



NGHIÊN CỨU HIỆU ỨNG ĐỘNG CỦA TẢI TRỌNG SÓNG THIẾT KẾ THEO TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ HIỆN HÀNH ĐỐI VỚI KẾT CẤU CÔNG TRÌNH BIỂN BẰNG THÉP XÂY DỰNG TRONG ĐIỀU KIỆN THỀM LỤC ĐỊA VIỆT NAM

Bùi Thế Anh¹, Đinh Quang Cường²

Tóm tắt: Hiệu ứng động của tải trọng sóng thiết kế lên các kết cấu công trình biển được kể đến khi chu kỳ dao động riêng của kết cấu gần với chu kỳ của sóng biển. Có một số quan điểm đưa ra một giá trị nhất định về chu kỳ dao động riêng của kết cấu, là ranh giới để lựa chọn việc giải bài toán tựa tĩnh hay giải bài toán động lực học kết cấu công trình trong quá trình tính toán thiết kế kết cấu. Trong thực tế, thông thường kết cấu công trình biển được tính toán trong trạng thái biển cực hạn (với giả thiết các hoạt động công nghệ tạm dừng) và tính toán trong trạng thái khai thác (khi mọi hoạt động công nghệ được thực hiện) với điều kiện sóng biển bình thường. Tuy nhiên, chiều cao và chu kỳ sóng là khác nhau theo các hướng và khác nhau theo các trạng thái biển. Do vậy, hiệu ứng động của tải trọng sóng thiết kế là khác nhau trong những điều kiện tính toán cụ thể. Bài báo này đặt vấn đề thu thập các hồ sơ thiết kế các công trình gần đây đã và đang xây dựng trên thềm lục địa Việt Nam, trên cơ sở đó tính toán xác định hệ số ảnh hưởng động của tải trọng sóng trong các trạng thái tính toán và đưa ra những đánh giá ban đầu về ảnh hưởng động của tải trọng sóng đối với kết cấu công trình biển thép trong điều kiện biển Việt Nam.

Từ khóa: Hiệu ứng động, kết cấu công trình biển

Abstract: Dynamic effects due to design wave loads for offshore structures will be included when natural period of structures approaches wave period. Some viewpoints give a certain value of structure's natural period, becoming a boundary to select the quasi-static or dynamic problems of structures when calculating and designing structures. In fact, normally offshore structures are determined in extreme environmental conditions (based on an assumption that technological activities are interrupted) and operating environmental conditions (when technological activities perform). However, wave height and wave period are different between directions and sea states. Thus, dynamic effects due to design wave loads are different from specific conditions. This article is to collect design documents of the works built on the Vietnamese continental shelf conditions and based that to calculate and determine the coefficient of dynamic effects due to wave load in the calculation states and make the initial assessment of the dynamic effects due to wave load for the offshore steel jacket structures in the Vietnamese continental shelf conditions.

Keywords: Dynamic effects, offshore structures



1. Đặt vấn đề

Ở nước ta hiện nay, các mỏ đang và chuẩn bị khai thác mới ở độ sâu dưới 150m nước. Trong thời gian tới, mục tiêu phấn đấu của ngành Dầu khí Việt Nam là khai thác các mỏ ở vùng nước sâu trên 200m thềm lục địa Việt Nam [8].

Bài báo đặt vấn đề nghiên cứu đánh giá hiệu ứng động của tải trọng sóng trong quá trình tính toán kết cấu Công trình biển cố định bằng thép (cụ thể là kết cấu khối chân đế kiểu Jacket) theo các điều kiện bền khi thay đổi độ sâu nước từ nông ra sâu và ứng dụng vào điều kiện tự nhiên của biển Việt Nam, với các lý do như sau:

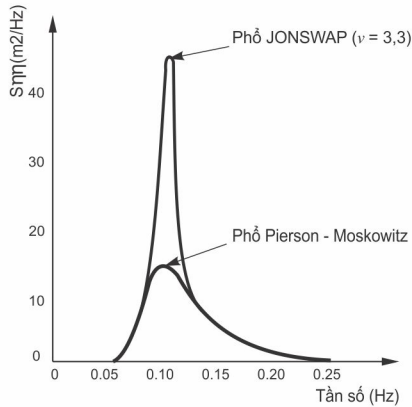
¹ThS, Viện Xây dựng Công trình biển, Trường Đại học Xây dựng. E-mail: theanhuce@gmail.com

²PGS.TS, Viện Xây dựng Công trình biển, Trường Đại học Xây dựng.

