

MÔ HÌNH TÍNH THỦY TRIỀU VÙNG VEN BIỂN-ÁP DỤNG TÍNH NĂNG LƯỢNG TRIỀU VÙNG BIỂN CẦN GIỜ

Nguyễn Thị Bảy ⁽¹⁾, Nguyễn Anh Dũng ⁽²⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh

⁽²⁾Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh

(Bài nhận ngày 10 tháng 7 năm 2004, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 30 tháng 12 năm 2004)

TÓM TẮT: Bài báo trình bày mô hình tính thủy triều vùng ven biển và những kết quả áp dụng tính toán năng lượng các sóng triều của vùng ven biển huyện Cần Giờ. Phương pháp tính toán dựa vào lời giải hệ phương trình thủy triều lấy trung bình theo chiều sâu với các điều kiện biên không thấm ở bờ và dao động thủy triều ở biên lỏng. Mô hình được kiểm định bằng nghiệm giải tích và bằng phương trình cân bằng năng lượng. Năng lượng triều được tính riêng cho hai sóng M2, K1 và tính chung cho tất cả các sóng. Kết quả được trình bày dưới dạng các biểu đồ năng lượng triều. Phần cuối của bài báo là các phân tích và đánh giá kết quả nhận được.

I Giới thiệu tổng quan về vùng biển Cần Giờ và tình hình nghiên cứu.

Theo tài liệu nghiên cứu [1, 2, 6, 8], **Vùng biển Cần Giờ** nhìn chung có địa hình dốc từ Bắc xuống Nam, từ Tây sang Đông. Nơi sâu nhất là trước mũi Vũng Tàu, nơi hội tụ của hai dòng sông Ngã Bảy và Soài Rạp (H.1). Trong vùng biển này có các vịnh:

Vịnh Ghênh Rái ăn sâu vào đất liền. Có ba sông lớn đổ vào vịnh:

- Sông Ngã Bảy – từ sông Đồng Nai đổ vào phía Tây của vịnh, rộng khoảng 700 m, sâu lớn nhất 28 m.

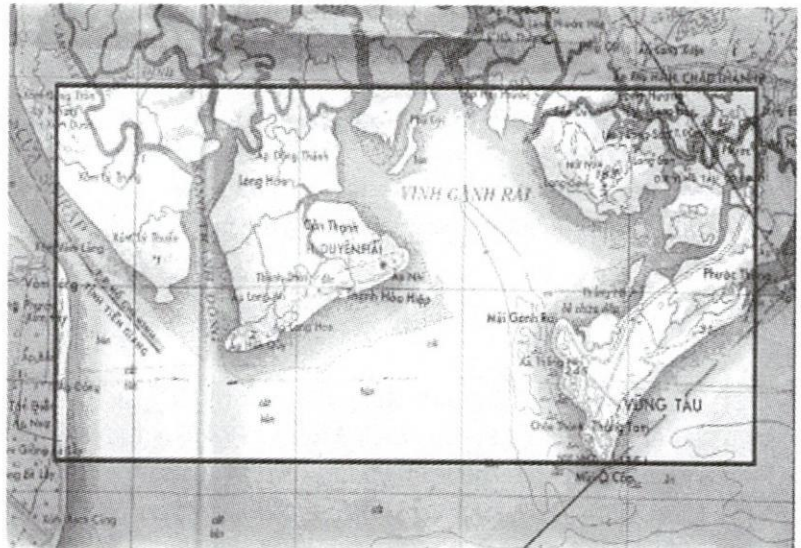
- Sông Thị Vải đổ nước vào phía Bắc của vịnh, dài 76 km, rộng trung bình 600 – 700 m, sâu nhất 60 m. Đây là sông bị biển khống chế mạnh.

- Sông Dinh đổ nước vào phía Đông của vịnh, có chiều dài 17 km, chiều rộng trung bình 300 m, độ sâu lớn nhất 14 m.

