



NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG HỢP LÝ MÔ HÌNH TỰA TĨNH HOẶC ĐỘNG ĐỂ KIỂM TRA BỀN VÀ MỖI KẾT CẤU KHỐI CHÂN ĐẾ CÔNG TRÌNH BIỂN CỐ ĐỊNH BẰNG THÉP KIỂU JACKET

Bùi Thế Anh¹, Đinh Quang Cường²

Tóm tắt: Bài toán kiểm tra bền và kiểm tra mỏi là hai trong các bài toán quan trọng và bắt buộc cho tất cả các bước thiết kế kết cấu khối chân đế công trình biển cố định bằng thép. Hiện nay, khi tính toán kiểm tra bền và mỏi theo các tiêu chuẩn hiện hành (API, DNV, ISO, ABS, PTS, ...) tùy vào yêu cầu của giai đoạn thiết kế và dựa vào chu kỳ dao động riêng T_{max} của kết cấu, ... mà có thể thực hiện tính toán kết cấu theo mô hình tựa tĩnh hay mô hình động. Bài báo này phân tích và thực hiện tính toán, kiểm chứng sai khác khi tính toán kết cấu khối chân đế công trình biển cố định bằng thép theo mô hình tựa tĩnh và mô hình động trong bài toán kiểm tra bền, mỏi ở điều kiện thềm lục địa Việt Nam (thông qua việc thay đổi khối lượng M), nhằm đưa ra lời khuyên cho các kỹ sư khi lựa chọn mô hình tính để tính toán kết cấu chân đế công trình biển cố định bằng thép trong điều kiện Việt Nam.

Từ khóa: Công trình biển cố định bằng thép; chu kỳ dao động riêng; mô hình tựa tĩnh; mô hình động.

Summary: The problems of Ultimate Limit State and Fatigue Limit State are two paramount and compulsory problems for all the steps of structural design in Fixed Steel Offshore Structures. Currently, the calculation of Ultimate Limit State and Fatigue Limit State based on the international standard design (API, DNV, ISO, ABS, PTS, ...), depending on the requirements of design steps and natural period of structure - T_{max} that can perform structural calculations of Quasi-Static method or Dynamic method. This article analyses and performs calculations, proven deviation when calculating the Jacket type Offshore Steel Structures by Quasi-Static method or Dynamic method in Ultimate Limit State and Fatigue Limit in the Vietnamese continental shelf conditions (through the change of mass M), purpose is to provide advice to the engineers when calculating design in Fixed Steel Offshore Structures.

Key words: Fixed Steel Offshore Structures; natural period; quasi-Static method; dynamic method.

Nhận ngày 31/8/2014, chỉnh sửa ngày 15/9/2014, chấp nhận đăng 31/3/2015



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 [19]. Để khai thác ở độ sâu nước trên dưới 200m, các công ty dầu khí ở Việt Nam vẫn chủ yếu dùng kết cấu công trình biển cố định bằng thép kiểu Jacket (Jacket) làm giàn đỡ đầu giếng, giàn khoan, giàn nhà ở, ... Sau đây, xin giới thiệu các dạng công trình biển cố định bằng thép có độ sâu lớn nhất trên thế giới - trình bày ở Hình 1 và Bảng 1 [20].

Hiện nay, trong tính toán thiết kế khối chân đế (KCĐ) các công trình biển cố định bằng thép, các kỹ sư có thể tính toán kiểm tra kết cấu công trình theo mô hình tựa tĩnh hay mô hình pháp động là tùy thuộc vào: yêu cầu của tiêu chuẩn, qui phạm áp dụng; yêu cầu của giai đoạn thiết kế; ... Chu kỳ dao động riêng (ĐĐR) T_{max} (tức T_{max}) của kết cấu công trình là một trong những giới hạn để áp dụng tính toán, kiểm tra kết cấu KCĐ công trình biển cố định bằng thép mô hình tựa tĩnh hay mô hình động [1, 2, 14, 15, 16, 17].