2. Những vấn đề cần quan tâm khi nghiên cứu hiệu ứng động của tải trọng sóng lên kết cấu công trình biển

2.1 Tải trọng sóng biển

Tải trọng sóng được xác định dựa trên chuyển động của sóng bề mặt. Phổ sóng bề mặt có nhiều dạng, nhưng phổ biến nhất là phổ Pierson-Moskowitz (P-M) đối với biển mở và phổ JONSWAP đối với biển hạn chế, phụ thuộc vào hai thông số chính của chuyển động sóng là chiều cao sóng đáng kể (H_s) và chu kỳ trung bình cắt không (T_z), hoặc chu kỳ liên quan (Hình 1), [1],[2],[3].



Hình 1. Các phổ sóng P-M và JONSWAP

Hầu hết các tài liệu đều thừa nhận phổ sóng của các trạng thái biển có dải chu kỳ từ 3 giây đến 20 giây (tần số từ 0,33 đến 0,05 Hz) [1],[2],[3]. Đây cũng là dải chu kỳ của tải trọng sóng tác động lên công trình. Điều đó có nghĩa rằng bản chất tải trọng sóng là tải trọng động, được mô tả chính xác bởi phổ tải trọng (sóng ngẫu nhiên) và mô tả gần đúng bởi các lý thuyết sóng phù hợp.

2.2 Phản ứng động của kết cấu công trình biển cố định

Phản ứng động của kết cấu khi chịu tải trọng sóng được xác định từ phương trình cơ bản sau:

$$M\ddot{U} + C\dot{U} + KU = F(t) \quad (1)$$

Hiệu ứng động của tải trọng đối với phản ứng của kết cấu được đánh giá dựa trên so sánh giữa phản ứng động xác định từ phương trình (1) với phản ứng tĩnh xác định từ phương trình (2) dưới đây:

$$KU = F(t) \quad (2)$$

Hiệu ứng động được thể hiện bởi mối quan hệ giữa chu kỳ cơ bản của kết cấu công trình (tức T_{max}) với chu kỳ sóng, nếu hai giá trị đó càng gần nhau (tức là càng gần hiện tượng cộng hưởng) thì hiệu ứng động càng lớn.

Để minh họa ảnh hưởng hiệu ứng động của tải trọng sóng ngẫu nhiên, ta xét mô hình một bậc tự do của kết cấu:

Đối với mô hình tính động: Từ phương trình (1) áp dụng lý thuyết phổ để giải ta được kết quả là hàm mật độ phổ của phản ứng kết cấu $S_{uu}(\omega)$, [1]:

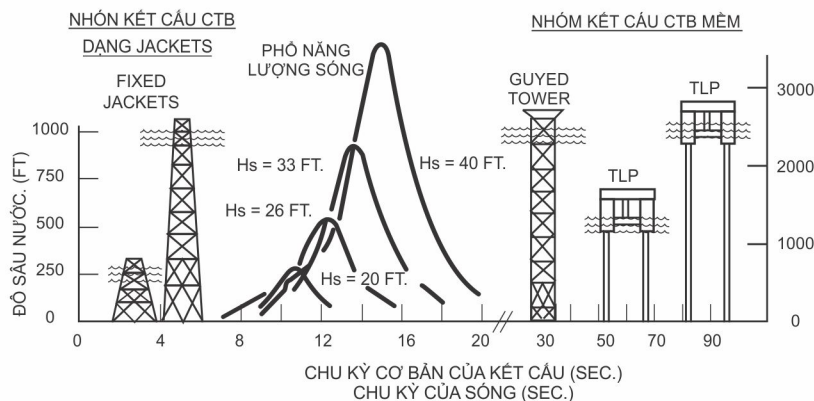
$$S_{uu}(\omega) = |H(i\omega)|^2 S_{FF}(\omega) \quad (3)$$

