

NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN GIẢI PHÁP KẾT CẤU CÔNG TRÌNH BIỂN CỐ ĐỊNH BẰNG THÉP CHO VÙNG NƯỚC SÂU ĐỂ KHAI THÁC DẦU KHÍ TRÊN THỀM LỤC ĐỊA NAM VIỆT NAM

THE STUDY ON THE BASICS OF CHOOSING APPROPRIATE SOLUTIONS FOR FIXED OFFSHORE STEEL SUPPORTS OF EXPLOITING OIL AND GAS STRUCTURES IN DEEP WATER ZONE IN VIETNAM

**GS. PHẠM KHẮC HÙNG, PGS. ĐÌNH QUANG CƯỜNG
ThS. MAI HỒNG QUÂN, KS. VŨ ĐẠN CHÍNHH
Viện XD Công trình biển, Trường ĐHXD**

Tóm tắt

Bài báo trình bày nhu cầu khai thác dầu khí vùng nước sâu tới 200 m TLĐ.VN; Các tác giả đã nghiên cứu xây dựng cơ sở để lựa chọn giải pháp kết cấu hợp lý cho khối chân đế (KCĐ) của công trình biển cố định (CTB.CĐ) bằng thép nước sâu, và đề xuất giải pháp kết cấu CTB.CĐ ở độ sâu tới 200 m phù hợp với điều kiện tự nhiên ở nước ta. Bài báo này là một phần kết quả nghiên cứu của tập thể tác giả thực hiện Đề tài NCKH cấp Nhà nước KC.09.15/06-10 [2].

Abstract

This paper deals with the demand of exploiting oil and gas in deepwater zones up to 200 m in Vietnam. The authors have studied basics of choosing appropriate solution for fixed offshore steel support structures installed in deepwater, and proposed the structural alternative for 200m deepwater adapted to natural conditions of our sea. This paper is one part from study results of the national research Project KC.09.15/06-10 [2].

1. Mở đầu

Khai thác dầu khí trên thềm lục địa Việt Nam đã thực hiện bắt đầu từ năm 1986 ở mỏ Bạch Hổ với độ sâu nước 50 m, đến nay đã phát triển khai thác trên 10 mỏ với tổng sản lượng trên 200 triệu tấn dầu thô và 30 tỷ mét khối khí, mang lại doanh thu trên 40 tỷ Đô la Mỹ, trong đó nộp ngân sách Nhà nước 25 tỷ Đô la.

1.1. Tiềm năng dầu khí ở vùng biển VN



Vietnam- 3rd largest oil producer in SE Asia

- Major basins (7): Song Hong, Phu Khanh, Cuu Long, Nam Con Son, Malay- Tho Chu, Hoang Sa and Trung Sa basins.
- Potential oil resources: 8.5 billion barrels
- Potential gas resources: 100 TCF
- Oil reserves: ~ 4 billion barrels
- Gas reserves: ~ 23 TCF
- Oil production : ~ 400.000 bod
- Gas production : 600 MM cfd
- Cumulative production: >200M tons of crude oil & > 20 billion m³ of gas.

Source: Petrovietnam

Hình 1. Sơ đồ các bể trầm tích chủ yếu trên TLĐ. VN và đánh giá tiềm năng dầu khí.

Trữ lượng và tiềm năng dầu khí các bể trầm tích Đệ tam của VN được dự báo khoảng 4,6 tỷ m³ quy dầu, phân bố chủ yếu ở TLĐ và vùng đặc quyền kinh tế, trong đó tiềm năng đã phát hiện khoảng 1,210 tỷ m³ quy dầu tại các Bể Cửu Long, Nam Côn Sơn, Malay - Thổ Chu và Sông Hồng. Hình 1 trình bày sơ đồ 7 bể chính trên TLĐ.VN với các số liệu dự báo về tiềm năng dầu khí.

