

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

**BÁO CÁO TỔNG KẾT ĐỀ TÀI
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP BỘ**

**TÊN ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ TUỔI THỌ MỎI CỦA
CÔNG TRÌNH BIỂN DI ĐỘNG HOẠT ĐỘNG
TRONG THỀM LỤC ĐỊA VIỆT NAM**

MÃ SỐ: DT184021

CƠ QUAN QUẢN LÝ: **BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI**
CƠ QUAN CHỦ TRÌ: **TRƯỜNG ĐH GIAO THÔNG VẬN TẢI TP.HCM**
CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI: **TS. ĐỖ HÙNG CHIẾN**

Thành phố Hồ Chí Minh tháng 12 năm 2018

NHỮNG NGƯỜI THAM GIA THỰC HIỆN

1. TS Đỗ Hùng Chiến: Trưởng bộ môn cơ học kết cấu tàu thủy, Khoa Kỹ thuật tàu thủy, Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh – Chủ nhiệm đề tài.
2. ThS Ngô Thị Mai Ka: Bộ môn cơ học kết cấu tàu thủy, khoa Kỹ thuật tàu thủy, Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh – Thư ký đề tài.
3. PGS.TS Vũ Ngọc Bích: Trưởng phòng Khoa học công nghệ- Nghiên cứu và Phát triển, Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh.
4. ThS Đoàn Trung Việt: Bộ môn cơ học kết cấu tàu thủy, Khoa Kỹ thuật tàu thủy, Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh.
5. ThS Lê Đức Cảnh: Bộ môn Lý thuyết tàu thủy, Khoa Kỹ thuật tàu thủy, Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh.
6. ThS Nguyễn Văn Công: Bộ môn Kết cấu – Công nghệ đóng tàu thủy, Khoa Kỹ thuật tàu thủy, Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh.
7. TS. Lê Văn Toàn: Bộ môn Lý thuyết tàu thủy, Khoa Kỹ thuật tàu thủy, Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh.

Và một số cán bộ giảng dạy của Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh.

CÁC TỔ CHỨC PHỐI HỢP THỰC HIỆN

1. Trung tâm Nghiên cứu khoa học và Phát triển công nghệ Giao thông vận tải.

MỤC LỤC

MỤC LỤC.....	III
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ MỎI CÔNG TRÌNH BIỂN	2
1.1. Tổng quan.....	2
1.1.1. Tàu nồi dân sự:	2
1.1.2. Tàu quân sự.....	3
1.2. Các công trình biển phục vụ ngành dầu khí	5
1.2.1. Giàn khoan cố định:	5
1.2.2. Giàn khoan di động:	8
1.3. Cơ sở lý thuyết tính toán mồi kết cấu công trình biển	13
1.3.1. Hiện tượng mồi	13
1.3.2. Một số phá huỷ mồi xảy ra đối với công trình biển.....	13
1.3.3. Khái niệm về tính mồi cho công trình biển	15
1.3.4. Tính bất định trong phân tích mồi	16
1.3.5. Phương pháp tất định trong phân tích mồi:	18
1.3.6. Phương pháp phân tích phô:	19
1.4. Các phương pháp xác định tổn thương mồi	22
1.4.1. Tổn thương mồi trong một chu trình ứng suất.....	22
1.4.2. Tổn thương mồi cho một trạng thái biển ngắn hạn.....	22
1.4.3. Tổn thương mồi trong khoảng thời gian dài	23
1.5. Kết luận chương 1	23
CHƯƠNG 2. ĐÁNH GIÁ TẢI TRỌNG SÓNG BIỂN TÁC DỤNG LÊN KẾT CẤU CÔNG TRÌNH BIỂN	24
2.1. Phân tích tải trọng gió:	27
2.1.1. Tốc độ gió và phân bố tốc độ (thang Beaufort)	27
2.1.2. Cấu trúc của gió.....	28
2.1.3. Lực gió tác dụng lên kết cấu dạng khối lớn.....	30
2.2. Phân tích dữ liệu dòng chảy.....	33
2.2.1. Vận tốc dòng chảy.....	33
2.2.2. Lực dòng chảy tác dụng lên kết cấu hình dạng đơn giản	34
2.2.3. Lực dòng chảy tác dụng lên kết cấu dạng khối lớn	34
2.2.4. Lực trôi dạt.....	36
2.2.5. Lực trôi dạt trung bình tác dụng lên tàu biển.....	36

2.3.	Sóng và công thức Morison	38
2.3.1.	Sóng	38
2.3.2.	Lực Morison.	39
2.3.3.	Hệ số lực cản và quán tính.....	42
2.4.	Mô hình đơn giản tính các lực thủy động cho giàn tự nâng.....	43
2.4.1.	Mô hình giản đơn.....	43
2.4.2.	Mô hình phức tạp	44
2.5.	Hướng giải quyết cho giàn khoan nổi.	47
2.5.1.	Điều kiện làm việc bình thường của giàn khoan	47
2.5.2.	Giàn cùng hệ thống tháp khoan chịu bão mạnh:.....	47
2.5.3.	Điều kiện làm việc khi di chuyển dàn.....	48
2.5.4.	Trường hợp chiều sâu nước lớn nhất 91,44m	50
2.5.5.	Diện tích mặt hứng gió và tâm đặt lực khí động.....	55
2.6.	Kết luận chương 2	65
CHƯƠNG 3.	PHÂN TÍCH MỎI GIÀN KHOAN TỰ NÂNG	66
3.1.	Tình hình nghiên cứu mỏ cho giàn khoan.....	66
3.2.	Họ đường cong S-N	71
3.3.	Phân tích lựa chọn mô hình tính mỏ giàn khoan di động MODU	74
3.3.1.	Quy trình tính mỏ giàn khoan tự nâng Jack-up [82-83]	74
3.3.2.	Xác định trạng thái biển(Sea States) [82]	75
3.4.	Hệ số tập trung ứng suất SCF [85]	79
3.4.1.	Kết cấu chân giàn:.....	80
3.4.2.	Mô hình hoá kết cấu cho việc tính mỏ ở trạng thái khai thác.....	83
3.5.	Xác định tổn thương mỏ tích lũy	84
3.6.	Kết luận chương 3	87
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	94	
Kết luận	94	
Kiến nghị	95	
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	96	
PHỤ LỤC	1	
Phụ lục 1. Sản phẩm - các công bố khoa học và kết quả đào tạo sau đại học:.....	1	
Công bố khoa học - Publications:.....	1	
Đào tạo sau đại học - Graduated educations:	1	
Phụ lục 2. Các đoạn mã chương trình – The programing codes:	1	
Chương trình tính toán tải trọng do gió - MATLAB:.....	1	

Chương trình tính toán tải trọng dòng chảy - MATLAB:	4
Chương trình tính toán lực dạt – MATLAB:.....	5
Chương trình xây dựng mô hình chân đế giàn khoan – ANSYS APDL	12
Chương trình xác định hệ số tập trung ứng suất SCF – ANSYS APDL	17

