, để tiện trong cách viết, ta tạm thời bỏ chỉ số "j" đối với hàm  $\varphi_j(x, y, z)$ ,  $f_j(\xi, \zeta)$  trong (2.5) và chỉ số "1" đối với các biến  $x_1, y_1, z_1, \xi_1, \zeta_1$  trong (3.1).

Ký hiệu

$$\varphi(x, y, z) = \varphi^{(t)}(x, y, z) + i\varphi^{(a)}(x, y, z) \quad (3.2)$$

Khi đó

$$\begin{aligned} \varphi^{(t)}(x, \pm 0, z) &= \pi\nu T e^{-KTz} \int_{-1}^1 \int_0^1 e^{-KT\zeta} f(\xi, \zeta) N_0(\pi\nu R) d\zeta d\xi - \\ &\quad - \frac{2T}{\pi^2} \int_0^\infty \int_{-1}^1 \int_0^1 f(\xi, \zeta) \alpha_1(\zeta, \mu_1) \alpha_1(z, \mu_1) K_0(\mu_1 R) \frac{\mu_1^2}{\pi^2 \nu^2 + \mu_1^2} d\zeta d\xi d\mu_1 \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$\varphi^{(a)}(x, \pm 0, z) = -\pi\nu T e^{-KTz} \int_{-1}^1 \int_0^1 f(\xi, \zeta) e^{-KT\zeta} J_0(\pi\nu R) d\zeta d\xi \quad (3.4)$$

với

$$\begin{aligned} \alpha_1(u, \mu_1) &= \cos(K_1 \mu_1 u) - \frac{\pi\nu}{\mu_1} \sin(K_1 \mu_1 u) \\ R &= |x - \xi| \end{aligned} \quad (3.5)$$

Lưu ý : Tại mặt cắt  $x = \xi$  với các giá trị  $\xi$  mà  $T(\xi) \leq \zeta \leq T$  thì  $f(\xi, \zeta) = 0$  nên ta luôn có (3.3) và (3.4) tương đương với (2.5) qua phép biến đổi (3.1) và (3.2).

Gọi  $S$  - mặt ướt thân tàu. Mặt phẳng  $Oxz$  chia  $S$  thành hai mặt  $S^+$  và  $S^-$  tương ứng với  $y \geq 0$  và  $y \leq 0$ . Hai mặt này đối xứng với nhau qua mặt phẳng  $Oxz$ . Giả sử  $y = \pm y(x, z)$  là phương trình mặt ướt thân tàu. Chúng ta xác định thế vận tốc  $\varphi(x, \pm 0, z)$  bằng phương pháp sai phân hữu hạn.

Chia  $[0, 1]$  theo trục  $z$  thành  $n$  phần bằng nhau và  $[-1, 1]$  theo trục  $x$  thành  $m$  phần bằng nhau ( $m$  - chẵn;  $m = 2\ell$ ). Trên mỗi mặt phân tố, hàm dưới dấu tích phân được xem như không đổi và nhận giá trị tại tâm điểm.

Tâm điểm của các mặt phân tố là:

$$\begin{aligned} x_{\ell-j+1} &= -\frac{2j-1}{2\ell}; & x_{\ell+j} &= \frac{2j-1}{2\ell} & j &= \overline{1, \ell} \\ z_K &= \frac{2K-1}{n}; & K &= \overline{1, n} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Trong (3.3), thấy rằng với các giá trị  $z, \zeta, x, \xi$  cố định bất kỳ,  $x \neq \xi$  thì các hàm  $\alpha_1(\zeta, \mu_1)$ ,  $\alpha_1(z, \mu_1)$ ,  $K_0(\mu_1 R)$  liên tục theo biến  $\mu_1$  trong khoảng  $(0, \infty)$  khi  $\mu_1 \rightarrow 0$  thì

$$\begin{aligned} \alpha_1(\zeta, \mu_1) &\rightarrow 1 - \pi\nu K_1 \zeta \\ \alpha_1(z, \mu_1) &\rightarrow 1 - \pi\nu K_1 z \\ K_0(\mu_1 R) &\rightarrow -\ln \frac{\mu_1 R}{2} + 0,5772157 \end{aligned}$$

Bởi vậy

$$\int_0^\varepsilon \alpha_1(z, \mu_1) \alpha_1(\zeta, \mu_1) K_0(\mu_1 R) \frac{\mu_1^2}{\pi^2 \nu^2 + \mu_1^2} d\mu_1 \approx 0$$

với  $\varepsilon$  - giá trị đủ nhỏ.