trong đó:

$$|H(i\omega)|^2 = \frac{1}{K^2} \frac{1}{\left[(1 - \Omega^2)^2 + (2\xi\Omega)^2 \right]} \quad (4)$$

K - độ cứng của kết cấu; Ω = tỷ số giữa tần số sóng và tần số dao động cơ bản của kết cấu; ξ - tỷ số cản dao động.

Với kết cấu khối chân đế của công trình biển ở độ sâu nước khoảng 200ft (60m) thường có chu kỳ dao động cơ bản T_{max} khoảng dưới 3 giây. Khi ra vùng nước càng sâu, độ cứng của kết cấu càng giảm, mật khác khối lượng kết cấu càng tăng, làm cho chu kỳ dao động cơ bản càng tăng (tần số cơ bản càng giảm). Khi ở độ sâu nước tới 1000ft (328m), chu kỳ cơ bản của khối chân đế tăng nhanh, có thể tới trên 4 giây, tức là vào vùng tần số của tải trọng sóng, (Hình 2), [6].



Hình 2. Quan hệ giữa dải chu kỳ của phổ sóng biển với chu kỳ dao động cơ bản của kết cấu KCD kiểu Jacket ở vùng nước từ nông ra sâu

2.3 Đánh giá hiệu ứng động của tải trọng sóng theo tiêu chuẩn thiết kế

Dựa trên nguyên tắc hiệu ứng động của tải trọng sóng được đánh giá khi chu kỳ cơ bản của kết cấu gần với chu kỳ của sóng, các tiêu chuẩn thiết kế đưa ra “quy tắc 2,5 giây” (có tiêu chuẩn đề nghị 3,0 giây), cho phép tính với tải trọng sóng tĩnh khi $T_{\max} \leq 2,5$ giây. Điều này có nghĩa là hiệu ứng động của tải trọng sóng chỉ cần xét đến khi chu kỳ dao động cơ bản của kết cấu $T_{\max} > 2,5$ giây, [4], [5].

3. Khảo sát ảnh hưởng động của tải trọng sóng lên kết cấu các công trình thực tế ở Việt Nam gần đây

Trong khuôn khổ của bài báo này, tác giả khảo sát ảnh hưởng động của tải trọng sóng thông qua việc đánh giá hệ số động (DAF), coi như công trình được tính toán tĩnh. Việc xác định DAF như sau:

$$DAF = \frac{1}{\sqrt{[1 - (\Omega)^2]^2 + (2\zeta\Omega)^2}}; \Omega = \frac{\omega}{\omega_1} \quad (5)$$

trong đó T: Chu kỳ dao động của sóng (s); T_1 : Chu kỳ dạng dao động thứ 1 của kết cấu (s); ω : Tần số vòng của sóng; ω_1 : Tần số vòng cơ bản của kết cấu; ζ : Hệ số tắt dần.

3.1 Số liệu sóng, công trình để đánh giá

Bảng 1. Số liệu môi trường điển hình để đánh giá ảnh hưởng động của tải trọng sóng lên kết cấu các công trình