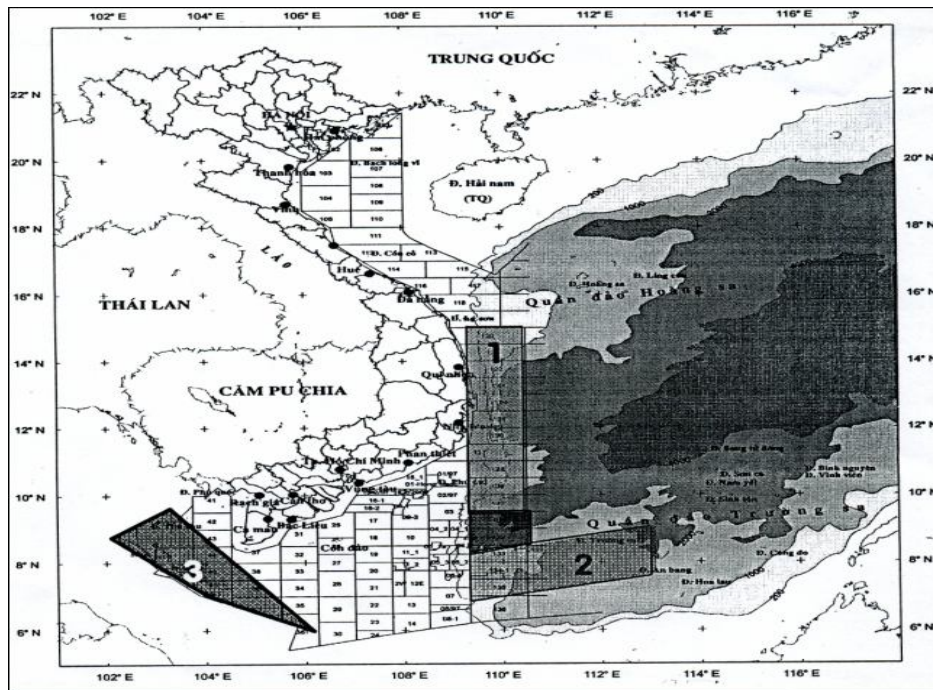
1.2. Nhu cầu khai thác dầu khí nước sâu:

Bên cạnh các vùng bể đang khai thác (**Cửu Long và Nam Côn Sơn**), trong thời gian qua một số công trình NCKH cấp nhà nước đã tập trung nghiên cứu **các bể Phú Khánh, Tư Chính - Vũng Mây và TLĐ Tây Nam**. Kết quả NC của Đề tài KC.09-06 đối với 3 khu vực thuộc vùng nước sâu và vùng nhạy cảm (chống lún) là Bể Phú Khánh, Bể Tư Chính - Vũng Mây & Tây Nam Quần đảo Trường Sa, TLĐ Tây Nam & vùng chống lún (Sơ đồ trên Hình 2):

+ **Khu vực Bể Phú Khánh (KV1):** khu vực sườn dốc của TLĐ, diện tích 95.000 km² với độ sâu nước từ trên 200m đến trên 1000 m với xa nữa lên tới 2500 m với tiềm năng dầu khí được đánh giá là **509 triệu tấn dầu quy đổi**;

+ **Khu vực Bể Tư Chính - Vũng Mây & Tây Nam Quần đảo Trường Sa (KV2):** diện tích 93.000 km², độ sâu nước từ 200 m trở lên, với tiềm năng dầu khí được đánh giá là 750 triệu tấn dầu quy đổi.

+ **Khu vực TLĐ Tây Nam & vùng chống lún (KV3):** đây là vùng nhạy cảm, có diện tích 90.000 km², có TLĐ thoải và rộng, tuy nhiên chỉ là vùng nước nông (độ sâu dưới 100 m), rất thuận lợi cho việc thăm dò và khai thác dầu khí, tiềm năng dầu khí được đánh giá khoảng 394 triệu tấn dầu quy đổi.