Vịnh Đồng Tranh: có hai sông Soài Rạp, Đồng Tranh đổ từ phía Bắc của vịnh. Sông Soài Rạp – tháo nước từ sông Đồng Nai. Sông Đồng Tranh tuy lớn nhưng ngắn, không có nguồn. Đường bờ trong vịnh đơn giản, thoải, phần lớn là các bãi bồi.

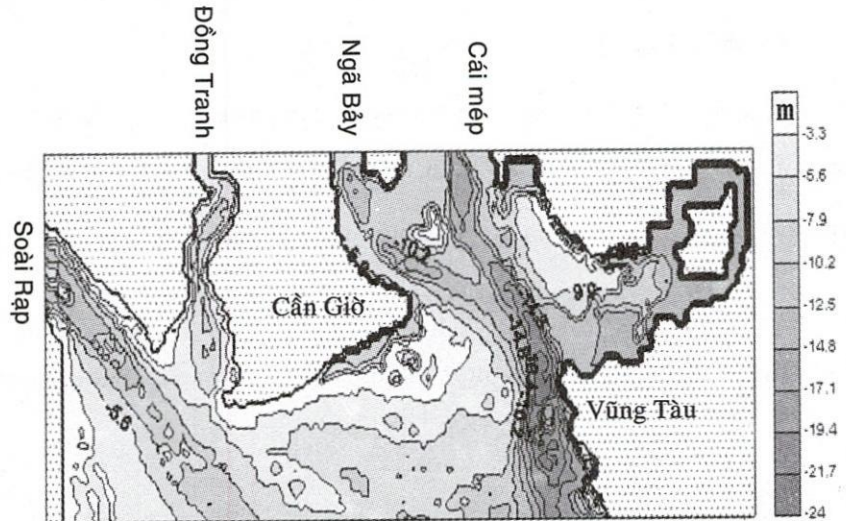
Vùng bãi triều Cần Giờ bọc quanh châu thổ, nằm giữa mực thủy triều cao và mực thủy triều thấp. Về phía lục địa, bãi triều tiếp cận với vùng trên triều và về phía biển tiếp cận với vùng dưới triều. Ở Cần Giờ, vùng trên triều là bờ biển và các giếng đang hoạt động. Vùng dưới triều là vùng ngập nước thường xuyên (châu thổ ngầm)(H.2).

Vùng biển Cần Giờ chịu tác động mạnh của các yếu tố động lực sông và biển. Tại cửa sông tồn tại dòng chảy phân bố không ổn định. Ngoài dòng chảy ra, còn có tác động của dao động mực nước, của sóng, triều và các tác động khác. Vì vậy động lực học vùng này rất phức tạp. Thủy triều khu vực này chịu ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều không đều với biên độ khá lớn (3 – 4 m). Sông Soài Rạp và Lòng Tàu là hai hệ thống sông chính chi phối chế độ thủy văn các kênh rạch khác. Nằm ở hạ



H.1 Vị trí vùng biển Cần Giờ và khu vực nghiên cứu

lưu của lưu vực sông Đồng Nai - Sài Gòn, hai sông này phụ thuộc vào chế độ lưu lượng của thượng nguồn. Biên độ triều giảm dần từ cửa sông lên thượng nguồn, cũng như từ các sông chính vào các sông nhỏ, kênh rạch. Lượng nước bình quân cao nhất thường xuất hiện trong tháng mưa, thời kỳ lũ lớn, điều này chứng tỏ vùng Cần Giờ vào mùa mưa chịu ảnh hưởng của nguồn. Sông Thị Vải cũng đóng vai trò quan trọng nghiên cứu khu vực, đặc biệt là vịnh Gành Rái. Quá trình triều trên sông Thị Vải khá đặc biệt. Độ lớn thủy triều tăng dần từ cửa (3,5 m) lên thượng nguồn, tại Gò Dầu (4 m), cực đại đã quan trắc được là 4,65 m.



H.2 Giới thiệu địa hình khu vực nghiên cứu

Cho đến nay đã có nhiều đề tài và dự án nghiên cứu được thực hiện tại vùng biển Cần giờ [1,2, 5, 6, 7, 8, 9]. Và vùng biển Cần Giờ đang được sự quan tâm của nhiều tổ chức và các nhà nghiên cứu. Nhằm góp phần cho công cuộc nghiên cứu này, các tác giả đã nghiên cứu đề xuất một mô hình tính toán thủy triều áp dụng cho vùng này.