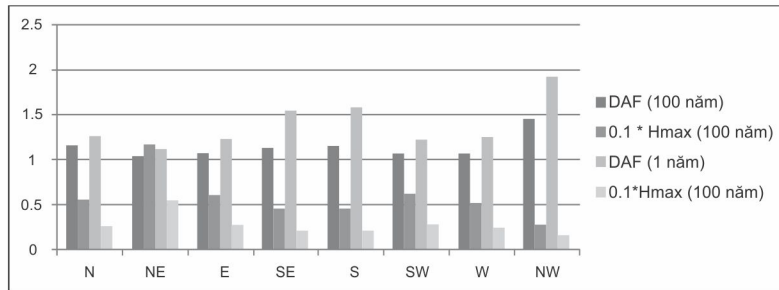
Chu kỳ lặp lại	Hướng	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
100 năm	$H_{\max}$ (m)	7.1	14.9	7.8	6	5.8	8	6.8	4.9
	T (s)	5.96	12.50	6.54	5.03	4.87	6.71	5.70	4.11
1 năm	$H_{\max}$ (m)	4.7	9.9	5.2	4	3.9	5.3	4.5	3.2
	T (s)	4.94	10.40	5.46	4.20	4.10	5.57	4.73	3.90

Bảng 2. Các thông số kỹ thuật của các công trình để đánh giá

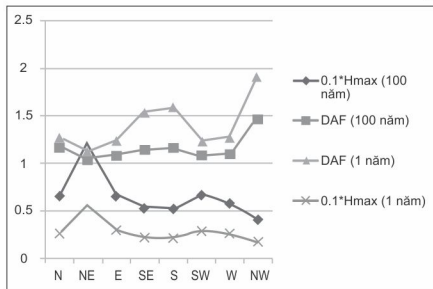
STT	Tên công trình	Độ sâu nước do(m)	Số ống chính	Số vách ngang	Chu kỳ dao động riêng cơ bản	
					Điều kiện vận hành $T1(s)$	Điều kiện bảo cực hạn $T1(s)$
1	Giàn đỡ đầu giếng Thái Bình	30	03	03	1,85	2,01
2	Giàn đỡ đầu giếng Đông Đô	63	04	05	2,568	2,552
3	Giàn đỡ đầu giếng Thăng Long	65	04	03	2,587	2,554
4	Giàn đỡ đầu giếng Đại Hùng	111,42	04	06	3,12	3,155
5	Giàn đỡ đầu giếng Mộc Tinh	115	04	06	3,1	3,13

3.2 Kết quả đánh giá ảnh hưởng động của tải trọng sóng lên kết cấu các công trình thực tế ở Việt Nam gần đây

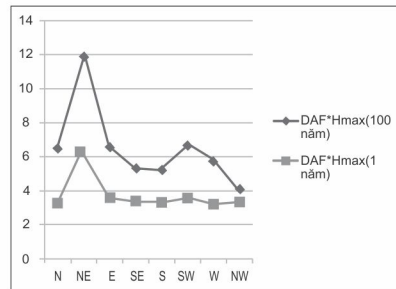
Kết quả khảo sát được thể hiện thông qua các công trình có độ sâu nước thay đổi từ 30m đến 115m [7], trình bày dưới dạng các đồ thị như hình 4,5,6,7,8 dưới đây.



a



b



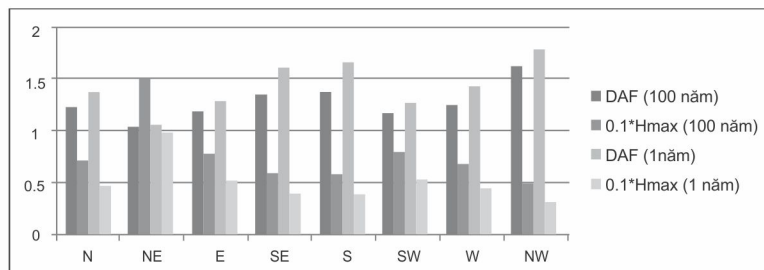
c

Hình 3. Kết quả đánh giá hiệu ứng động của tải trọng sóng lên kết cấu khối chân đế giàn đỡ đầu giếng Thái Bình