Khi  $\mu_1 \rightarrow \infty$  thì

$$|\alpha_1(z, \mu_1) \alpha_1(\zeta, \mu_1)| \leq 1, \quad K_0(\mu_1 R) \rightarrow \sqrt{\frac{\pi}{2}} (\mu_1 R)^{-1/2} e^{-\mu_1 R}$$

Vì vậy

$$\int_{\mu^*}^{\infty} \alpha_1(z, \mu_1) \alpha_1(\zeta, \mu_1) K_0(\mu_1 R) \frac{\mu_1^2}{\pi^2 \nu^2 + \mu_1^2} d\mu_1 \approx 0 \quad (3.7)$$

với  $\mu^*$  - giá trị đủ lớn

Theo [4], với  $\mu_1 R \geq 8$  thì  $K_0(\mu_1 R) \sim \sqrt{\frac{\pi}{2}} (\mu_1 R)^{-1/2} e^{-\mu_1 R}$  với độ sai số nhỏ hơn 1,5%.

Mặt khác  $R = |x - \xi| \geq \frac{2}{m}$  nếu  $x \neq \xi$

Vì vậy chọn  $\mu^* = 4m$  thì (3.7) thỏa mãn

Trên mỗi mặt phân tử ta có:

$$\begin{aligned} \varphi^{(t)}(x_i, \pm 0, z_\ell) &= \frac{2T}{\pi^2 m n} \sum_{j=1}^m \sum_{K=1}^n f(x_j, z_K) \left[ \nu \pi^3 e^{-KT(z_K + z_\ell)} M_0(\pi\nu R_{ij}) - \right. \\ &\quad \left. - 2 \int_0^{\mu^*} \alpha_1(z_K, \mu_1) \alpha_1(z_\ell, \mu_1) R_0(\mu_1 R_{ij}) \frac{\mu_1^2}{\pi^2 \nu^2 + \mu_1^2} d\mu_1 \right] \end{aligned} \quad (3.8)$$

với

$$\begin{aligned} R_0(\mu_1 R_{ij}) &= \frac{1}{\Delta L_j} \int_{x_j}^{x_{j+1}} K_0(\mu_1 |x_i - \xi|) d\xi = \begin{cases} K_0(\mu_1 R_{ij}) & \text{nếu } i \neq j \\ -\ln \frac{\mu_1}{2m} + 0,42278 & \text{nếu } i = j \end{cases} \\ M_0(\pi\nu R_{ij}) &= \frac{1}{\Delta L_j} \int_{x_j}^{x_{j+1}} N_0(\pi\nu |x_i - \xi|) d\xi = \begin{cases} N_0(\pi\nu R_{ij}) & \text{nếu } i \neq j \\ \ln \frac{\pi\nu}{2m} - 0,42278 & \text{nếu } i = j \end{cases} \end{aligned}$$

$$R_{ij} = |x_i - x_j|; \quad \Delta L_j = x_{j+1} - x_j = \frac{2}{m} \quad \text{và}$$

$$\varphi^{(a)}(x_i, \pm 0, z_\ell) = -\frac{2\pi\nu T}{m.n} \sum_{j=1}^m \sum_{K=1}^n f(x_j, z_K) e^{-KT(z_K+z_\ell)} J_0(\pi\nu R_{ij}) \quad (3.9)$$

Ký hiệu

$$IM(z_K, z_\ell, R_{ij}) = \frac{1}{\pi\nu} \int_0^{\mu^*} \alpha_1(z_K, \mu_1) \alpha_1(z_\ell, \mu_1) R_0(\mu_1 R_{ij}) \frac{\mu_1^2}{\pi^2\nu^2 + \mu_1^2} d\mu_1 \quad (3.10)$$

Đặt  $\text{tg}\alpha = \frac{\mu_1}{\pi\nu}$ . khi đó:

$$IM(z_K, z_\ell, R_{ij}) = \int_0^{\alpha^*} \alpha_2(z_K, \text{tg}\alpha) \alpha_2(z_\ell, \text{tg}\alpha) R_0(\pi\nu \text{tg}\alpha R_{ij}) \text{tg}^2\alpha d\alpha \quad (3.11)$$

ở đây

$$\alpha^* = \arctg \frac{\mu^*}{\pi\nu}, \quad \alpha_2(z, \text{tg}\alpha) = \cos(K \text{tg}\alpha \pi\nu z) - \frac{1}{\text{tg}\alpha} \sin(K \text{tg}\alpha \pi\nu z)$$

(3.11) được xác định nhờ chương trình chuẩn QUANC8 [5]. Từ (3.8), (3.9) tìm được thế vận tốc của chất lỏng trên các mặt phân tử của phần ướt thân tàu.