II. Cơ sở lý thuyết

II.1 Hệ phương trình thủy triều

Bài toán được tính toán dựa vào lời giải hệ phương trình Reynolds lấy trung bình theo chiều sâu /5/:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv &= -g \frac{\partial(\zeta)}{\partial x} - \frac{ku(u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}}}{h + \zeta} + A\Delta^2(u) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu &= -g \frac{\partial(\zeta)}{\partial y} - \frac{kv(u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}}}{h + \zeta} + A\Delta^2(v); \\ \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [(h + \zeta)u] + \frac{\partial}{\partial y} [(h + \zeta)v] &= 0. \end{aligned} \tag{1}$$

Với: u, v - thành phần vectơ vận tốc trong tọa độ vuông góc (m/s); h -độ sâu (m);
 ζ - mực thủy triều (m); t - thời gian (s); k - hệ số ma sát đáy; f - thông số Coriolic;
 A -hệ số truyền chất rối theo phương ngang (m^2/s); $\Delta^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ là toán tử Laplace.

II.2 Điều kiện ban đầu và điều kiện biên.

Điều kiện ban đầu: u, v, ζ bằng 0 trên toàn bộ miền tính.
 Điều kiện tại biên lỏng cho dưới dạng dao động ζ cho từng sóng triều: $\zeta = A \cos(\sigma t - g)$
 trong đó: A, σ, g^0 : biên độ (m), tần số và pha của dao động thủy triều.
 Trên biên cứng (bờ) áp dụng điều kiện không thấm $u_n=0$; với n là phương vuông góc bờ.

II.3 Phương trình năng lượng

Độ chính xác và đúng đắn của mô hình được kiểm nghiệm dựa vào cân bằng năng lượng cho toàn miền tính như sau /3,4/:

Năng lượng E của toàn miền Ω được tính bằng: $E = K + P$ (2)

với: K - động năng (J); $K = \frac{1}{2} \rho \iint_{\Omega} H |V|^2 d\Omega$ (3)

P - thế năng (J); $P = \frac{1}{2} \rho g \iint_{\Omega} \zeta^2 d\Omega$ (4)

Phương trình cân bằng năng lượng có dạng sau: $E_t = W + D$ (5)

trong đó: $E_t = \frac{dE}{dt}$ là tốc độ biến thiên năng lượng toàn phần của miền tính Ω (J/s); W là năng lượng vào hoặc ra miền tính qua các biên lỏng Γ trong một đơn vị thời gian; (J/s):

$W = \rho \int_{\Gamma} H \left(\frac{|V|^2}{2} + g\zeta \right) v_n d\Gamma$ với $H = h + \zeta$ (6)

$D < 0$ là vận tốc tiêu tán năng lượng do ma sát đáy trong toàn miền tính, (J/s);

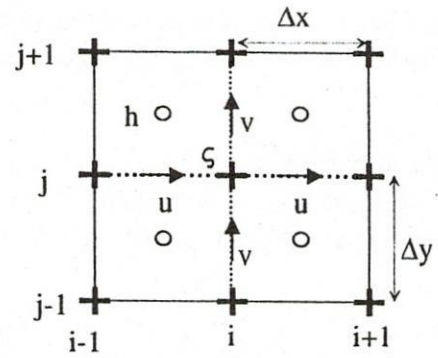
$D = -K \rho \iint_{\Omega} |V|^3 d\Omega$ (7)

III. Sơ đồ giải

Hệ phương trình (1) được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn với sơ đồ ẩn luân hướng ADI. Trong đó số hạng thứ ba (toán tử Laplace) của vế phải trong hai phương trình đầu (phương trình chuyển động) được tính ẩn /10/.