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2-1 Thông số biển trên toàn thế giới.....	24
Bảng 2-2 Thang gió Beaufort.....	27
Bảng 2-3 Vận tốc gió, áp lực gió theo Beaufort	29
Bảng 2-4 Bảng tra áp suất gió theo cao độ mặt hứng gió.....	30
Bảng 2-5 Điều kiện làm việc bình thường của giàn.....	47
Bảng 2-6 Điều kiện làm việc chịu bão mạnh của giàn.....	48
Bảng 2-7 Thông số chân giàn	49
Bảng 2-8 Lực thủy động tính cho trường hợp góc sóng $\theta = 0$, cột sau	51
Bảng 2-9 Lực thủy động tính cho trường hợp góc sóng $\theta = 0$, cột trước.....	51
Bảng 2-10 Lực thủy động tính cho trường hợp góc sóng $\theta = 45^\circ$, cột sau.....	52
Bảng 2-11 Lực thủy động tính cho trường hợp góc sóng $\theta = 45^\circ$, cột sau.....	52
Bảng 2-12 Lực thủy động tính cho trường hợp góc sóng $\theta = 45^\circ$, cột trước	53
Bảng 2-13 Lực thủy động tính cho trường hợp góc sóng $\theta = 90^\circ$, cột sau.....	53
Bảng 2-14 Mặt hứng gió và tâm đặt lực khí động phần thân	56
Bảng 2-15 Mặt hứng gió và tâm đặt lực khí động của các chân	57
Bảng 2-16 Mặt hứng gió và tâm đặt lực khí động của các chân	58
Bảng 2-17 Mặt hứng gió và tâm đặt lực khí động của các chân	59
Bảng 2-18 Diện tích hứng gió và tâm đặt lực.....	60
Bảng 2-19 Momen nghiêng cho trường hợp TH0, 100% dự trữ.....	61
Bảng 2-20 Momen nghiêng cho trường hợp TH0, 10% dự trữ.....	62
Bảng 2-21 Momen nghiêng cho trường hợp TH1, 100% dự trữ.....	63
Bảng 2-22 Momen nghiêng cho trường hợp TH2, 100% dự trữ.....	63
Bảng 2-23 Momen nghiêng cho trường hợp TH2, 10% dự trữ.....	64
Bảng 3-1 Đường S-N theo mã hiệu đường hàn: Số chu trình cơ sở 2.10^8	72
Bảng 3-2 Đường S-N theo mã hiệu đường hàn có hệ thống chống ăn mòn.....	73
Bảng 3-3 Đường S -N theo tiêu chuẩn Bộ Năng lượng UK.....	74
Bảng 3-4 Phân bố sóng, tính bằng %, tại vùng biển nam Việt nam	75
Bảng 3-5 Chiều cao hữu nghĩa $h_{1/3}$ và hướng sóng	76
Bảng 3-6 Xác suất xuất hiện sóng.....	77
Bảng 3-7 Tổn thương mỗi kết cấu chân giàn	84

DANH MỤC HÌNH

Hình 1-1 Giàn cố định tiêu biểu	5
Hình 1-2 Các mô đun thượng tầng trên giàn	6
Hình 1-3 Khai thác dầu, khí nhờ giàn cố định và giàn di động	7
Hình 1-4 Giàn khoan thuộc Norway	7
Hình 1-5 Bullwinkle tại vịnh Mexico	8
Hình 1-6 Giàn đặc trưng ở biển Bắc	8
Hình 1-7 Giàn khoan tự nâng kiểu 3 chân	9
Hình 1-8 Giàn khoan tự nâng kiểu 4 chân	10
Hình 1-9 Tàu khoan	11
Hình 1-10 Giàn bán chìm	11
Hình 1-11 Kho nổ chứa dầu trên biển	13
Hình 1-12 Trạng thái biển dài hạn	15
Hình 1-13 Đánh giá độ bền mỏi bằng phương pháp tất định	18
Hình 1-14 Đánh giá mỏi bằng phân tích phổ	20
Hình 2-1 Bản đồ gió	25
Hình 2-2 Bản đồ hải lưu	26
Hình 2-3 Các mặt đón gió của tàu	31
Hình 2-4 Hệ số cản C_x phụ thuộc góc thổi của gió	32
Hình 2-5 Vận tốc dòng chảy	34
Hình 2-6 Hệ số trôi dạt của tàu thủy	37
Hình 2-7 Quan hệ T_s và H_s đáng kể	37
Hình 2-8 Lực Morison	39
Hình 2-9 Xác định lực Morison cho ống nghiêng bất kỳ	40
Hình 2-10 Hệ số nước kèm C_M	42
Hình 2-11 Hệ số cản C_D	43
Hình 2-12 Mô hình hình học chân tương đương	45
Hình 2-13 Mô hình chân giàn tự nâng	45
Hình 2-14 Chuyển đổi mô hình chân tương đương	46
Hình 2-15 Các trường hợp rút chân khi di chuyển	49
Hình 2-16 Bố trí chân giàn khoan	49
Hình 2-17 Sóng tác dụng lên chân giàn	50
Hình 2-18 Lực thủy động tác dụng lên cột với góc sóng 45°	54
Hình 2-19 Lực thủy động tác dụng lên cột với góc sóng 90°	55
Hình 2-20 Phân bố nội lực và chuyển vị trên chân giàn	55
Hình 3-1 Các mối nối chân để giàn khoan và xác định ứng suất điểm nóng	67
Hình 3-2 Kịch bản tiến trình va chạm và đơn giản	68
Hình 3-3 Kết cấu đốt chữ T chịu tải va đập (mô hình FEM và thực nghiệm)	68
Hình 3-4 Kết quả thực nghiệm và mô phỏng cho nút kết cấu T của giàn khoan tự nâng	69
Hình 3-5 Vị trí tập trung ứng suất ;	70
Hình 3-6 Sự phá hủy do mỏi tại vị trí ứng suất tập trung	70
Hình 3-7 Biểu đồ ứng suất	71
Hình 3-8 Họ đường S-N theo DEn	72
Hình 3-9 Mô hình phân tích kết cấu giàn di động	80
Hình 3-10 Kết cấu chân giàn tự nâng Tam Đảo 01	82
Hình 3-11 Kết cấu chân để giàn Tam Đảo 01	83

Hình 3-12 Tuổi thọ mồi chân giàn, tuổi tính bằng năm	84
Hình 3-13 Giao diện chính chương trình tính toán mồi cho công trình biển.....	88
Hình 3-14 Mô hình so sánh phương pháp phân tích FEA với thực nghiệm	88
Hình 3-15 Kết quả thực nghiệm mô hình MST của Nishihara.....	89
Hình 3-16 Xác định tải môi trường qua MATLAB	89
Hình 3-17 Xây dựng mô hình giàn tự nâng theo tham số ANSYS APDL	90
Hình 3-18 Xác định hệ số tập trung ứng suất theo mô phỏng và thực nghiệm.....	90
Hình 3-19 Họ đường cong S-N trong không khí (theo DnV)	91
Hình 3-20 Họ đường cong S-N trong môi trường nước biển (theo DnV)	91
Hình 3-21 Hệ số hàm hình dáng Weibull h trong không khí	92
Hình 3-22 Hệ số hàm hình dáng Weibull h trong nước biển	92
Hình 3-23 Tính toán tổn thương mồi dựa vào chu trình ứng suất trong 20 năm.....	93