Hình 2. Sơ đồ 3 Bể: Phú Khánh, Tư Chính - Vũng Mây, và TLĐ Tây Nam

Ngày nay, việc khai thác tài nguyên dầu khí trên biển VN được xếp ưu tiên hàng đầu trong chiến lược biển quốc gia. Tập đoàn Dầu khí QGVN đã đề ra mục tiêu chiến lược cho mình “**Đẩy mạnh tìm kiếm thăm dò, gia tăng trữ lượng có thể khai thác, ưu tiên phát triển những vùng biển nước sâu, xa bờ**”. Phần đầu khai thác 25 -35 triệu tấn quy dầu/năm [4].

Trên thực tế, chúng ta đang khai thác các mỏ dầu khí ở **độ sâu khoảng 50 mét** (Bể Cửu Long, Vùng Tây-Nam TLĐ) và **xấp xỉ 100 m** (ở phía Nam bể Nam Côn Sơn). Đáp ứng chủ trương

của ngành Dầu khí, Đề tài KC.09.15/09-10 nghiên cứu lựa chọn giải pháp kết cấu hợp lý cho công trình biển nước sâu.

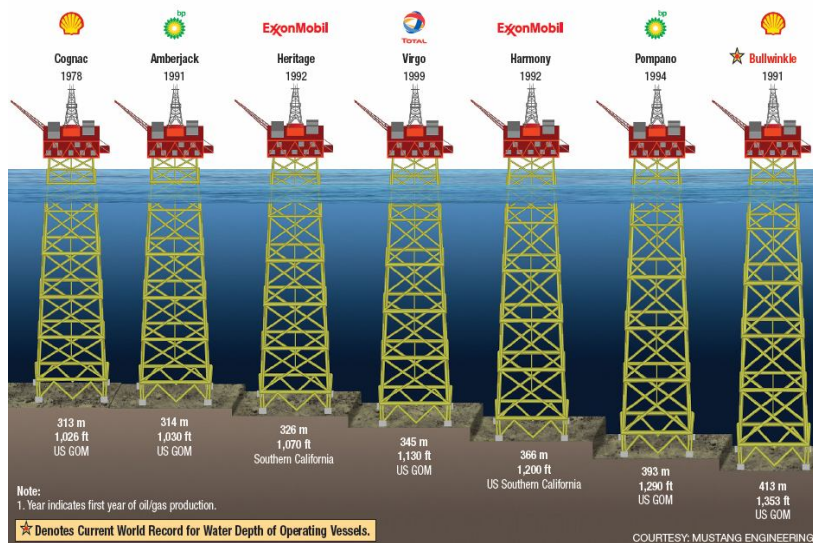
2. Cơ sở để lựa chọn cấu hình kết cấu CTB cố định vùng nước sâu

2.1. Kinh nghiệm thế giới xây dựng các CTB.CĐ vùng nước sâu

Theo thống kê (Bảng 1, Hình 3), hiện nay trên thế giới có 7 CTB cố định (kiểu jacket) đã được xây dựng ở “vùng nước sâu” (độ sâu nước trên 305m, theo phân loại của US-MMS) [12].

Bảng 1. Các Dàn kiểu Jacket ở độ sâu nhất thế giới (thuộc vùng nước sâu)

STT	Tên Giàn	Năm	Độ sâu nước	Vùng biển	Điều hành
	Cognac	1978	312 m	GOM	Shell
2	Amberjack	1991	314 -	GOM	BP
3	Heritage	1992	326 -	South. Cali.	ExxonMobil
4	Virgo	1999	344 -	GOM	Total-Fina-Elf
5	Harmony	1992	366 -	South.Cali.	ExxonMobil
6	Pompano	1994	393 -	GOM	BP
7	Bullwinkle	1991	412 -	GOM	Shell



Hình 3. Các giàn kiểu Jacket ở độ sâu nhất thế giới (thuộc vùng nước sâu).