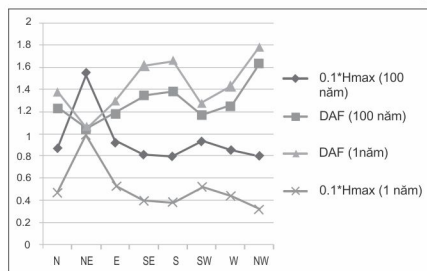
a) Đồ thị biểu diễn quan hệ DAF và H_{max} (bão 100 năm và 1 năm)

b) Đồ thị biểu diễn quan hệ DAF và H_{max} :

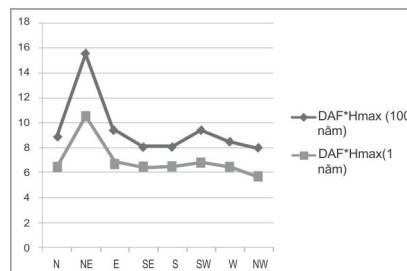
c) Đồ thị biểu diễn $DAF * H_{max}$



a



b



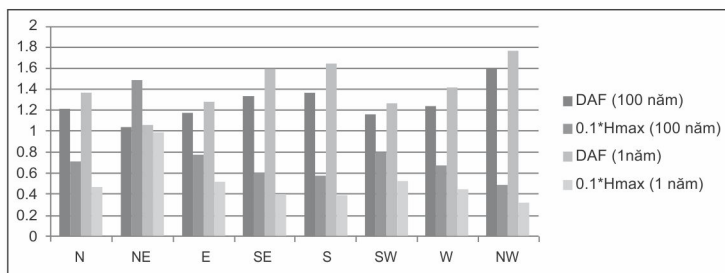
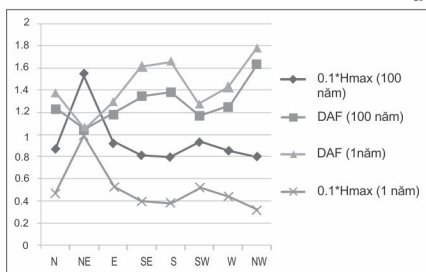
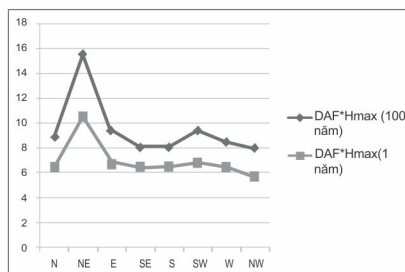
c

Hình 4. Kết quả đánh giá hiệu ứng động của tải trọng sóng lên kết cấu khối chân đế giàn đỡ đầu giếng Thăng Long

a) Đồ thị biểu diễn quan hệ DAF và H_{max} (bão 100 năm và 1 năm)

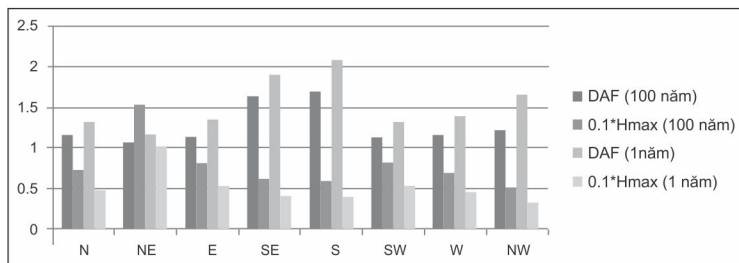
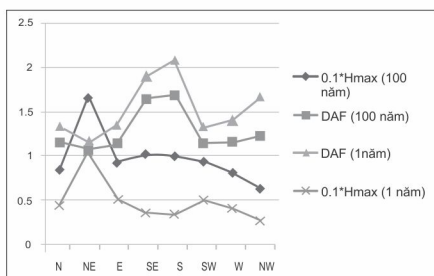
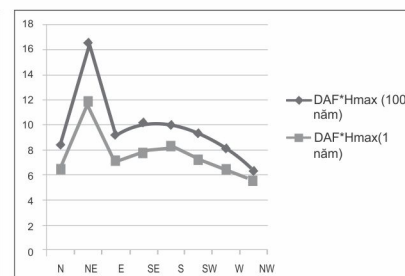
b) Đồ thị biểu diễn quan hệ DAF và H_{max} :