MỞ ĐẦU

Công trình biển là một dạng công trình đặc biệt trong đó có công trình biển di động, phải làm việc thường xuyên với tải trọng môi trường phức tạp và khắc nghiệt. Lịch sử phát triển ngành công trình ngoài khơi trải qua nhiều năm phát triển đã mang lại người lợi ích kinh tế to lớn cho các quốc gia sở hữu biển. Bên cạnh các mặt mạnh, luôn tồn tại những hạn chế mà con người vẫn chưa khắc chế được thiên nhiên, như núi lửa, động đất, sóng thần, các siêu bão... hàng năm cướp đi bao nhiêu sinh mạng khắp nhân loại. Các vụ tai nạn, sụp giàn khoan cũng không phải là ngoại lệ, có những trường hợp không phải do tải vượt quá giới hạn cho phép mà thậm chí rất thấp, song cũng có tính chu kỳ, tuần hoàn khiến kết cấu dần bị xuất hiện vết nứt tê vi, hình thành các vết nứt gãy và phát triển nhanh, hậu quả là chân giàn bị sụp mà không kiểm soát được. Hiện tượng chúng ta đang đề cập đến là bài toán khó của biết bao nhà khoa học đỗ tâm huyết và sức lực vào nghiên cứu, nhằm dự đoán được nguyên nhân, vùng nguy hiểm và có cảnh báo sớm. Trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ năm 2018, nhóm tác giả đến từ trường Đại học Giao thông vận tải chúng tôi đã triển khai đề tài: "**Nghiên cứu đánh giá tuổi thọ mỗi của công trình biển di động hoạt động trong thềm lục địa việt nam**" - MÃ SỐ: DT184021, thời gian thực hiện 12 tháng từ tháng 01 năm 2018 đến hết tháng 12 năm 2018. Hy vọng rằng với các kết quả mà đề tài đạt được, sẽ góp một phần vào công cuộc dự đoán, đánh giá tuổi thọ mỗi cho công trình biển nói chung và công trình biển di động nói riêng.

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 12 năm 2018

Nhóm nghiên cứu

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ MỐI CÔNG TRÌNH BIỂN

1.1. Tổng quan

Trong lịch sử loài người, khái niệm công trình nổi đã được sử dụng quen thuộc từ lâu, từ hàng nghìn năm trước đây con người đã biết sử dụng bè trôi, bè mảng hay thuyền độc mộc, thuyền buồm hay gắn động cơ như ngày nay, phục vụ nhiều mục đích khác nhau. Từ vận tải hành khách, hàng hóa, thương mại quốc tế, đánh cá trên biển, nghiên cứu đại dương cho đến các mục đích chiến tranh và bảo vệ chủ quyền quốc gia. Cách đây hàng chục thế kỷ, người Châu Á chúng ta đã dùng các bè bằng tre, gỗ vượt qua Thái Bình Dương để đến Hawaï và Châu Mỹ, tại Việt Nam cũng có những bè mảng Sầm Sơn đã từng đi khắp nơi trên biển Đông. Trong lịch sử cận đại, chính các công trình nổi trên biển, mà cụ thể là các thuyền buôn có vũ trang là phương tiện để loài người từ châu lục này khám phá ra các châu lục khác. Ở Trung Quốc, có ông Trịnh Hòa (1371-1433) đã qua Malaca đến các vùng tại đại dương phía tây, khi đó mới chỉ là các thuyền gỗ truyền thống. Trên thế giới, không ai mà không biết đến Cristoforo Colombo (1451-1506) là nhà hàng hải người nước cộng hòa Genova cũng là một đô đốc của các vị quân chủ Công giáo Tay Ban Nha, vượt qua Đại Tây Dương để tìm ra chày Mỹ. Từ những phát minh vĩ đại của con người như lực đẩy Archimedes, 3 định luật của Newton hay La bàn từ, giúp cho con người chinh phục được đại dương nhờ vào những công trình nổi di động, ngay cả bờ đất thế giới được thiết lập cũng trên cơ sở sự hoạt động của các công trình nổi trên biển.

Ngày nay, công trình nổi trên biển đóng vai trò quan trọng trong các hoạt động thường ngày của con người trên toàn thế giới. Khái niệm công trình nổi trên biển bao gồm một phạm vi rộng lớn các thiết bị, phương tiện được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau, từ mục đích dân sự, nghiên cứu, thám hiểm, thể thao đến các mục đích quân sự. Trong ngành hàng hải, người ta thường quan tâm nhất tới hai loại công trình nổi tiêu biểu, đó là: Tàu nổi dân sự và tàu quân sự [1]–[4].

1.1.1. *Tàu nổi dân sự:*

Tàu nổi phục vụ các mục đích dân sự chia thành các nhóm căn cứ vào chức năng như sau:

Nhóm 1: Tàu vận tải hàng hóa, tàu khách đi biển và tàu chạy vùng sông, hồ.

Tàu *vận tải hàng khô tổng hợp* (*general cargo ships*) ra đời sớm, số lượng đông gồm tàu *tramp ship*, tàu *liner*.

Tàu chở hàng thùng, còn gọi là *tàu container* (*container vessel*) ra đời trong cách mạng vận chuyển hàng, chạy nhanh, sức chở lớn.

Nhóm *tàu chở hàng lỏng* gồm *tàu chở dầu* theo nghĩa chung, gọi là *tanker* gồm *tàu chở sản phẩm dầu* (*products tanker*) và *tàu chở dầu thô* (*crude carrier*).

Tàu chở khí hóa lỏng gồm hai kiểu là *tàu chở khí thiên nhiên* (*Liquefied Natural Gas – LNG*) và *tàu chở khí công nghiệp hóa dầu* (*Liquefied Petroleum Gas – LPG*) dùng chở khí hóa lỏng ở nhiệt độ rất thấp, ví dụ đến -162°C cho tàu LNG. Song song tồn tại còn có *tàu chở hóa chất*.

Tàu chở hàng rời được chuyên nghiệp hóa để vận chuyển quặng, than đá, khoáng sản, các loại hạt rời không đóng gói. Từ chuyên ngành gọi đây là *bulk carrier*. Chức năng cụ thể đọc theo tên gọi chuyên ngành như tàu OO (*Ore-Oil*) chở quặng, chở dầu, tàu OBO (*Ore-Bulk-Oil*), tàu OSO (*Ore-Slurry-Oil*).

Tàu Ro-Ro, viết tắt từ *Roll-On/Roll-off Ship* đưa hàng vào tàu và chuyển hàng ra theo phương thức vận chuyển ngang nhờ thiết bị di động.

Tàu chở sà lan (*barge carrier*) nhận sà lan và đưa chúng ra khỏi tàu theo nguyên lý *Float-on/Float-off*.

Tàu chở hàng lạnh (*refrigerated cargo ship*) thuộc nhóm tàu vận tải hàng khô. Tàu chuyên chở rau quả, cá, thịt, thực phẩm. Nhiệt độ buồng lạnh khoảng +5°C đến -25°C theo yêu cầu khác nhau.

Tàu chuyên chở xe, thiết bị (*car carrier*) vv...

Tàu khách. Tàu chở khách bao gồm tàu đưa người qua lại trên tuyến đường ngắn còn gọi “phà” (*ferry car*) đến tàu khách tuyến đường dài, chuyên ngành gọi là *liner*, tàu tuyến cố định. Tàu vừa chở khách và hàng hóa còn có tên gọi *tàu hàng – khách*.