Nghiệm của bài toán được tính theo từng nửa bước thời gian:

- Tại nửa bước thời gian đầu từ $t+1/2$, mực nước ζ và vận tốc u (thành phần vận tốc theo phương x) được giải ẩn, vận tốc v (thành phần vận tốc theo phương y) được giải hiện.
- Tại nửa bước thời gian sau từ $t+1t$, mực nước ζ và vận tốc v được giải ẩn, vận tốc u được giải hiện.



H.3 Lưới sai phân

Lưới sai phân:

Lưới tính toán của sơ đồ ADI được bố trí như sau: các thành phần u, v, ζ không được tính trên cùng một vị trí của lưới, mà sắp xếp xen kẽ như hình 3.

• Tại nửa bước thời gian đầu $t+1/2$:

Sai phân hoá phương trình 1 và 3 trong hệ phương trình (1), sau một số biến đổi ta được hệ phương trình 3 đường chéo quan hệ giữa vận tốc và mực nước xen kẽ giữa các nút trong lưới tính tại thời điểm $t+1/2$:

$$\left\{ \begin{aligned}
 a_{2,i,j} \cdot u_{i-\frac{1}{2},j}^{t+\frac{1}{2}} + b_{2,i,j} \cdot \zeta_{i,j}^{t+\frac{1}{2}} + c_{2,i,j} \cdot u_{i+\frac{1}{2},j}^{t+\frac{1}{2}} &= d_{2,i,j} \\
 a_{1,i,j} \cdot \zeta_{i,j}^{t+\frac{1}{2}} + b_{1,i,j} \cdot u_{i+\frac{1}{2},j}^{t+\frac{1}{2}} + c_{1,i,j} \cdot \zeta_{i+1,j}^{t+\frac{1}{2}} &= d_{1,i,j} \\
 \dots\dots\dots &\dots\dots\dots \\
 \dots\dots\dots &\dots\dots\dots
 \end{aligned} \right. \tag{8}$$

Với các hệ số $a_1, b_1, c_1, d_1, a_2, b_2, c_2, d_2$ được xác định nhờ vào các yếu tố thủy lực ở bước thời gian t. Nghiệm của hệ phương trình (8) tìm được nhờ giải thuật truy đuổi.

Sau khi giải được u, ζ , các giá trị này dùng để giải hiện v bằng cách sai phân phương trình thứ 2 trong hệ phương trình (1).

- Nửa bước thời gian sau $t+1$: thực hiện tương tự như nửa bước đầu.

IV. Kiểm nghiệm mô hình bằng lời giải giải tích:

IV.1 Nghiệm giải tích:

Vào năm 1845 G.Airy đã giải bằng phương pháp giải tích bài toán truyền dao động thủy triều trong kênh hẹp không ma sát gọi là thuyết kênh thủy triều. Trong kênh hẹp, chuyển động chỉ xảy ra theo phương dọc kênh (trục x) còn theo phương vuông góc với kênh thì vận tốc gần bằng 0. Nếu xét hai sóng có cùng biên độ truyền ngược chiều nhau trong kênh (điều này xảy ra khi thủy triều truyền vào kênh kín một đầu và bị phản xạ toàn phần tại đầu kín) ta có nghiệm giải tích của bài toán về dao động mực nước và tốc độ truyền triều tại một điểm bất kỳ trong kênh như sau /5/:

$$z(x, t) = z_0 \cos(\omega t) \cos(kx) \tag{9}$$

$$u(x, t) = -\frac{C_0}{h} z_0 \sin(kx) \cos(\omega t - \pi/2) \tag{10}$$

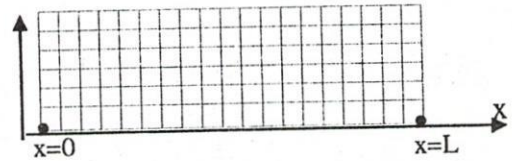
Trong đó: z_0 - biên độ dao động mực nước (m); $\omega = \frac{2\pi}{T}$ là vận tốc góc của sóng; T - chu kỳ

sóng (s); $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ là số sóng; λ - bước sóng (m); $C_0 = \sqrt{gh}$ (m/s) : vận tốc truyền sóng trong nước