Như các kết quả nghiên cứu đã được công bố của [1], [2] cho ta thấy bản chất của hiệu ứng động của công trình Jacket là phụ thuộc vào: quan hệ giữa chu kỳ dao động cơ bản của kết cấu (tức T_{max}) với chu kỳ

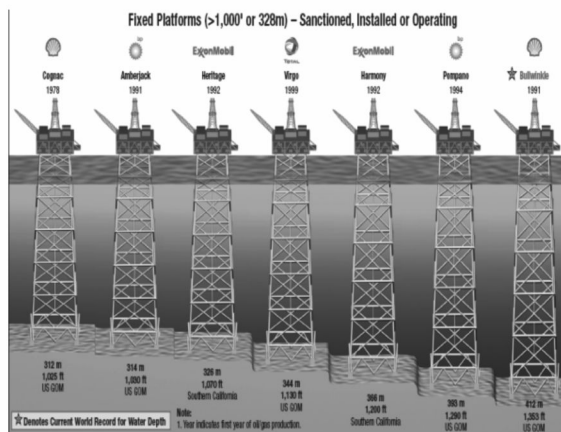
¹ThS, Khoa Xây dựng Công trình biển và Dầu khí. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: theanhuce@gmail.com

²PGS.TS, Khoa Xây dựng Công trình biển và Dầu khí. Trường Đại học Xây dựng

của sóng biển; độ sâu nước và trạng thái biển tính toán; ở đây T_{max} phụ thuộc vào độ cứng K và khối lượng M của kết cấu Jacket. Tiếp theo nghiên cứu trước đây của [2], bài báo này đi vào nghiên cứu, thực hiện tính toán, so sánh kết quả khi áp dụng mô hình tựa tĩnh và mô hình động trong bài toán kiểm tra bền và mỏi cho kết cấu KCD công trình biển cố định bằng thép ở điều kiện biển Việt Nam.

Bảng 1. Các giàn cố định bằng thép kiểu Jacket ở độ sâu nhất trên thế giới.

STT	Tên Giàn	Độ sâu nước	Vùng biển
1	Cognac	312 m	GOM
2	Amberjack	314 m	GOM
3	Heritage	326 m	South. Cali.
4	Virgo	344 m	GOM
5	Harmony	366 m	South. Cali.
6	Pompano	393 m	GOM
7	Bullvinkle	412 m	GOM



Hình 1. Các giàn cố định bằng thép kiểu Jacket đang khai thác ở độ sâu nước trên 1000 ft (328m)

2. Bài toán bền và bài toán mỏi của kết cấu KCD công trình biển cố định bằng thép theo mô hình tựa tĩnh và mô hình động

2.1 Giải bài toán theo mô hình tựa tĩnh

Mô hình tựa tĩnh giải bài toán kết cấu KCD công trình biển cố định bằng thép (Jacket) chịu tải trọng sóng, thông qua giải hệ phương trình (1)

$$Kx = F(t) \quad (1)$$

trong đó: K là ma trận độ cứng của kết cấu Jacket; x là vector chuyển vị nút của kết cấu và $F(t)$ là vector tải trọng sóng quy về nút của kết cấu Jacket.

Nghiệm của phương trình (1) có dạng:

$$x = K^{-1} F(t) \quad (2)$$

Ở đây, tải trọng sóng $F(t)$ có thể được xác định bằng phương trình Morison chuẩn tắc [1,3,6,7].

2.2 Giải bài toán theo mô hình động

Phương trình tổng quát của bài toán dao động tuyến tính nhiều bậc tự do, có dạng:

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = F(t) \quad (3)$$

trong đó: M là ma trận khối lượng nút của hệ trong hệ tọa độ tổng thể; C là ma trận cản của hệ trong hệ tọa độ tổng thể; K là ma trận độ cứng của hệ trong hệ tọa độ tổng thể; $F(t)$ là vector tải trọng nút, ở đây là lực sóng (lực gây ra hiệu ứng động đối với kết cấu công trình biển) và x , $\dot{x}$, $\ddot{x}$ là vector chuyển vị, vận tốc, gia tốc tại nút của hệ kết cấu trong hệ tọa độ tổng thể.

Ở đây, tải trọng sóng $F(t)$ có thể được xác định theo phương trình Morison đã được tuyến tính hoá theo mô hình sóng tiền định và có kể đến chuyển vị của kết cấu - phương trình Morison mở rộng [1,3,6,7].