Nhóm 2: Tàu dịch vụ (*service vessels*)

Tàu kéo và *tàu đẩy* ra đời rất sớm và làm nhiều việc khác nhau, kéo các phương tiện thủy, đẩy các đoàn tàu vận tải. Tàu nhóm này thường thiết kế và chế tạo dạng tàu kéo chạy sông, cảng, tàu ven biển và tàu đi biển.

Tàu chuyên ngành, hay tàu công tác trên biển, trong cảng. Nhóm tàu này đa dạng, chuyên sâu vào một hoặc một số lĩnh vực phục vụ kỹ thuật. Đó là các *tàu kéo* (*tug*), *tàu cứu hộ* (*salvage vessel*), *tàu thả phao*, đảm bảo an toàn hàng hải (*buoy vessel*), *tàu đặt cáp ngầm* (*cable layer*), *tàu cuốc bùn*, *tàu hút bùn* làm công tác nạo vét luồng lạch, cảng (*dredger*), *tàu hoa tiêu* (*pilot craft*), *tàu hải quan* (*custom boat*), *tàu kiểm ngư* (*fisheries patrol boat*), vv...

Nhóm 3: Tàu phục vụ khai thác dầu khí hay còn gọi nhóm tàu công nghiệp

Tàu phục vụ khai thác dầu khí trên thềm lục địa (*offshore vessels*) gồm các tàu làm dịch vụ cung ứng (*supply ship*), *tàu đặt ống ngầm* (*pipe layer*), *cần cẩu nổi* (*crane barge*), *giàn khoan nổi* gồm *giàn nửa chìm* và *giàn tự nâng* (*semisubmersible drill rig*, *jack-up rig*), *tàu khoan* (*drill ship*) và các *công trình nổi* phục vụ sản xuất trên biển (*production platforms*). Các trạm chứa dầu không bền FSPO là nhóm tàu ra đời chỉ vài mươi năm trở lại đây.

Tàu đánh bắt cá và ché biển cá. Tàu cá chiếm đến 5% tải trọng của đội tàu trên thế giới. Tàu đánh bắt gồm tàu lưới kéo, tàu lưới vây, tàu làm nghề lưới rê vv... Tàu ché biển ở dạng những cơ sở sản xuất khá lớn trên biển.

1.1.2. *Tàu quân sự*

Tàu đổ bộ (*Amphibious assault ship*), tàu có thể đi được ở vùng nước nông hay cạn, dùng chở quân đổ bộ. Loại tàu được ưa chuộng nhất là tàu dùng đệm không khí.

Tàu sân bay, tàu chiến có sân bay và máy bay cánh cố định.

Tàu tuần dương, loại chiến hạm nhỏ nhất trong số các chiến hạm độc lập trên đại dương, đi được dài ngày trên đại dương, kiểm soát vùng biển, bắn pháo lên bờ. Sức diệt tàu địch không cao như tàu sân bay hay thiết giáp hạm; Tàu tuần dương hạng nặng, loại chiến hạm nặng đóng ở Anh sau năm 1915 đến Chiến tranh thế giới thứ

hai, từ này hay được người Anh chỉ một số tàu các nước khác. Tàu tăng cường giáp và pháo, giá rẻ so với thiết giáp hạm; Tàu tuần dương diệt tàu (Battlecruiser, Croiseur de bataille), một loại tàu chiến trước Chiến tranh thế giới thứ hai, mang súng lớn nòng dài và giáp dày, nằm giữa tàu tuần dương và thiết giáp hạm.

Thiết giáp hạm bỏ túi (Pocket battleship), một loại tàu chiến trước Chiến tranh thế giới thứ hai, mang súng lớn nòng dài và giáp dày, nằm giữa tàu tuần dương và thiết giáp hạm. Tàu này mạnh hơn tàu tuần dương diệt tàu, thỉnh thoảng người Anh gọi là tàu tuần dương hạng nặng; Thiết giáp hạm, một loại tàu chiến rất lớn, có các ống pháo quay lớn mang đài bắc nòng dài bắn đạn xuyên rất lớn, giáp dày. Chức năng diệt tàu chiến mạnh của đối phương. Các loại tàu trên xếp theo thứ tự từ tàu tuần dương đến thiết giáp hạm: tăng khả năng diệt tàu.

Tàu ga-lê (Bireme, Birème, Galley, Galère), loại tàu cổ từ thế kỷ 18 về trước, có hai hàng mái chèo và mũi cứng, tàu có tốc độ cao, đi được trong vùng nước nông, ngược gió... rất cơ động. Tàu chứng tỏ sức mạnh trong Đại chiến Bắc Âu; Tàu ga-lê-ôn (Galion), loại tàu chiến chủ lực từ thế kỷ 16 về trước ở châu Âu và Địa Trung Hải. Vừa có buồm vừa có chèo, chiến đấu giáp lá cà. Sau được thay bằng tàu chiến tuyến dùng súng; Tàu ga-liz, loại tàu chiến cổ, có ba cột buồm và hai hàng mái chèo. Có thể đi xa bằng buồm và đối kháng mạnh bằng chèo.

Tàu chỉ huy hay kỳ hạm (Capital ship, Navire capital, Flagship, Navire amiral). Kỳ hạm trước đây chỉ loại tàu có đoạn trên của cột buồm rất cao, trên có nhiều cờ màu sắc khác nhau, dùng để ra lệnh cho hạm đội. Sau này dùng với nghĩa chỉ huy hạm đội. Tàu chỉ huy nhỏ hơn, chỉ huy nhóm tàu. Thường là một thiết giáp hạm với các tàu tuần dương, tàu khu trục...

Hải phòng hạm loại tàu chiến nhỏ, cơ động, giữa pháo hạm và tàu khu trục. Từ này dùng cho nhiều loại tàu thay đổi theo thời gian. Ngày nay chức năng của nó như tàu tuần dương, nhưng chạy nhanh hơn và mang vũ khí nhỏ hơn, có thể coi là tàu tuần dương chạy nhanh; Pháo hạm hay tàu pháo (Gunboat, Canonnière), tàu chở nhiều pháo bắn lên bờ.

Tàu khu trục, ban đầu là tàu diệt tàu phóng lôi, sau đọc ngắn gọn là destroyer. Tàu chạy nhanh, cơ động, ăn lái, trước đây dùng pháo bắn nhanh. Ngày nay tàu diệt rất nhiều mục tiêu khác nhau trên mặt, dưới nước và trên không, đảm bảo an toàn cho các tàu khác. Ngày nay tàu này to như hoặc hơn tàu tuần dương, chức năng là cảnh giới cho hạm đội.

Tàu quét mìn; Tàu rà mìn; Lớp Monitor, loại thiết giáp hạm đầu tiên, thời Nội chiến Mỹ; USS Monitor, chiếc đầu tiên của Lớp Monitor; Tàu Monitor, pháo hạm nhỏ nhưng mang pháo lớn bắn lên bờ, đi được ở các vùng nước nông.

Tàu phóng lôi (Torpedo boat, Torpilleur), tàu phóng ngư lôi, nhỏ, tốc độ cao, có súng bắn nhanh; Xà-lúp (Sloop, Sloop), trước đây là tàu tuần tra nhỏ một buồm châu Âu, nay chỉ các tàu nhỏ.