2.2. Các yếu tố liên quan đến thiết kế và xây dựng kết cấu KCĐ [10]

Việc tính toán và thiết kế kết cấu jacket phụ thuộc các yếu tố chủ yếu sau:

- 1) Chức năng của giàn: khoan, khai thác, người ở (hoặc tổ hợp cả 3, là Dàn đa chức năng), bơm ép vỉa, nén khí, quản lý đầu giếng,..
- 2) Điều kiện môi trường: Độ sâu nước, điều kiện khí tượng hải văn (gió, sóng, dòng chảy,..).
- 3) Điều kiện địa kỹ thuật, địa hình đáy biển.
- 4) Khả năng cơ sở hạ tầng (chế tạo & lắp ráp trên bờ, bến cảng để hạ thủy,..), các trang thiết bị thi công trên bờ và ngoài biển (đặc biệt là sức nâng của cầu nổi, sức chở của sà lan mặt boong, Búa đóng cọc ngoài biển,..): Dự định phương án tổ chức thi công (ví dụ dùng sà lan vận

chuyển khối chân đế ra mỏ, hay khối chân đế tự nổi để kéo ra biển,..Điều này liên quan đến lựa chọn phương án kết cấu).

5) Tiêu chuẩn được sử dụng để thiết kế và yêu cầu khai thác của Chủ công trình (liên quan đến các chỉ tiêu về an toàn công trình và khai thác công trình).

6) Khống chế về thời gian thi công.

7) Khống chế giá thành công trình.

2.3. Đặc điểm kết cấu KCD Jacket vùng nước sâu [5]

1) Chu kỳ dao động cơ bản của KCD Jacket tăng khi ra vùng nước sâu.

2) Hiệu ứng động của tải trọng sóng đối với KCD tăng do chu kỳ riêng của kết cấu tăng lên.

Công thức gần đúng xác định phạm vi giới hạn để xét hiệu ứng động của chu kỳ dao động riêng cực đại của KCD, phụ thuộc vào độ sâu nước d (m):

$$T_{\max} = 0,79 \sqrt{\frac{d}{g}} \quad (\text{sec})$$

3) Đối với các dàn nước sâu xa bờ, hiệu ứng động của sóng cũng có thể tăng, nếu sóng tính toán có chiều dài sóng lớn hơn nhiều lần so với khoảng cách giữa các phần tử thanh đứng của KCD.

4) Công trình biển nước sâu đòi hỏi sử dụng các mô hình và phương pháp tính hiện đại, có độ chính xác cao, đảm bảo khai thác công trình an toàn.

2.4. Các vấn đề chủ yếu cần đề cập trong tính toán thiết kế kết cấu Jacket ở vùng nước sâu

1) Lựa chọn cấu hình kết cấu KCD của dàn đa chức năng: Loại dàn đa chức năng là đối tượng nghiên cứu trong bài báo này, cần được lựa chọn cấu hình ban đầu hợp lý, là số liệu đầu vào quan trọng cho quá trình tính toán và thiết kế KCD, nó sẽ được điều chỉnh qua các vòng lặp, để đạt tới cấu hình cuối cùng hợp lý nhất;

2) **Mô tả sóng tiền định, ngẫu nhiên và các tác động của sóng lên kết cấu KCD Jacket:** Đây là phần quan trọng nhất trong việc xác định điều kiện môi trường vùng biển sâu, phục vụ chuẩn bị số liệu đầu vào;

3) **Bài toán tĩnh/tựa tĩnh của KCD:** xây dựng và giải bài toán kết cấu KCD chịu các tải trọng tĩnh và tựa tĩnh (do sóng);

4) **Bài toán động tiền định và ngẫu nhiên của KCD:** xây dựng và giải bài toán kết cấu KCD chịu các tải trọng sóng theo mô hình tiền tĩnh và ngẫu nhiên;

5) **Kiểm tra bền và mỏi của kết cấu KCD:** thực hiện kiểm tra bền và mỏi tiền định và ngẫu nhiên theo các Tiêu chuẩn thiết kế hiện hành.

3. Áp dụng điều kiện thực tế ở Việt Nam

3.1. Lựa chọn giải pháp kết cấu Jacket cho vùng có độ sâu nước 200 m

3.1.1. Các Tiêu chí khống chế để chọn

- Thượng tầng: loại đa chức năng MSP, 16 giếng. thượng tầng kích thước 42 x 62 x 16 m ; kích thước đỉnh Jacket 22x48 m; KCD có 4 ống chính; Các diafragma cách nhau từ 20-30 m

- Điều kiện tự nhiên của VN :mỏ khu vực nước sâu Bể Nam Côn Sơn.