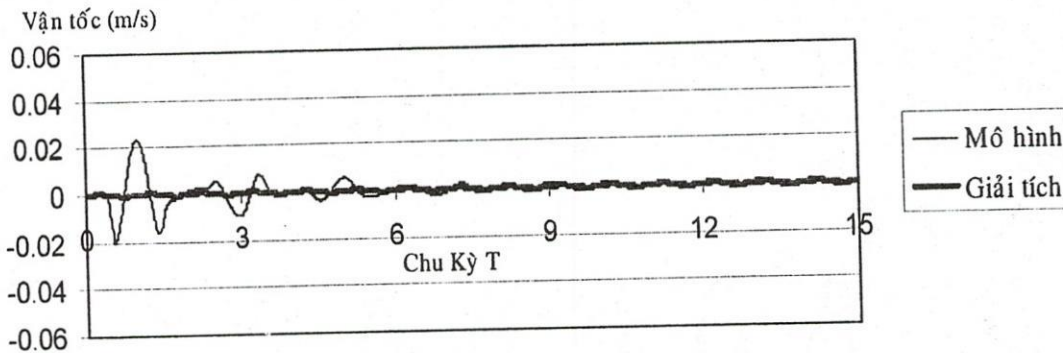
tính với độ sâu h ; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$: gia tốc trọng trường.

IV.2 So sánh kết quả tính bằng mô hình với nghiệm giải tích

Mô hình được áp dụng cho đoạn kênh hình chữ nhật (h.4) một đầu hở cuối kênh; đáy nằm ngang; chiều dài $L = 100\text{m}$ (là một bước sóng); bề rộng kênh chọn bằng 6m (rất nhỏ so với chiều dài); độ sâu $h = 1\text{m}$. Hệ số ma sát $K=0, A=0$, bỏ qua các số hạng phi tuyến và lực Coriolis; $\Delta t = 0,1\text{s}$; $\Delta x = \Delta y = 1\text{m}$.



H 4 - Lưới tính toán cho kênh chữ nhật



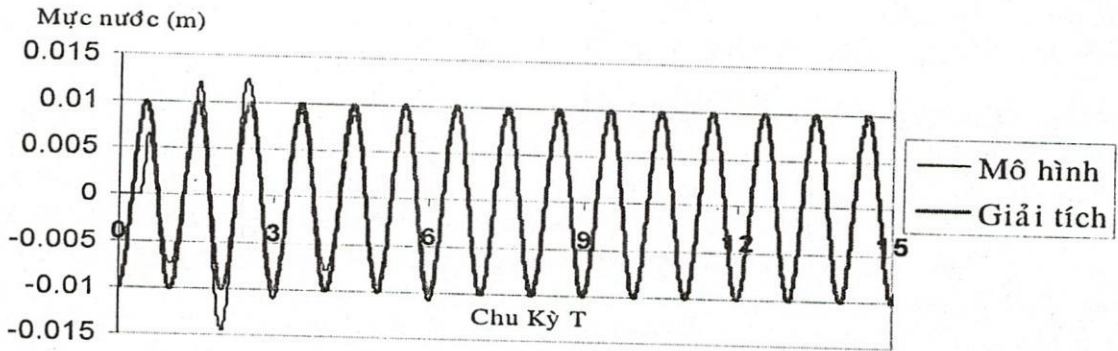
H. 5 Kết quả vận tốc ($x=0,5L$)

- Điều kiện ban đầu $t = 0$: $u=0, v=0, \zeta=0$.
- Điều kiện biên: Tại cuối kênh ($x=L$): cho dao động mực nước dạng $z = z_0 \cos(\omega t)$; với $z_0 = 0,01\text{m}$; chu kỳ $T=31,927\text{s}$. Tại đầu kênh ($x=0$): điều kiện phản xạ toàn phần $u=0$.

Vận tốc và mực nước tính được theo thời gian từ mô hình được xuất ra file tiêu biểu cho vị trí giữa kênh ($x=0,5L$), là vị trí mà từ kết quả của nghiệm giải tích, vận tốc luôn bằng không theo thời gian. Từ file kết quả này, vẽ nên hình 5, 6 cùng với nghiệm giải tích theo công thức (9) và (10).