Xà-lan; Thông báo hạm, (Commerce raider); Tàu bọc thép, (Ironclad, Cuirassé à coque en fer), tàu gỗ bọc thép; Tàu hộ tống (Corvette, Corvette)

Ca-nô; Thuyền phỏng hỏa (Fire ship, Brûlot), thuyền chứa các chất dễ cháy, đốt rồi lao về phía tàu địch; Tàu Viking dài (Longship, Bateau viking), tàu đột kích của quân Viking; Man-of-war, tàu buồm chiến đấu chủ lực thế kỷ 16-18.

Tàu ngầm; tàu đệm khí

1.2. Các công trình biển phục vụ ngành dầu khí

1.2.1. Giàn khoan cố định:

Giàn cố định ngoài khơi như Hình 1-1, gồm hai phần chính: chân đế và thượng tầng [5]–[7].

Chân đế giàn (Jacket) gồm các kết cấu thép bằng ống, các chân (*legs*) cắm vào đáy biển bằng cọc. Các chân liên kết với nhau nhờ các thanh giằng (*braces*). Các nút liên kết là nơi tập trung các đầu nối, kết cấu đa dạng. Chân đế đỡ toàn bộ thượng tầng giàn

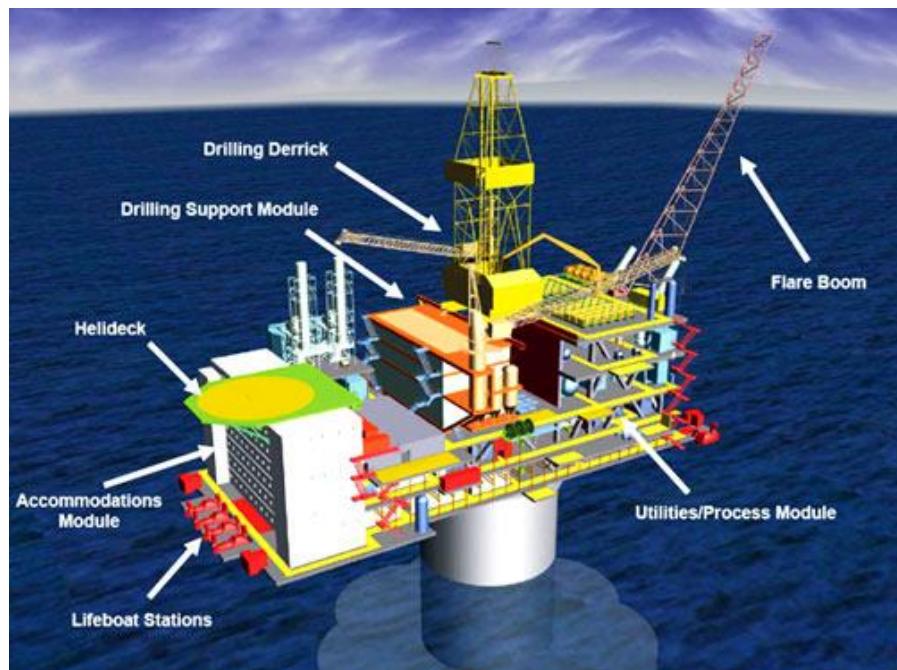


Hình 1-1 Giàn cố định tiêu biểu

Những thiết bị có mặt tại **thượng tầng (topside)** thông thường là: **tháp khoan (drilling derrick)** và những cần **cầu cẩu quay (pedestal crane)** phục vụ cho công việc khoan và nâng hạ thiết bị. Tháp ăng ten (*radio mast*) bố trí trên các giàn đóng vào những năm giữa thế kỷ XX trên đó gắn các đĩa parabol thu phát sóng và ăng ten vô tuyến. Ngày nay người ta thay các tháp cao bằng giàn đĩa parabol đặt ngay trên boong thượng. Giàn **dẫn khí đồng hành (flare stack, flare boom)** đưa khí ra khá xa so với mép boong, tránh cho ngọn lửa đốt khí đồng hành có thể gây bất trắc cho giàn. **Khu chế biến (process area)** thường cách khu sinh hoạt đoạn cần thiết. Trong khu vực này bố trí các bình áp suất cùng các thiết bị liên quan chuyên tách vật bẩn, vật lạ, khói sản phẩm trước khi nạp chúng vào **ống dẫn ngầm (subsea pipeline)**. Trên boong

(deck) người ta còn bố trí **thiết bị cứu sinh** gồm các xuồng cứu sinh chịu lửa (*lifeboats*), phao. **Sân làm nơi đỗ máy bay trực thăng** (*helideck*) bố trí chỗ thoáng, không quá sát với các tháp hoặc càn cẩu. Nơi đây là nơi tiếp nhận người, vật tư cần thiết từ bờ ra, đưa người và vật tư vào bờ. Nơi đây còn là nơi tập kết người trong trường hợp có nạn để tìm cách thoát nạn.

Hình 1-2 trình bày bố trí thượng tầng tiêu biểu trên một giàn cố định cỡ trung bình. Trên hình vẽ này người viết xin phép giữ nguyên những tên gọi bằng tiếng Anh mong tạo thuận lợi hơn cho người đọc khi sử dụng tài liệu tương tự của nước ngoài. Các mô đun không thể thiếu cho việc chính: các buồng sinh hoạt làm nghỉ của công nhân làm việc tại giàn, thiết bị khoan, tháp khoan, cầu khoan, thiết bị năng lượng, thiết bị tạo khí nén, thiết bị sản xuất, giàn dẫn khí đồng hành vv...



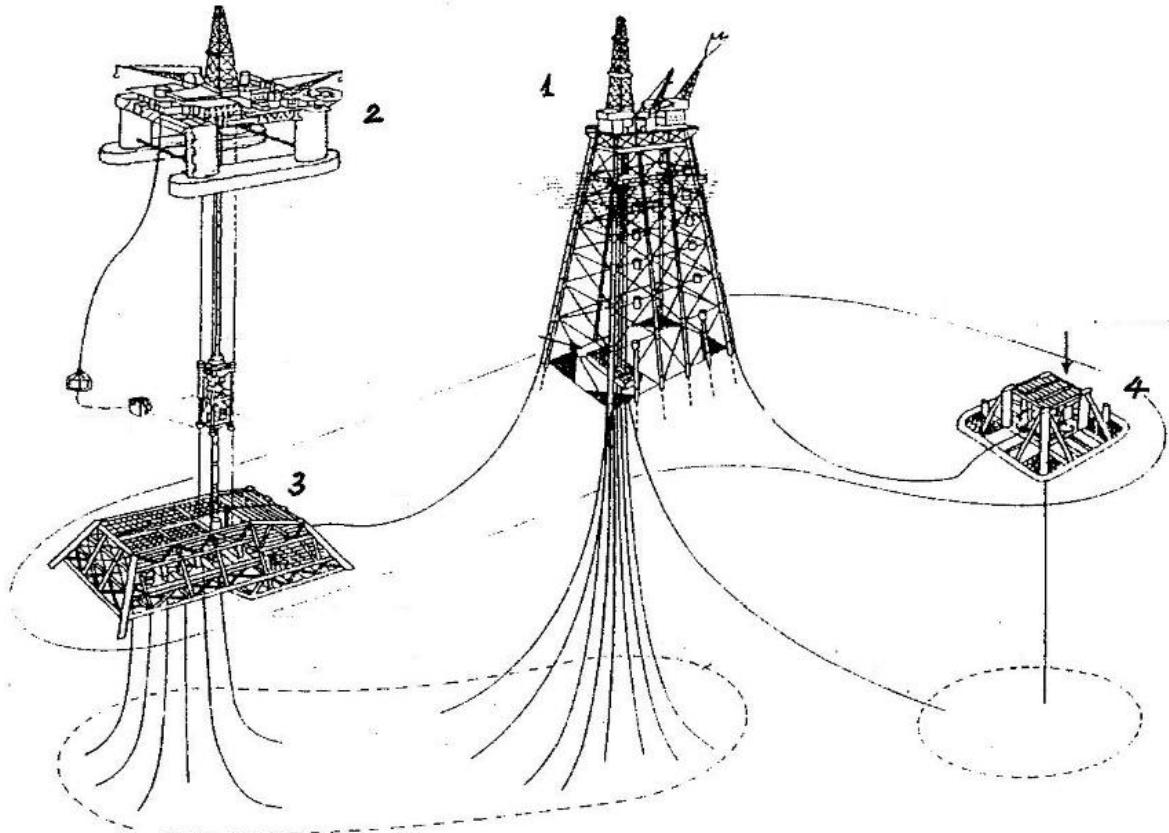
Hình 1-2 Các mô đun thượng tầng trên giàn