Sử dụng trở lại chỉ số "j" trong (2.5). Từ (2.4), (2.5), (3.2), (3.8) - (3.11) ta có:

$$\varphi_p(x_i, \pm 0, z_\ell) = \frac{2\nu T}{\pi m.n} \sum_{j=1}^m \sum_{K=1}^n f_p(x_j, z_K) \left[ -2 \cdot IM(z_K, z_\ell, R_{ij}) + \right. \\ \left. + \pi^2 e^{-KT(z_K+z_\ell)} M_0(\pi\nu R_{ij}) \right] - i \frac{2\pi\nu T}{m.n} \sum_{j=1}^m \sum_{K=1}^n f_p(x_j, z_K) e^{-KT(z_K+z_\ell)} J_0(\pi\nu R_{ij}) \quad (3.12)$$

( $p = 3, 5, 7$ )

với

$$f_3(x_j, z_K) = -\frac{\partial}{\partial z} y(x_j, z) \Big|_{z=z_K} = -\frac{Bn}{2T} (y_{j,K+1} - y_{j,K})$$

$$f_5(x_j, z_K) = -x_j \frac{L}{2} f_3(x_j, z_K) = \frac{BnL}{4T} x_j (y_{j,K+1} - y_{j,K})$$

$$f_7(x_j, z_K) = K \varphi_0(x_j, z_K) f_3(x_j, z_K) \\ = -K \frac{B.n}{2T} \varphi_0(x_j, z_K) (y_{j,K+1} - y_{j,K}) \\ (j = \overline{1, m}, K = \overline{1, n})$$

$$\varphi_0(x_j, z_K) = \frac{g}{\sigma^2} e^{-KTz_K \pm iK \frac{L}{2} x_j}$$

$$y_{j,k} = y(x_j, z_K) \quad (3.13)$$

Theo [1], ta có công thức xác định các lực thủy động

$$A_{\alpha\beta} + \frac{i}{\sigma} B_{\alpha\beta} = -\rho \iint_S \varphi_{\alpha} n_{\beta} dS \quad (\alpha, \beta = 3, 5) \quad (3.14)$$

$$F_\alpha = F_\alpha^{(t)} + iF_\alpha^{(a)} = -\rho\sigma^2 \iint_S (\varphi_0 + \varphi_7) n_\alpha dS \quad n_\alpha = \frac{\partial \varphi_\alpha}{\partial n} \quad (\alpha = 3, 5) \quad (3.15)$$

với  $A_{\alpha\beta}, B_{\alpha\beta}$  ( $\alpha, \beta = 3, 5$ ) là các khối lượng nước kèm, hệ số giảm rung tương ứng.

$F_3, F_5$  là lực và mô men nhiễu xạ

Tàu có thân mảnh nên pháp tuyến đối với mặt  $S$  khác rất ít với trục  $Oy$ . Gọi  $S_0$  - hình chiếu của  $S$  trên mặt phẳng  $Oxz$  và có thể coi  $S_0 \approx S$ .

Từ (2.4), (3.12), (3.13) và chú ý đến chiều lấy tích phân ta có:

$$\begin{aligned} \iint_S \varphi_\alpha n_\beta dS &= 2 \iint_{S_0^+} \varphi_\alpha n_\beta dS \quad (\alpha, \beta = 3, 5) \\ \iint_S (\varphi_0 + \varphi_7) n_\alpha dS &= 2 \iint_{S_0^+} (\varphi_0 + \varphi_7) n_\alpha dS \end{aligned}$$