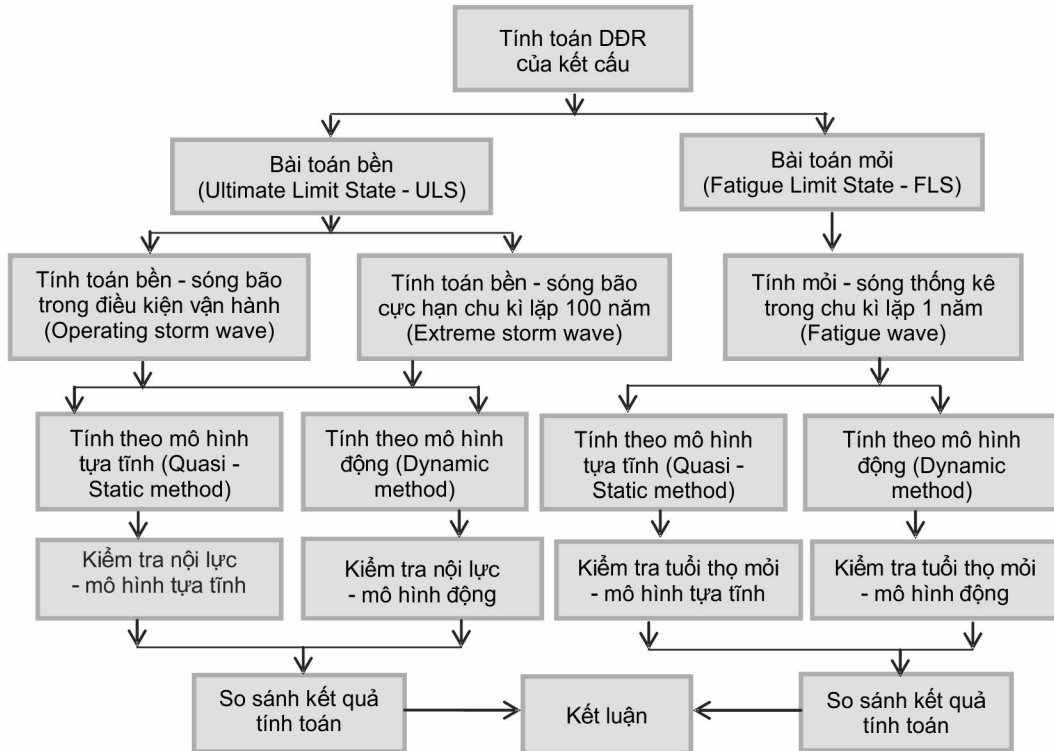
Để giải phương trình (3) thông thường trong tính toán kết cấu Jacket dùng phương pháp chồng mode để giải. Phương pháp chồng mode cho phép đưa bài toán dao động của hệ n bậc tự do tuyến tính về n bài toán 1 bậc tự do. Nghiệm của bài toán n bậc tự do, có dạng sau:

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} Z_j \quad (4)$$

trong đó: Z được xem là ảnh xạ của vector x trong hệ tọa độ các vector riêng; a_{ij} là thành phần thứ i của dạng dao động riêng j - vector riêng j ; ($j = 1, 2, \dots, k, \dots, n$) [1].

2.3 Sơ đồ tổng quát tính toán kiểm tra bền, mỏi theo mô hình tựa tĩnh và mô hình động

Bài báo này đưa ra sơ đồ tổng quát tính toán kiểm tra bền, mỏi theo mô hình tựa tĩnh và mô hình động trong tính toán thực tế. Sơ đồ này cũng sẽ áp dụng cho ví dụ tính toán ở phần sau bằng phần mềm chuyên dụng SACS 5.3.



Hình 2. Sơ đồ tổng quát tính toán kiểm tra bền, mỏi theo mô hình tựa tĩnh và mô hình động