Các ống dẫn đến miệng giếng khoan (*conductors*) bắt đầu từ sàn khoan kéo đến tận bệ (*well template*). Hệ thống ống mềm (*riser*) dẫn sản phẩm từ hệ thống ống nằm tại đáy (*subsea pipe line*) lên cao, đến khu vực chế biến, được giữ tại các móc khóa (*riser clamp*), áp vào chân đế giàn[8].

Giàn khoan cố định làm việc ngoài khơi chịu tác động từ phía môi trường và trọng lượng bản thân. Giàn phải đủ khả năng chịu những con cuồng phong sức mạnh ngoài dự tính thông thường, chịu tác động những con sóng lớn. Giàn cố định được chôn chặt vào lòng đất tại đáy biển, các kết cấu của phần cuối chân, ở độ sâu lớn phải làm việc trong điều kiện áp lực do môi trường tác động quá lớn. Trong những điều kiện thực tế của mỗi vùng biển, các kết cấu thép giàn cố định còn phải chịu tác động mang tính chu kỳ và dễ gây hư hỏng do mồi. Ảnh hưởng động đất đến độ bền kết cấu giàn cố định là thực tế song là vấn đề khó giải quyết. Tuy gấp nhiều khó khăn kỹ thuật song họ giàn cố định vẫn là số đông trong ngành khoan dầu khí[9].

Công trình ngoài khơi đặc trưng kết hợp với các công trình phụ trợ tại đáy biển trong khai thác dầu khí miêu tả tại hình 1.3. **Giàn cố định** 1 cùng tháp khoan

bố trí tại khu vực có vỉa khai thác. Cùng tham gia khoan khai thác còn có **giàn nứa chìm** đánh dầu bằng sô 2 (*semi-submersible*). Kết cấu bệ trên giếng khoan tại đáy biển (*well template*) bố trí tại đầu mỗi các giếng khoan 3, kể cả giếng đơn lẻ 4 trên Hình 1-3.



Hình 1-3 Khai thác dầu, khí nhờ giàn cô định và giàn di động

Giàn cô định cắm vùng nước sâu nhất có tiếng một thời giới thiệu tại Hình 1-4, Hình 1-5, giàn ở biển Bắc giới thiệu tại Hình 1-6.



Hình 1-4 Giàn khoan thuộc Norway



Hình 1-5 Bullwinkle tại vịnh Mexico



Hình 1-6 Giàn đặc trưng ở biển Bắc

1.2.2. Giàn khoan di động:

Giàn khoan di động cũng có nhiều chủng loại phong phú, trong giới hạn đề tài này, nhóm nghiên cứu tập trung vào một số công trình như: Giàn khoan tự nâng, tàu khoan, giàn khoan bán chìm, các kho chứa dầu trên biển FPSO

1) Giàn khoan tự nâng (Jack-up Rigs)[10]–[37]:

Giàn khoan tự nâng thực chất là một dạng công trình biển di động có công dụng riêng - thăm dò, khai thác dầu khí trên thềm lục địa hoặc ở ngoài biển với độ sâu khác nhau.

Giàn khoan tự nâng có thể được chế tạo với kết cấu 3 chân hoặc lớn hơn. Hiện nay đã đưa vào sử dụng loại giàn khoan nổi với kiểu kết cấu 3 hoặc 4 chân thẳng đứng. Giàn khoan tự nâng với kiểu kết cấu chân nghiêng nhằm tăng độ vững cho giàn tại trạng thái khoan hiện không được áp dụng rộng rãi vì tính phức tạp về mặt

kết cấu và khả năng đảm bảo ổn định cho công trình bằng giải pháp khác sẽ đơn giản hơn.



Hình 1-7 Giàn khoan tự nâng kiểu 3 chân

Giàn khoan tự nâng kiểu kết cấu 4 chân (Hình 1-8) hiện được sử dụng phổ biến hơn cho độ sâu của mực nước biển đến 60 m . Loại giàn khoan này có dạng hình chữ nhật (trên hình chiếu bằng) với các chân được đặt tại các góc . Sự đơn giản về mặt kết cấu và thuận lợi trong khai thác loại giàn khoan nồi kiểu 4 chân có liên quan đến khả năng ép các chân ngập vào đáy biển chủ yếu nhờ vào trọng lượng bản thân giàn. Ngoài ra , giàn khoan hình chữ nhật so với giàn khoan hình tam giác khi các kích thước chủ yếu bằng nhau sẽ cho khả năng ổn định tốt hơn. Mặc dù có những ưu điểm như đã nêu ở trên song loại giàn khoan kiểu 3 chân vẫn được áp dụng rộng rãi hơn nhờ việc tăng độ sâu công tác của giàn khoan. Điều này sẽ được giải thích như sau: Nhờ tăng độ sâu, tải trọng lên chân đế sẽ được tăng; việc nâng cao độ bền và độ cứng cho giàn 3 chân sẽ đạt được bằng cách tăng diện tích và mô men quán tính của mặt cắt ngang và trọng lượng chân . Độ cứng tổng cần thiết của các chân đối với giàn khoan 3 chân có thể đạt được nhờ trọng lượng tổng các chân của loại giàn khoan và có giá trị thấp hơn loại giàn khoan có kết cấu kiểu 4 chân . Ngoài ra, việc giảm số lượng chân cũng dẫn tới giảm số lượng cũng như trọng lượng các giá nâng hạ giàn khoan. Tất cả những điều đã được nêu trên đã dẫn tới khả năng áp dụng rộng rãi loại giàn khoan kiểu 3 chân . Thân của giàn khoan 3 chân có dạng tam giác hoặc

gần giống với nó. Các chân trong trường hợp này sẽ được ngập sâu vào đáy biển nhờ lượng nước dàn bổ sung và để đạt được điều đó trong thân giàn khoan nói được bố trí các két dàn tương ứng.