c) Đồ thị biểu diễn $DAF * H_{max}$


a

b

c

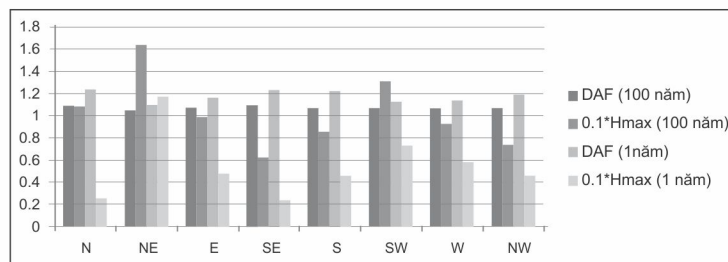
Hình 5. Kết quả đánh giá hiệu ứng động của tải trọng sóng lên kết cấu khối chân đế giàn đỡ đầu giếng Đông Đô

- a) Đồ thị biểu diễn quan hệ DAF và H_{max} (bão 100 năm và 1 năm)
- b) Đồ thị biểu diễn quan hệ DAF và H_{max} ;
- c) Đồ thị biểu diễn $DAF * H_{max}$

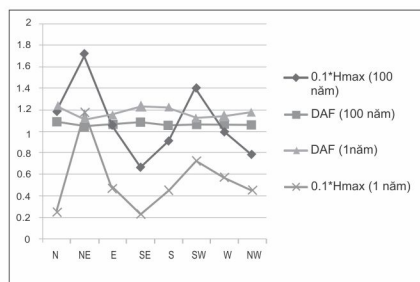

a

b

c

Hình 6. Kết quả đánh giá hiệu ứng động của tải trọng sóng lên kết cấu khối chân đế giàn đỡ đầu giếng Mộc Tinh

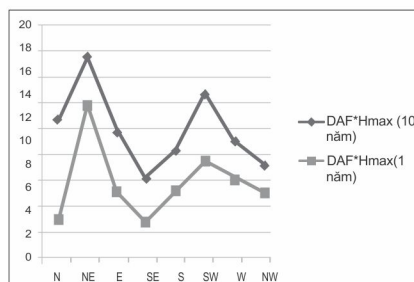
- a) Đồ thị biểu diễn quan hệ DAF và H_{max} (bão 100 năm và 1 năm)
- b) Đồ thị biểu diễn quan hệ DAF và H_{max} ;
- c) Đồ thị biểu diễn $DAF * H_{max}$



a



b



c

Hình 7. Kết quả đánh giá hiệu ứng động của tải trọng sóng lên kết cấu khối chân đế giàn đỡ đầu giếng Đại Hùng

a) Đồ thị biểu diễn quan hệ DAF và H_{max} (bão 100 năm và 1 năm)

b) Đồ thị biểu diễn quan hệ DAF và H_{max} :

c) Đồ thị biểu diễn DAF * H_{max}

Nhận xét kết quả:

Từ đồ thị hình 3,4,5,6,7 (a,b) nhận thấy rằng:

- Hệ số ảnh hưởng động (DAF) là khác nhau cho từng hướng sóng.

- Hệ số ảnh hưởng động (DAF) khi sóng có chiều cao sóng lớn là nhỏ hơn hệ số ảnh hưởng động (DAF) khi sóng có chiều cao sóng nhỏ.

Từ đồ thị hình 3,4,5,6,7 (c) nhận thấy rằng trong tính toán kiểm tra kết cấu công trình biển theo điều kiện bền (ULS) thì:

- Đối với sóng biển thiết kế có chu kỳ lặp 100 năm, chu kỳ sóng T lớn, hệ số ảnh hưởng động (DAF) nhỏ nhưng chiều cao sóng lớn.