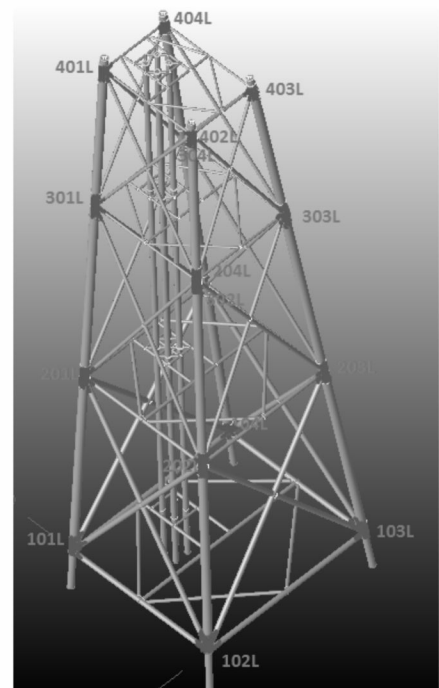
3. Kết quả tính toán khảo sát

3.1 Đặt bài toán

Dưới đây sẽ tính toán cụ thể (bài toán bền và bài toán mỏi theo hai mô hình tính: mô hình tựa tĩnh và mô hình động - xét trong khuôn khổ của bài toán động lực học tiền định của kết cấu Jacket) một kết cấu khối chân đế công trình biển cố định bằng thép trong hai trạng thái: trạng thái khai thác và trạng thái biển cực hạn. Trong khuôn khổ của bài báo này, để giảm khối lượng tính toán, nhóm tác giả đề xuất: chỉ thay đổi kết cấu và khối lượng thượng tầng theo các yêu cầu công nghệ khác nhau, như vậy với mỗi thay đổi giá trị khối lượng thượng tầng sẽ dẫn đến thay đổi chu kỳ dao động riêng của hệ kết cấu, từ đó sẽ tính kết cấu của tất cả các khối chân đế (bài toán bền và bài toán mỏi) theo hai phương pháp, so sánh các kết quả tính toán để đánh giá sự sai khác giữa các kết quả tính của hai mô hình tính trên cùng một kết cấu khối chân đế.

3.2 Số liệu đầu vào

Số liệu đầu vào chính bao gồm: số liệu về kết cấu công trình, số liệu về điều kiện sóng biển phục vụ tính toán kiểm tra bền và tính toán kiểm tra mỏi. Cụ thể được trình bày trong Bảng 1, Bảng 2 và Hình 3 như sau:



Hình 3. Sơ đồ kết cấu KCD

Bảng 2. Các thông số chính của kết cấu KCĐ, số liệu sóng số kiểm tra bền, môi

TT	Thông số	Giá trị
1	Chiều cao khối chân đế	83.5 m
2	Kích thước đỉnh KCĐ	15mx10m
3	Kích thước đáy	22.5mx26m
4	Số lượng vách ngang	04
5	Đường kính ống chính	1231 mm
6	Đường kính cọc	1036.3mm
7	Trọng lượng KCĐ	1036.3 T
8	Chiều sâu ngàm tính toán	6 m
9	Độ sâu nước	79.5 m
10	Sóng bão 100 năm (Extreme storm wave) [18]	Hmax = 16 m; T= 12.9 s
11	Sóng bão 10 năm (Operating storm wave) [18]	Hmax = 13.8 m; T= 11.7 s
12	Số liệu tính toán môi [18]	Sóng thống kê hướng Đông - Bắc

3.3 Kết quả tính toán kiểm tra

Các kết quả tính toán kiểm tra bao gồm:

- Chu kỳ dao động riêng của hệ kết cấu trong hai trạng thái: Trạng thái khai thác và trạng thái cực hạn;
- Ứng suất tại các phần tử kết cấu được tính theo mô hình tựa tĩnh và mô hình động;
- Tuổi thọ môi còn lại của các nút được tính theo mô hình tựa tĩnh và mô hình động.

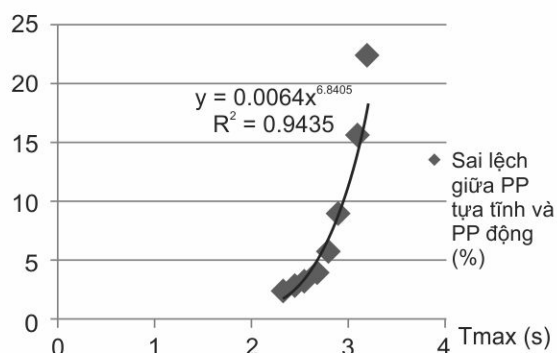
Bảng 3 dưới đây cho thấy độ lệch giữa các kết quả tính theo hai mô hình trên cùng một phần tử hoặc nút khảo sát.

Bảng 3. Bảng tổng hợp kết quả sai lệch giữa mô hình tựa tĩnh và mô hình động trong kiểm bền, môi