Hình 1-8 Giàn khoan tự nâng kiểu 4 chân

Kết cấu của giá nâng hạ giàn khoan và việc bố trí các chân trên thân giàn có ảnh hưởng đến kiểu kiến trúc giàn khoan. Các buồng ở, buồng sinh hoạt và buồng phục vụ trên đại đa số các giàn khoan tự nâng thường được bố trí trong lầu. Trên một số giàn khoan các buồng kiểu này được bố trí ngay trong thân giàn. Khi tiến hành chọn phương án bố trí hệ thống các buồng nêu trên ta cần chú ý đến khả năng tạo nên những điều kiện tốt cho sinh hoạt của con người: thoả mãn các định mức cho phép về độ ồn, đảm bảo sự thoát thân nhanh và thuận lợi cho thuỷ thủ, thuyền viên khi xảy ra tai nạn, sự thuận lợi khi đi từ nơi ở đến nơi làm việc. Xuất phát từ những yêu cầu này các buồng ở, buồng sinh hoạt và phục vụ sẽ được bố trí càng xa miệng giếng khoan càng tốt. Việc bố trí thiết bị của sân bay giành cho máy bay lên thẳng có ảnh hưởng lớn đến kiểu kiến trúc giàn khoan.

2) Tàu khoan (Drill ship[17], [38]):

Tàu khoan (Hình 1-9) có cấu tạo (vỏ tàu) tương tự như các loại tàu khác, nhưng chúng có một khoảng hở rất lớn để đặt các thiết bị công nghệ (moon pool). Tàu khoan có thể được đóng mới hoặc được chuyển đổi, nâng cấp từ các dạng tàu khác. Một đặc tính rõ ràng của tàu khoan là khả năng cơ động cực kỳ cao, ngoài ra nó còn có thể mang theo một lượng hàng dự trữ lớn, tuy nhiên độ ổn định làm việc của tàu khoan thì kém hơn so với giàn bán chìm. Khi di chuyển đến vị trí định trước, tàu khoan sẽ được cố định tương đối so với đáy biển bằng phương pháp neo thông thường

(conventional positioning) hoặc phương pháp cố định động (dynamic positioning). Do đặc tính của mình, tàu khoan thường được sử dụng để khoan thăm dò và khai thác ở các vùng nước sâu, chiều sâu hoạt động lớn nhất hiện nay của tàu khoan là khoảng 7.044m (cho mục đích nghiên cứu) và 2.953m (cho mục đích thăm dò và khai thác).



Hình 1-9 Tàu khoan

3) Giàn bán chìm (semi-submersible rigs) [22], [39]

Giàn bán chìm như Hình 1-10, có cấu tạo gồm ba phần: phần thân trên có các thiết bị công nghệ và nơi sinh hoạt (deck); phần thân chìm dưới nước, chỉ nổi lên một mức nhất định khi di chuyển (pontoons); và hai phần này được liên kết bằng một hệ thống cột đỡ và thanh giằng chịu lực (column).



Hình 1-10 Giàn bán chìm

Phần thân chìm cũng có thể được thiết kế như con tàu hai thân và khi đó hệ thống cột đỡ được cấu tạo để đóng vai trò hệ thống dàn, khi đó giàn bán chìm còn được gọi là giàn ổn định bằng cột. Giàn bán chìm có gắn các chân vịt vì thế nó có thể tự di chuyển được đến vị trí thăm dò, khai thác hoặc di chuyển cùng với sự trợ giúp của các phương tiện khác (chẳng hạn như tàu kéo). Tuỳ thuộc vào lượng nước được bơm vào trong các khoang của phao hay cột mà giàn có thể được nâng lên và hạ xuống so với mặt nước. Do phần phao nằm phía dưới bờ biển, chúng sẽ ít chịu tác động của sóng, như thế chuyển động theo phương thẳng đứng của giàn được giảm xuống và điều này cho phép giàn vẫn có thể hoạt động (khoan) được trong điều kiện biển động vừa phải. Sau khi di chuyển vào vị trí thì giàn sẽ được cố định với thềm đáy biển bằng các phương pháp sau:

- Cố định thông thường (conventional positioning): theo tiêu chuẩn thì giàn sẽ được cố định bởi 08 neo (anchor) có kích thước rất lớn.
- Cố định động (dynamic positioning): đây là hệ thống cố định có sử dụng các chân vịt định hướng được điều khiển bằng máy tính nhằm giữ cho giàn ở trạng thái tĩnh tương đối so với nền đáy biển, cũng như bù lại các lượng lệch hướng do gió, sóng hay dòng chảy gây ra.

Các giàn bán chìm thường hoạt động phổ biến ở các vùng biển với chiều sâu của cột nước lớn hơn 200m (chiều sâu hoạt động lớn nhất hiện nay là 2.375m). Do các lợi thế về chiều sâu làm việc, khả năng độc lập tương đối với cấu tạo địa chất của nền đáy biển, tính ổn định tương đối trong các điều kiện biển không thuận lợi, cũng như khả năng di chuyển cao, giàn bán chìm được sử dụng rất nhiều cho các vùng biển nước sâu, có thời tiết không thuận lợi và đặc biệt là cho các mỏ dầu, khí được tìm thấy trong thời gian gần đây. Giàn bán chìm cũng có một nhược điểm là khi khai thác nó cần được neo giữ, mà hệ thống neo giữ thường chiếm một không gian rất lớn, nên có thể ảnh hưởng đến các phương tiện đi lại trên biển.

4) Kho chứa dầu trên biển FPSO (Floating Production Storage and Offloading)

Cụm kết cấu này như Hình 1-11, thường được xây dựng trên cơ sở chuyển đổi từ các tàu chở dầu và đổi khi được chuyển đổi từ giàn bán chìm. Cụm kết cấu này sẽ di chuyển vào vị trí định trước (thường là các giếng dầu đã được khoan sẵn và đã lắp đặt hệ thống bơm khai thác chìm ở dưới đáy biển), sau đó nó sẽ tiến hành việc khai thác và lưu trữ dầu. Khi di chuyển đến vị trí định trước, tàu khoan sẽ được cố định tương đối so với thềm đáy biển bằng phương pháp neo thông thường (conventional positioning) hoặc bằng phương pháp cố định động (dynamic positioning). Do cấu tạo của nó là kết cấu dạng tàu cho nên tính linh động trong di chuyển của cụm FPSO này khá cao và chịu được các điều kiện sóng gió. Chính vì thế cụm công trình này thường được sử dụng cho các giếng khoan nhỏ, không đủ sản lượng để xây dựng giàn khai thác, nằm ở khu vực sóng gió và xa bờ [40]–[44].