- Giải pháp cọc: ở độ sâu nước tương đối lớn, sử dụng cọc đóng lồng trong ống chính không còn phù hợp về sức chịu tải, do đó lựa chọn **giải pháp cọc vẩy**, một mặt đảm bảo sức chịu tải, mặt khác tạo điều kiện giảm đường kính ống chính, tăng hiệu quả sử dụng.

- Giải pháp thi công: Với trọng lượng khối chân đế tương đối lớn (> 4500 T), giải pháp thi công hạ thủy bằng kéo trượt xuống xà lan mặt boong là khả thi và đơn giản nhất trong điều kiện năng lực thi công hiện có của Việt Nam, do vậy cần thiết kế 2 ống trong panel song song với khoảng cách bằng chiều rộng đường trượt là 26m

- Giải pháp thiết kế:

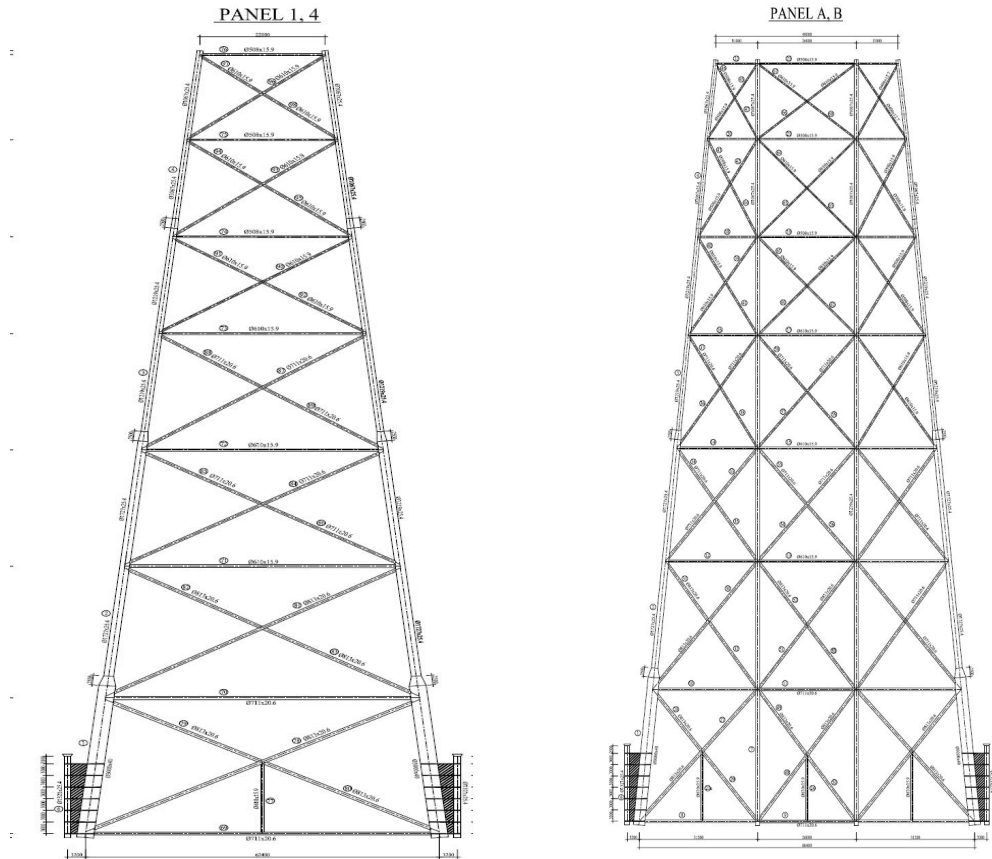
* Đảm bảo điều kiện bền trong quá trình khai thác, với giới hạn hệ số sử dụng là 1 (Có thể khai thác đến hệ số 1.33 theo tiêu chuẩn API, [13]). Do đó ở độ sâu nước càng lớn, kích thước các thanh phải tăng lên, tuy nhiên việc tăng kích thước ống một mặt sẽ tăng khả năng chịu lực của thanh, mặt khác lại tăng tải trọng, do đó cần lựa chọn để đảm bảo tính kinh tế.