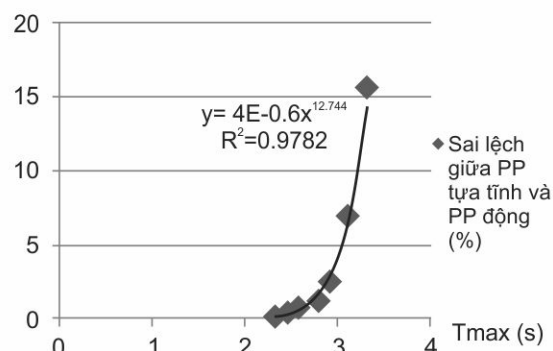
STT	Giá trị chu kỳ ĐĐR - Tmax (s)	Sai lệch tựa tĩnh - động (%) trong bài toán kiểm tra bền ⁽¹⁾		Sai lệch tựa tĩnh - động (%) trong bài toán kiểm tra môi ⁽²⁾
		Điều kiện vận hành (Operating storm wave)	Điều kiện bão cực hạn (Extreme storm wave)	
1	1.52	-	-	+3.77
2	1.61	-	-	+3.84
3	1.75	-	-	+5.88
4	2.05	-	-	+8.27
5	2.32	+2.65	+0.13	+16.59
6	2.47	+3.08	+0.43	+18.84
7	2.57	+3.45	-	+24.96
8	2.68	+4.17	+0.71	+25.3
9	2.79	+5.89	+1.15	+32.57
10	2.90	+9.15	+2.48	+41.42
11	3.1	+15.65	+6.98	+79.58
12	3.2	+22.38	+15.63	+119.74

(1): So sánh kết quả kiểm tra UC (Unity Check) của một nhóm phần tử

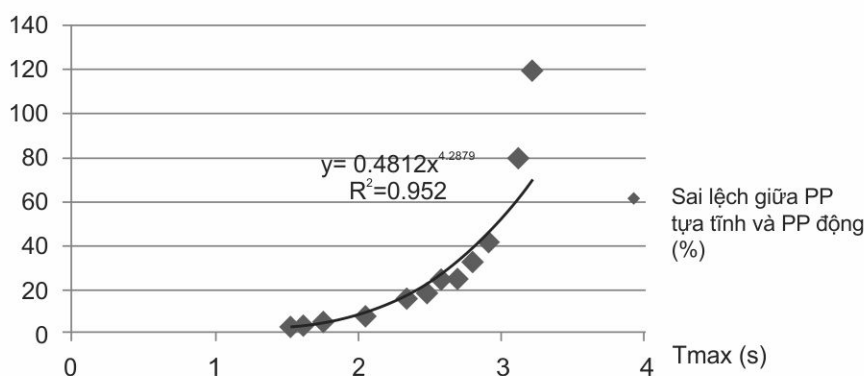
(2): So sánh kết quả tuổi thọ môi của một nhóm nút.



Hình 4. Đồ thị biểu diễn sai lệch kết quả kiểm tra bền tính toán theo mô hình tựa tĩnh và mô hình động trong điều kiện vận hành



Hình 5. Đồ thị biểu diễn sai lệch kết quả kiểm tra bền tính toán theo mô hình tựa tĩnh và mô hình động trong điều kiện bảo cực hạn



Hình 6. Đồ thị biểu diễn sai lệch kết quả kiểm tra bền tính toán theo mô hình tựa tĩnh và mô hình động

Nhận xét:

Từ các kết quả tính nêu trong Bảng 3, có thể nhận xét như sau:

- Đối với kết quả kiểm tra bền: Sự sai khác của kết quả tính bền giữa hai mô hình tính bắt đầu lớn hơn 5% khi công trình có chu kỳ DĐR $T_{max} = 2.79$ (s), xem Bảng 3.

- Đối với kết quả dự báo tuổi thọ môi: Sự sai khác của kết quả dự báo tuổi thọ môi giữa hai mô hình tính bắt đầu lớn hơn 5% khi công trình có chu kỳ DĐR có $T_{max} = 1.75$ (s).

- Đồ thị Hình 4; Hình 5; Hình 6 mô tả tổng thể về sự sai khác của kết quả khi tính toán theo mô hình tựa tĩnh và mô hình động trong kiểm tra bền và dự báo tuổi thọ môi của kết cấu Jacket đang nghiên cứu. Đồ thị này có thể được tham khảo khi lựa chọn mô hình tính để tính toán kết cấu jacket khi đã có được chu kỳ dao động riêng của hệ kết cấu và dự đoán được sai số khi tính kết cấu theo mô hình đã lựa chọn.



4. Kết luận

- Đối với bài toán kiểm tra bền: Trong giai đoạn thiết kế sơ bộ - lựa chọn phương án thì có thể thực hiện tính toán kết cấu KCD công trình biển cố định bằng thép theo mô hình tựa tĩnh. Ở những giai đoạn thiết kế, kiểm tra yêu cầu kết quả tính toán có độ chính xác cao (sai số cho phép có thể $< 5\%$) thì nên thực hiện tính toán kết cấu KCD công trình biển cố định bằng thép theo mô hình động.