Do đó ta thu được

$$\begin{aligned} A_{\alpha\beta} &= -\frac{4T^2 L \rho \nu}{\pi m^2 n^2} \sum_{i=1}^m \sum_{\ell=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{K=1}^n f_\alpha(x_i, z_\ell) f_\beta(x_j, z_K) \times \\ &\quad \times \left[ -2IM(z_K, z_\ell, R_{ij}) + \pi^2 e^{-KT(z_K + z_\ell)} M_0(\pi \nu R_{ij}) \right] \\ B_{\alpha\beta} &= \frac{4\rho \pi \nu \sigma T^2 L}{m^2 n^2} \sum_{i=1}^m \sum_{\ell=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{K=1}^n f_\alpha(x_i, z_\ell) f_\beta(x_j, z_K) \times \\ &\quad \times e^{-KT(z_K + z_\ell)} J_0(\pi \nu R_{ij}) \quad (\alpha, \beta = 3, 5) \end{aligned} \quad (3.16)$$

$$F_\alpha = -2\rho\sigma^2 \frac{LT}{mn} \sum_{j=1}^m \sum_{K=1}^n (\varphi_0(x_j, z_K) + \varphi_7(x_j, z_K)) f_\alpha(x_j, z_K) \quad (\alpha = 3, 5) \quad (3.17)$$

với  $\varphi_0(x_j, z_K), \varphi_7(x_j, z_K)$  được xác định bởi (3.13), (3.12)

Khi đó

$$\bar{F}_\alpha = |F_\alpha| = \sqrt{(F_\alpha^{(t)})^2 + (F_\alpha^{(a)})^2} \quad (\alpha = 3, 5) \quad (3.18)$$

Từ (3.16), lại một lần nữa ta có:

$$A_{\alpha\beta} = A_{\beta\alpha} \quad B_{\alpha\beta} = B_{\beta\alpha} \quad (\alpha, \beta = 3, 5)$$

#### 4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

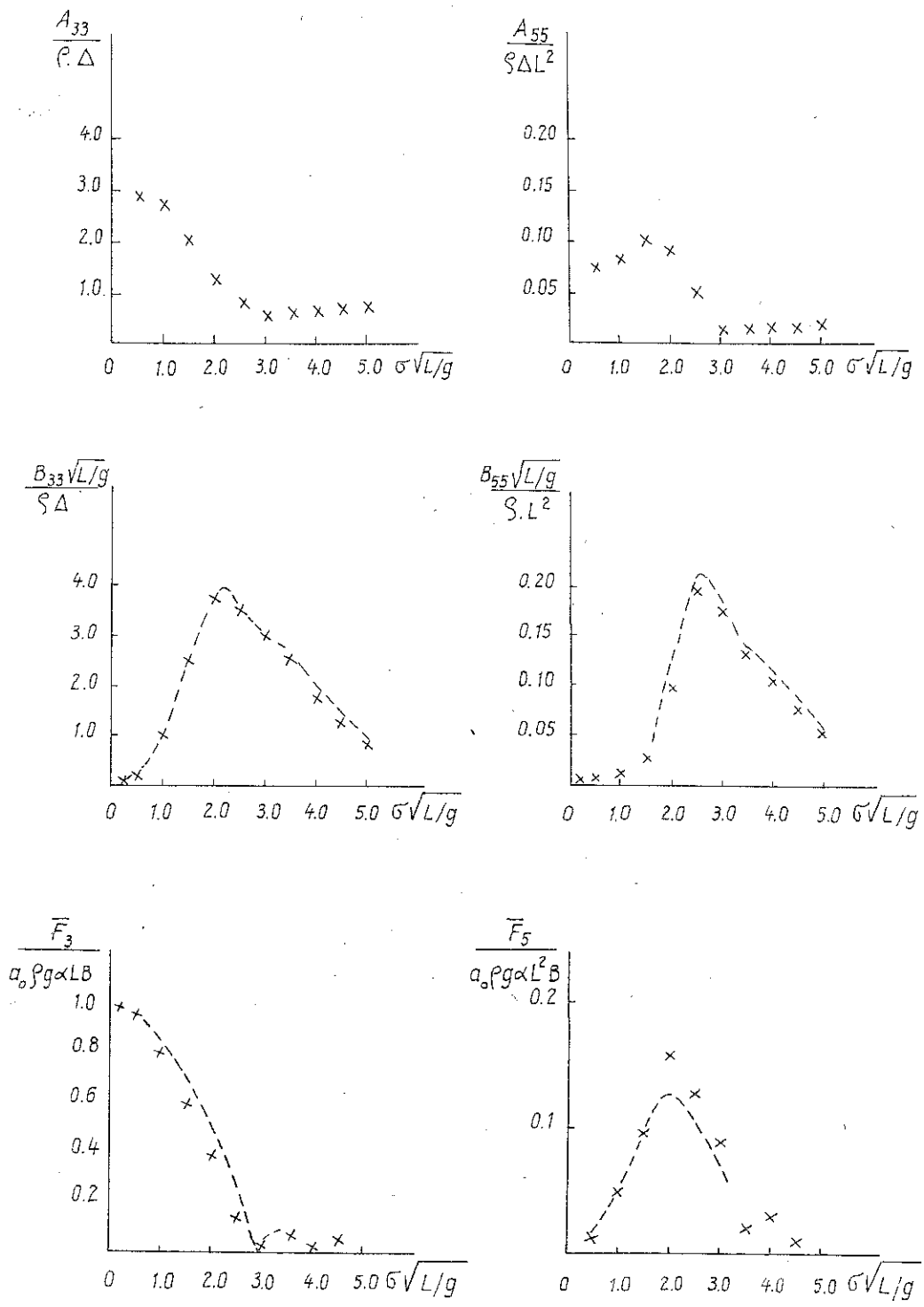
Đã tính toán cho một dạng tàu thân mảnh seri 60 [8] có hệ số đầy  $\delta = 0,7$  và  $\alpha = 0,785$ . Chiều dài tàu được chia thành  $m$  phần và độ mớn nước được chia thành  $n$  phần với  $m = 20, n = 5$ .