Từ hình 5 cho thấy khi toàn kênh đã dao động điều hoà, kết quả dao động mực nước tính được từ mô hình trùng khớp với kết quả từ nghiệm giải tích. Riêng vận tốc (h. 6) dao động quanh không với

sai số max nhỏ hơn 3%. Các kết quả cho thấy vận tốc theo phương y tại mọi điểm trong miền tính hầu như bằng không.



H. 6 Kết quả mực nước tại $x=0,5L$

Ta cũng nhận được hình ảnh tương tự khi tính toán cho kênh dọc theo chiều oy.

Từ kết quả trên cho ta thấy độ tin cậy của mô hình, ít nhất là trong trường hợp đơn giản, để có thể áp dụng mô hình tính cho một vùng thực tế.

V. Tính toán cho vùng biển Cần Giờ và kết quả

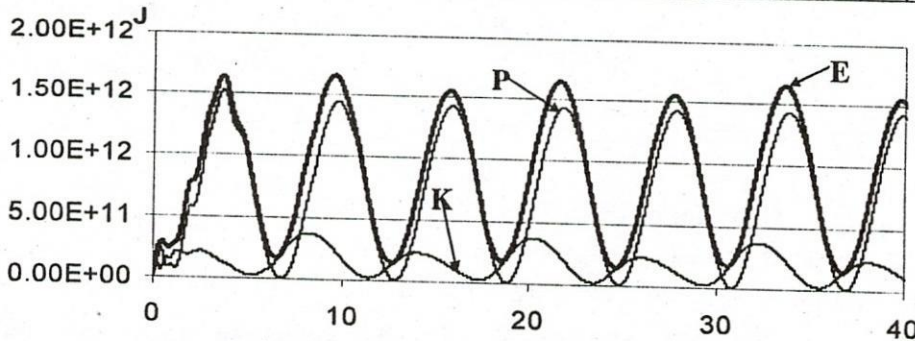
Mô hình được áp dụng để tính toán thủy triều cho vùng biển Cần Giờ. Lưới tính toán cho vùng biển Cần Giờ có $\Delta x = \Delta y = 300m$; $\Delta t = 10s$; $K = 0,00285$; $A = 100m^2/s$.

Tham số Coriolis $f = 2\omega \sin \varphi$; $\varphi = 10^\circ \Rightarrow f = 2,53 \cdot 10^{-5} s^{-1}$

Các điều kiện biên về biên độ và pha được tham khảo trong [7] như trong bảng 1.

Bảng.1 Biên độ và pha ban đầu của sóng M2 và K1 cho một số trạm ở vùng biển Cần Giờ

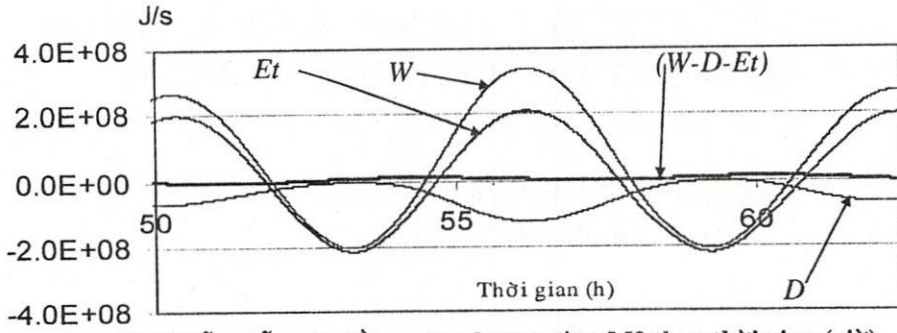
Tên trạm	Biên độ (cm)		Chu kỳ (s)		Pha ban đầu ($^\circ$)	
	M2	K1	M2	K1	M2	K1
Cái Mép	82	65.1	44700	89400	75	326
Ngã Bảy	81	65.1	44700	89400	75	325
Đồng Tranh	78	62.1	44700	89400	80	330
Soài Rạp	79	62.1	44700	89400	75	325
Vũng Tàu	80.79	67.43	44700	89400	58.9	309.6
Cửa Tiểu	83	68	44700	89400	70	315