* Mặt khác yêu cầu về độ mảnh và yêu cầu thi công nút cũng là một yếu tố quan trọng quyết định kích thước các phần tử, quyết định cấu tạo nút...

* Tuổi thọ mỗi cũng là một tiêu chí đánh giá phương án lựa chọn, tuy nhiên chỉ dừng lại ở mức độ dự báo theo khả năng xuất hiện vết nứt. Mặt khác để gia tăng tuổi thọ mỗi tại các nút, có thể sử dụng các ống gia cường nút là biện pháp tương đối đơn giản.

3.1.2. Kết quả lựa chọn: (Xem Hình vẽ Khối chân đế)

- + Kích thước ống chính: ĐK thay đổi từ 3000x4 đến 1067x25.4 mm
- + Kích thước thanh nhánh: ĐK thay đổi từ 813x20.6 mm (khu vực cuối) đến 508x15.9 mm(khu vực trên cùng);
- + Chiều cao KCĐ: 213 m;
- + Đường kính cọc: 1219 mm;
- + Độ mảnh lớn nhất = 95;



3.2. Kết quả tính toán

Dựa trên số liệu về điều kiện tự nhiên ở vùng nước sâu Bể Nam Côn Sơn [5,6], thực hiện tính toán dựa vào phần mềm chuyên dụng SACS, sử dụng Tiêu chuẩn tính toán của API [13, 14], ta được các kết quả chủ yếu sau đây.

3.2.1. Tính toán bền

1) Chu kỳ dao động riêng và hệ số động:

$$T1 = 2,7 \text{ s}; T2 = 2,1 \text{ s}; T3 = 1,5 \text{ s}; \text{ Hệ số động} = 1,14$$

2) Kết quả kiểm tra bền thanh điển hình:

Tên thanh	Vị trí	Hệ số sử dụng theo mô hình tĩnh tiền định	Hệ số sử dụng theo mô hình động tiền định	Hệ số sử dụng theo mô hình tĩnh ngẫu nhiên	Hệ số sử dụng theo mô hình động ngẫu nhiên
469-293	Thanh nhánh khoang cuối	0.87	0.96	1.02	1.02
195-295	Cọc phụ nổi đất	0.95	1.05	1.07	1.07

3) Kết quả kiểm tra bền nút điển hình

Tên nút	Vị trí	Hệ số sử dụng theo mô hình tĩnh tiền định	Hệ số sử dụng theo mô hình động tiền định	Hệ số sử dụng theo mô hình tĩnh ngẫu nhiên	Hệ số sử dụng theo mô hình động ngẫu nhiên
62	Nút khoang 2, mặt x = -13m	0.92	0.96	0.95	0.95
63	Nút khoang 2, mặt x = 13m	0.93	0.97	0.97	0.97

3.2.2. Tính toán mỏi

1) Mỏi tiền định:

Nút	Thanh	Tổn thất tích lũy 1 năm	Tuổi thọ mỏi (năm)
907	907-1007	0.0296	33.8
913	913-1013	0.0492	20.3

2) Mỏi ngẫu nhiên:

Nút	Thanh	Tổn thất tích lũy 1 năm	Tuổi thọ mỏi (năm)
907	907-1007	0.0326	30.7
913	913-1013	0.0541	18.5

3.2.3. Kết quả chuyển vị định

Phương ngang	Chuyển vị tĩnh (cm)	Biên độ chuyển vị động (cm)
DY	38	42.7

3.3. Kết luận

1) Về điều kiện bên:

+ Các thanh ở sát đáy biển và đầu cọc có hệ số sử dụng lớn hơn các thanh ở phía trên là hợp lý về phân bố lực.