Trên hình 1: dấu  $\times$  là kết quả tính toán

dấu - - - là kết quả của Vorobiov nhận được từ các giá trị tiệm cận của thế vận tốc ở xa thân tàu. So sánh hai kết quả cho thấy sự trùng hợp khá tốt.

Hai hình đầu mô tả hệ số khối lượng nước kèm (không tính được theo phương pháp của Vorobiov). So sánh với kết quả thực nghiệm trong bể thử của trường kỹ sư hàng hải Odessa cho sự phù hợp tốt.

Bốn hình sau mô tả hệ số giảm rung, lực và mô men nhiễu xạ.



Hình 1. Các khối lượng nước kèm, hệ số giảm rung, lực nhiễu xạ của tàu mảnh khi lắc dọc

**Nhận xét:** Phương pháp trình bày cho phép xác định được khối lượng nước kèm  $A_{33}$ ,  $A_{55}$ ,  $A_{35}$  nên ưu việt hơn [3] song khối lượng tính toán phức tạp hơn.

*Địa chỉ:*  
Phân viện Cơ học Biển Viện KHVN

*Nhận ngày 25/11/1992*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Tiến Đạt. Bài toán lắc dọc của tàu mỏng khi có chuyển động tới trên nước sâu. Tạp chí Cơ học số 1. 1993.
2. Nguyễn Tiến Đạt. Dao động sóng nước trong cảng. Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ IV.
3. Воробьев Ю. Л. О продольных колебаниях тонкого судна на глубокой воде, ПМ АН УССР, Т. XV, № 6, 1979.
4. Справочник по специальным функциям. Под ред. М. Абрамовица и И. Стипан, Наука, М. 1979.
5. Форсайт Дж. Машинные методы математических вычисления "Мир" Москва, 1980.
6. Хаскинд М. Д. Гидродинамическая теория качки корабля, Наука, Москва, 1973.
7. Newman J. N. The exciting forces on a moving body in waves. Journal of ship research, Vol. 9, December 1965.
8. Gerritsma J., Kerwin J. E., Newman J. N. Polynomial representation and damping of series 60 Hull forms. International shipbuilding progress, 9, No 95, 1962.

### РЕЗЮМЕ

#### ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ТОНКОЕ СУДНО ПРИ ПРОДОЛЬНОЙ КАЧКЕ НА ГЛУБОКОЙ ВОДЕ

В данной статье, гидродинамические характеристики (обобщённые присоединённые массы, демпфирование, возмущающие силы и моменты) продольной качки тонкого судна без хода и на встречном (попутном) регулярном волнении малой амплитуды определяются путем интегрирования гидродинамических давлений по смоченной поверхности корпуса судна. Расчётные результаты этих характеристик, которые получают с помощью асимптотических значений потенциала скоростей вблизи корпуса судна, хорошо совпадают с результатами другого автора, полученными с помощью асимптотических значений потенциала скоростей на большом удалении от судна.