- Đối với sóng biển thiết kế có chu kỳ lặp 1 năm, chu kỳ sóng T nhỏ, hệ số ảnh hưởng động (DAF) lớn nhưng chiều cao sóng nhỏ.

- Do vậy, khi đánh giá hiệu ứng động của tải trọng sóng lên kết cấu công trình biển cần phải quan tâm đến chu kỳ sóng T và chiều cao sóng H.

3. Kết luận

- Chu kỳ của sóng biển ngoài khơi (nước sâu) khi vào vùng nước nông (phía trái của đồ thị phổ sóng, Hình 2) bị giảm đi. Do vậy, hiệu ứng động không thể được xác định bởi 1 giá trị cố định.

- Các thông số sóng (chiều cao sóng H, chu kỳ sóng T) là khác nhau theo các hướng và trong các trạng thái biển khác nhau. Do vậy, hiệu ứng động của tải trọng sóng là khác nhau trong những điều kiện tính toán cụ thể, khi đánh giá hiệu ứng động của tải trọng sóng lên công trình biển cần phải quan tâm tới chu kỳ sóng T tương ứng với chiều cao sóng H. Qua đây cho thấy cần phải cân nhắc thận trọng khi sử dụng quy tắc “2,5 giây” hay “3 giây”.

- Các kết quả nghiên cứu được liệt kê trong bài báo này đã được thực hiện dựa trên các số liệu thực tế và đã phản ánh khá đầy đủ một bức tranh về ảnh hưởng động của sóng biển theo các hướng khác nhau và trong các trạng thái biển khác nhau đến kết cấu công trình biển cố định bằng thép xây dựng trong điều kiện biển Việt Nam. Đây là các kết quả nghiên cứu có thể được tham khảo.

- Các nghiên cứu tiếp theo của nhóm tác giả sẽ là: Nghiên cứu đánh giá hiệu ứng động của sóng biển lên kết cấu một số công trình biển cố định bằng thép trong điều kiện biển Việt Nam thông qua việc giải bài toán động lực học kết cấu công trình và giải bài toán mỗi. Hy vọng rằng với kết quả tính toán động lực học kết cấu công trình và giải bài toán mỗi sẽ góp thêm một ý kiến nhằm làm hoàn thiện hơn những đánh giá đã trình bày trong bài báo này.

Tài liệu tham khảo

1. NDP Barltrop and AJ Adams, (1991). *Dynamics of Fixed Marine Structures*. Butterworth Heinemann.
2. S.K.Chakrabarti, (1987). *Hydrodynamics of Offshore Structures*. Springer-Verlag Berlin.
3. Gunther Clauss et all, (1992). *Offshore Structures*. Springer – Verlag London Ltd..
4. API-RP2A-WSD, (2002). *Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design*. American Petroleum Institute, Washington, D.C., 21st Ed.
5. DNV, (1993). *Rules for Classification of the Fixed Offshore Installation*.
6. Phạm Khắc Hùng, (2011). *Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu Đề tài KHCN cấp NN “Nghiên cứu điều kiện kỹ thuật môi trường biển và nền móng công trình nhằm xác định luận chứng kinh tế kỹ thuật xây dựng công trình biển vùng nước sâu Việt Nam”*. Mã số KC.09.15/06-10. Lưu tại Cục Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia, Bộ KHCN, Số đăng ký 2011-52-398/KQNC.
7. Kết quả tính toán *Substructure Dynamic Analysis* của các công trình biển cố định bằng thép của các dự án đã và đang xây dựng ở Việt Nam: Thái Bình, Thăng Long, Đông Đô, Mộc Tinh, Đại Hùng.
8. Phùng Đình Thực, (2010). *Chiến lược phát triển Tập đoàn Dầu khí Việt Nam đến năm 2015 và định hướng tới năm 2025*. Kỷ niệm 35 năm Ngành Dầu khí Việt Nam. Tạp chí Dầu khí số 8 – 2010, Tr.6-9.