+ Hệ số sử dụng tại một số thanh và nút có giá trị 1.05 & 1.07, theo Tiêu chuẩn API vẫn cho phép [12].

+ **Kết quả tính theo mô hình ngẫu nhiên lớn hơn một chút so với mô hình tiền định;** cần lưu ý rằng mô hình xác suất phân ảnh sát thực tế hơn .

2) Về điều kiện môi:

+ **Tuổi thọ môi tính theo mô hình xác suất đều thấp hơn so với mô hình tiền định,** bằng 0.91 lần. Mỗi quan hệ kết quả giữa 2 mô hình ở đây cũng tương tự như trong kiểm tra bên ở trên. Như vậy là hợp lý.

3) Về chuyển vị đỉnh: Tại mặt trên của sàn chịu lực, ở độ cao 213.0 m

+ Biên độ chuyển vị động (chuyển vị max) theo phương ngang là 42.7 cm là chấp nhận được (0,2% so với chiều cao).

+ Chuyển vị động = 1.1 lần chuyển vị tĩnh. Tỷ lệ này cũng phù hợp với hệ số động 1.14.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Khắc Hùng, Mai Hồng Quân (2005). **Luận chứng kỹ thuật cho giải pháp thiết kế, thi công loại CTB cố định bằng thép.** Báo cáo kết quả NCKH Đề tài cấp NN KC.09.16.
- [2] GS.Phạm Khắc Hùng, PGS.Đình Quang Cường, ThS. Mai Hồng Quân, KS. Vũ Đan Chinh, (2009). **Lập luận chứng KH kỹ thuật và kinh tế phục vụ thiết kế và XD loại CTB cố định bằng thép ở vùng nước sâu điển hình từ 150 – 200m Thềm lục địa VN.** Báo cáo kết quả NCKH Đề tài cấp NN KC.09.15/09-10.
- [3] Phạm Văn Ty, Nguyễn Viết Tinh và Phạm Thị Việt Nga (ĐH. Mỏ ĐC) (2008). **Địa chất công trình vùng Đông Bắc Bể Nam Côn Sơn.** Báo cáo kết quả Đề tài NCKH cấp NN KC.09.15/06-10, do GS.Phạm Khắc Hùng làm chủ nhiệm.
- [4] Đình La Thăng (Chủ tịch Tập Đoàn Dầu khí QGVN), (2007). “**Xây dựng Tập Đoàn Dầu khí QGVN trở thành Tập Đoàn kinh tế mạnh của đất nước**”. Tạp chí Dầu khí, Số 1-2007.
- [5] Bartrop NDP, Adams AJ (1991, 1978, 1977). **Dynamics of Fixed Marine Structures** . ButterWorth Heinemann – UK
- [6] SRHMR Center (2007). **Final Meteocean and Enviornmental design criteria for Dai Hung field.**
- [7] FUGRO GEOS Ltd, UK (2008). **Vietnam Metocean Criteria: C50511/5000/R2.**
- [8] J.F. Wilson (2003). **Dynamics of Offshore Structures.** John Wiley & Sons, Inc.
- [9] Gunther Clauss. et al. (1992). **Offshore Structures.** Vol.I, Vol.II , Springer –Verlag London 1992.
- [10] OEP Monash University (1993). **Design, Construction & Installation of Steel Jacket Structures.** Intensive Short Course, Australian Maritime Eng. Coop. Research Centre.
- [11] Ben C. Gerwick (2000). **Construction of Marine and Offshore Structures.** CRC Press LLC.
- [12] E. Kurt Albaugh et al. (2005). **Deepwater Solutions & Records for concept Selection.** Offshore Magazine. PennWell.
- [13] API-RP2A-WSD (2000). **Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design,** American Petroleum Institute, Washington, D.C., 21rst Ed.
- [14] API-RP2A-LRFD (1993). **Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Load and Resistance Factor Design,** American Petroleum Institute, Washington, D.C., 1rst Ed.
- [15] DNV (1993). **Rules for Classification of the Fixed Offshore Installation.**

Người phản biện: TS. Đào Văn Tuấn