- Đối với bài toán môi: Trong giai đoạn thiết kế sơ bộ - lựa chọn phương án thì có thể thực hiện tính toán kết cấu KCD công trình biển cố định bằng thép theo mô hình tựa tĩnh. Ở những giai đoạn thiết kế, kiểm tra yêu cầu kết quả tính toán có độ chính xác cao (sai số cho phép có thể $< 5\%$) thì bắt buộc phải thực hiện tính toán kết cấu KCD công trình biển cố định bằng thép theo mô hình động.

- Cùng với các kết quả nghiên cứu trước đây của nhóm tác giả [2] cũng như các quan điểm khác nhau trong các tài liệu [1,3,14,15,16,17] cho thấy cần phải cân nhắc thận trọng khi sử dụng quy tắc “2,5 sec” hay “3sec” khi thực hiện tính toán kiểm tra kết cấu KCĐ công trình biển cố định bằng thép. Nên có qui định cụ thể về quy tắc “2,5 sec” hay “3sec” khi tính toán các kết cấu jacket trong điều kiện biển Việt Nam.

- Các kết luận nêu trên đây mới chỉ thông qua nghiên cứu tính toán trên một kiểu khối chân đế với các dải chu kỳ ĐĐR - Tmax khác nhau (thông qua việc thay đổi khối lượng M). Trong các nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu, khảo sát, tính toán kết cấu công trình cố định bằng thép kể đến ảnh hưởng của độ sâu nước, đã và đang xây dựng trên thềm lục địa Việt Nam nhằm làm rõ hơn ảnh hưởng động của sóng biển cũng như việc áp dụng quy tắc “2,5 sec” hay “3sec” trong các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Khắc Hùng (2011), *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*, Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu Đề tài KHCN cấp NN, Mã số KC.09.15/06-10, Lưu tại Cục Thông tin Khoa học và CN.QG, Bộ KHCN, Số Đăng ký 2011-52-398/KQNC.
2. Bùi Thế Anh, Đinh Quang Cường (2013), “*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*”, Tạp chí KHCN XD-ĐHXD số 16/6-2013.
3. NDP Barltrop and AJ Adams (1991), *Dynamics of Fixed Marine Structures*.
4. Anil K Chopra (1995), *Dynamics of Structures*, USA.
5. Ben C. Gerwick, Jr (2000), *Construction Marine and Offshore Structures*, USA.
6. James F. Wilson (2003), *Dynamics of Offshore Structures*, USA.
7. S.K.Chakrabarti (2005), *Handbook of Offshore engineering-Volume I,II*, USA.
8. Arve Flesche (2012), “*Fatigue in jacket structures with impaired integrity*”, Norway.
9. Shehab mourad (2005), “*Dynamic Response of Fixed Offshore Structures Under Environmental Loads*”, Cairo, Egypt.
10. Nelson Szilard Galgoul (2007), “*Fatigue Analysis of Offshore Fixed and Floating Structures*”, Brazil.
11. Anis A. Mohamad Ali (2012), “*Dynamic Behavior of Jacket Type Offshore Structure*”, Jordan Journal of Civil Engineering.
12. Shehata E. Abdel Raheem (2013), “*Nonlinear response of fixed jacket offshore platform under structural and wave loads*”, Assiut University, Egypt.
13. Harish N (2010), “*Analysis of offshore jacket platform*”, Indian.
14. 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.
15. DNV-OS-C201 (2012), *Structural Design of Offshore Units (WSD Method)*.
16. ISO 19902 (2007), *Petroleum and natural gas industries - Fixed steel offshore structures*.
17. PTS 34.19.10.30 (2012), *Design of Fixed Offshore Structures (Working Stress Design)*.
18. FUGRO (2008), *Vietnam Metocean Criteria (C50511/5000/R2)*, Wallingford, Oxfordshire OX10 9RB, UK.
19. Phùng Đình Thực (2010), “*Chiến lược phát triển Tập Đoàn Dầu khí VN đến năm 2015 và định hướng tới năm 2025*”, Kỷ niệm 35 năm Ngành Dầu khí.
20. Lindsey Wilhoit and Chad Supan, Mustang Engineering (2010), “*Deepwater Solutions & Records for Concept Selection*”, *Offshore Magazine*, May 2010, Houston, USA.
21. SACS 5.3 *Executive Service Pack1, Version 5.3.1.1*. Engineering Dynamics, Inc.