H. 7 Biến thiên năng lượng sóng M2 theo thời gian (giờ)

E: năng lượng toàn phần; K: Động năng; P: Thế năng

Do giới hạn số trang, bài báo xin trình bày kết quả tính toán cho sóng M2 (là sóng bán nhật triều đặc trưng trong vùng). Phần kết quả còn lại của nghiên cứu xin được trình bày trong bài báo tiếp theo.



H. 8 Biểu diễn cân bằng năng lượng sóng M2 theo thời gian (giờ)

W: năng lượng qua biên lóng;

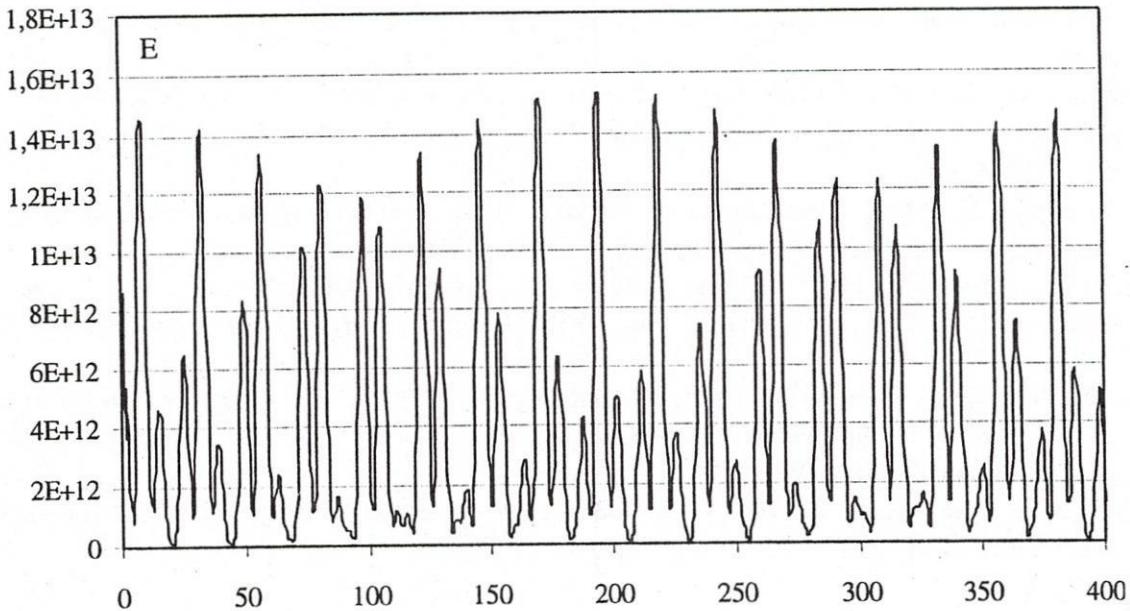
D: vận tốc tiêu tán năng lượng;

Et: vận tốc biến đổi năng lượng toàn phần

Trên hình 7 là biểu đồ năng lượng triều của sóng M2. Năng lượng sóng M2 là mạnh nhất trong vùng (đạt giá trị trung bình 1.10^9 KJ). Trong khi đó, tổng năng lượng triều cho tất cả các sóng đạt giá trị trung bình 5.10^9 KJ thiên về các sóng bán nhật triều (hình 9). Hình 8 biểu diễn đường năng lượng W của dòng qua biên lóng, vận tốc biến đổi năng lượng toàn phần Et, vận tốc tiêu tán năng lượng D. Phân tích đại lượng $(W+D)-Et$ có thể đánh giá sai số của phép tính, mà trong trường hợp này chủ yếu là do tán xạ của sơ đồ tính. Sai số này tính tương đối trên $|Et|$ (trung bình cho một chu kỳ) nhỏ hơn 5%, là sai số trong phạm vi cho phép, do đó có thể chấp nhận được độ chính xác của mô hình.

VI. Kết luận

Kết quả thu được của nghiên cứu này sẽ là cơ sở giúp cho việc nghiên cứu ảnh hưởng của triều trong các quá trình động lực học ở vùng biển Cần Giờ, nhằm góp phần thiết thực ánh giá ảnh hưởng của thủy triều lên các công trình ven biển Cần Giờ của TP HCM.



H.9 Biểu đồ năng lượng $E=f(t)$ tính được cho tổng các sóng triều trong vùng biển Cần Giờ, E tính bằng J, t tính bằng giờ

Lời cảm ơn

Trong quá trình thực hiện nghiên cứu này, tác giả nhận được sự hỗ trợ về kinh phí của chương trình nghiên cứu cơ bản của Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường.

A NUMERICAL TIDAL MODEL FOR THE SHALLOW SEA BASIN - APPLYING FOR SIMULATION OF TIDAL ENERGY IN CANGIO SEA TERRITORIAL

Nguyen Thi Bay, Nguyen Anh Dung
University of Technology –VNU-HCM

ABSTRACT: *In this paper, the authors present a numerical tidal model for the shallow sea basin and some computed results for tidal energy in Can Gio Sea territorial. The method of study is to use the solution of Reynolds equations integrated in the depth. The calculation is applied for 2 tidal harmonics (K1,M2) and the sum of all tidal harmonics in Can Gio Sea. The results are presented on the charts of tidal energy for each harmonic. The end of paper is an analysis of the results. The results show an important role of the tidal process in Can Gio Sea territorial.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đặng Công Minh, Nguyễn Hữu Nhân., “Thủy triều biển Đông”, chương trình cấp nhà nước KT.03, đề tài KT.03.03,1993.
- [2] Lê Trình. Báo cáo đề tài “Nghiên cứu khả năng tác động của công nghiệp hoá, đô thị hóa, giao thông thủy đến môi trường Cần Giờ”. Sở KHCN & MT TP. Hồ Chí Minh, 02/2001.
- [3] Nhekrasov A. V. “Mối quan hệ dòng năng lượng thủy triều với bản đồ thủy triều”, NXB Đại học Khí tượng Thủy văn Leningrad, tập 85, 1978 (tiếng Nga).
- [4] Nhekrasov A. V. “Năng lượng thủy triều trong hải dương”, NXB Hydrometeo, Leningrad 1990, 280 tr. (tiếng Nga)
- [5] Phạm văn Huấn “Động lực học biển, phần III, Thủy triều”, NXB ĐHQG Hà Nội, Hà Nội, 2002.
- [6] Phan văn Hoạch, Nguyễn Hữu Nhân. “Nghiên cứu xâm nhập mặn trên sông Đồng Nai phục vụ nhà nước 100.000 m³/ngày”. Tổng cục Khí Tượng Thủy Văn, phân viện Khí Tượng Thủy Văn tại TPHCM, 1993.
- [7] Trung tâm khí tượng thủy văn phía Nam (2000), “Vai trò của thủy triều trong vấn đề ngập lụt tại TPHCM”, thành phố Hồ Chí Minh tháng 12 năm 2000.
- [8] Ủy ban nhân dân tp HCM, Liên hiệp các hội khoa học và kỹ thuật. “Những luận cứ khoa học làm cơ sở cho việc cải tạo bãi biển Cần giờ thành khu bãi tắm, nghỉ ngơi, giải trí”, tp. HCM, 2001.
- [9] Lê Phước Trình, Trương Đình Hiến, Bùi Quốc Nghĩa. “Báo cáo tổng hợp điều kiện khí tượng - thủy văn, động lực học vịnh Gành Rái – Vũng Tàu”. Dự án “Quy hoạch tổng thể hệ thống cảng nước sâu Thị Vải – Vũng Tàu, 1991.
- [10] V.M. Radikevich. “Khí động lực học dành cho các nhà hải dương học”, NXB Leningrad, 1985 (bằng tiếng Nga).