Hình 1-11 Kho nỗi chứa dầu trên biển

1.3. Cơ sở lý thuyết tính toán mồi kết cấu công trình biển

1.3.1. Hiện tượng mồi

Vào năm 1850, người ta quan tâm tới hiện tượng hàng loạt các trục bánh xe của tàu hoả bị gãy mà không rõ nguyên nhân. Sau đó hiện tượng này đã được Wohler tiến hành nghiên cứu một cách sâu sắc và có hệ thống. Đó là một bước tiến lớn đánh dấu sự hiểu biết về hiện tượng mới lạ này: hiện tượng mồi. Về sau, hiện tượng mồi còn được phát hiện ở cả các kết cấu khác nữa như cầu, tàu thuỷ, máy bay và các giàn khoan ngoài biển, v.v... Theo các tài liệu được công bố vào năm 1895, Kiphing là người đầu tiên giải thích hiện tượng nứt trực của chân vịt ở tàu Grotkan khiến cho tàu này bị mất chân vịt. Vào đầu những năm 1940, ba chiếc máy bay kiểu Comet bị tai nạn do nứt mồi và người ta cũng thực sự chú ý tới sự phá huỷ do mồi từ khi xuất bản cuốn sách của Nevil Shute năm 1948. Sự phá huỷ mồi thường không có dấu hiệu báo trước như các dạng phá huỷ khác. Nhưng khi quan sát bề mặt vết gãy, ta có thể biết được phần nào về tốc độ lan truyền vết nứt, chẳng hạn các vùng hạt mìn, hạt thô, các đường vạch và khoảng cách giữa chúng, v.v... Vị trí của vết nứt gãy thường xảy ra ở nơi có sự thay đổi đột ngột về hình học, có khuyết tật hàn tức là nơi có sự tập trung ứng suất cao, với tải trọng thay đổi lặp đi lặp lại về độ lớn hay về dâu. Một số ít trường hợp phá huỷ mồi do nguyên nhân vật lý, chẳng hạn các kiểu nứt do chứa hydro, tách lớp, mồi ăn mòn hay phá huỷ dòn. Việc tìm nguyên nhân phá huỷ mồi thường đòi hỏi những nghiên cứu thực nghiệm thấu đáo trong các phòng thí nghiệm có đủ [45]–[58].

1.3.2. Một số phá huỷ mồi xảy ra đối với công trình biển

1) Mồi trên giàn cột định

Giàn West Sole ở biển Bắc (giữa bán đảo Scandinavi và nước Anh) bị phá huỷ một phần đã được khảo sát tìm nguyên nhân sự cố và công bố báo cáo. Vết nứt xảy

ra ở các mối hàn giữa các ống chéo và ống chủ ở độ sâu 0,6 m dưới mức thuỷ triều thiên văn thấp nhất. Quan sát bè mặt vết gãy cho thấy vết nứt hình thành từ bên ngoài xung quanh chân mối hàn do uốn trong mặt phẳng thẳng đứng với ứng suất thấp nhưng số chu trình lớn. Do đó nguyên nhân phá huỷ có thể là do đánh giá thấp tải trọng sóng theo phương thẳng đứng. Ngoài ra hiện tượng bám kết sinh vật biển ở đó cũng chưa được kể tới. Với độ dày hà bám 200 mm, đường kính ống chéo này đã tăng từ 300 mm ban đầu tới 700 mm lúc phá huỷ. Khi kể tới hiện tượng này, tuổi thọ tính toán của mối nối chỉ là $4,5 \div 5,5$ năm. Hồ sơ của ngành dầu khí NaUy cho biết trong 27 giàn cột định ở biển Bắc được khảo sát trong 4 năm 1980-1983 cho thấy 163 vết nứt phân bố tương đối đồng đều theo chiều sâu nước. Thực ra trong một chu kỳ khảo sát 4 năm chỉ có thể kiểm tra được ($5 \div 10\%$) số mối nối, nên số vết nứt thực tế có thể còn lớn hơn. Nguyên nhân chủ yếu là những khuyết tật trong chế tạo. Hầu hết các vết nứt này là các vết nứt nồng. Để chúng không phát triển có thể khắc phục bằng cách đơn giản là mài nhẵn. Vào năm 1981 người ta đã tiến hành khảo sát một cách hệ thống các giàn khoan ở thềm lục địa Tây Bắc Âu để làm cơ sở cho việc sửa chữa. Đợt khảo sát này bao gồm cả những giàn đã được xây dựng từ đầu những năm 60 ở độ sâu ($20 \div 30$) m cũng như những giàn điển hình ở biển Bắc ở độ sâu ($100 \div 150$) m nước nhằm tìm kiếm các kiểu hư hỏng của giàn và nguyên nhân chủ yếu gây ra những hư hỏng đó. Kết quả khảo sát đã chỉ ra rằng có tới 35% toàn bộ công việc sửa chữa được tiến hành là để khắc phục các hư hỏng về mối của kim loại. Khi phân tích lại về mối các trường hợp đó ta thấy các mối nối đều được thiết kế với kích thước dưới mức cần thiết có thể tránh được hư hỏng về mối nếu các mối nối này được tính toán đúng. Ngoài ra do việc đánh giá thấp hệ số tập trung trong thiết kế. Đối với các phần tử thứ yếu như khung derrick, các đường ống ở thùng chìm của giàn khoan trọng lực, các đầu giữ ống, v.v. thì nguyên nhân nứt mối chủ yếu là do chúng đã không được quan tâm đầy đủ khi phân tích mối và khi chế tạo lắp ráp [59]-[63].

2) Mọi trên giàn bán chìm và giàn khoan tự nâng [8], [10], [37], [12], [14], [17], [20], [22], [25], [26], [29]

Giàn khoan bán chìm ba trụ ổn định “Sed co 125” bắt đầu làm việc năm 1965 ở Vịnh Mexico. Vào cuối năm 1967 người ta đã ghi nhận được sự nứt mối hàng loạt ở ống giằng phía đuôi của các giàn cùng kiểu đang hoạt động ở biển Bắc, biển Nam Trung Hoa, biển Thái Bình Dương tại Canada và ở ngoài khơi Úc. Trường hợp ở biển Bắc, trước khi phá huỷ vài tháng người ta đã ghi nhận ứng suất dọc trực ở ống giằng bị gãy này. Trên mô hình, ở chỗ tiếp giáp giữa ống giằng và cột, hệ số tập trung ứng suất đo được là 4,7; người ta tính được hệ số tổn thất tích luỹ theo lý thuyết của Palmgren-Miner là 2,18. Mặc dù thừa nhận có sự phân tán khi đánh giá tổn thất mối, kết quả như vậy đã cho thấy sự phù hợp giữa tính toán và thực tế. Một ví dụ khác là sự sụp đổ của giàn tự nâng “Ranger I” ở vịnh Mexico năm 1979. Tai nạn xảy ra do vết nứt phát sinh và phát triển ở mối hàn giữa chân cột phía đuôi với tám gia cường và tám đế. Vết nứt dài gần 500 mm từ vị trí 2700 đến vị trí gần 700 đã dẫn tới sập giàn. Sau sự cố này, một số qui phạm đã phải sửa đổi: cần kiểm tra định kỳ các mối hàn có nguy cơ nứt mối ở các chân đế giàn tự nâng. Tháng 3 năm 1980 giàn bán chìm có người ở “Alexander L.Kielland” đã bị lật ở biển Bắc với 212 người trên đó. Nguyên nhân đầu tiên là nứt mối ở chân các mối hàn giữa thanh chống và thanh giằng, nơi không có chuyển tiếp đều giữa mối hàn và kim loại gốc. Người ta đã không phát

hiện ra một vết nứt dài 70 mm có sẵn từ lúc thi công. Khi tiến hành tính toán tuổi thọ mỏi của giàn này trên cơ sở luật tổn thất tích luỹ của Miner cho thấy tuổi thọ mỏi của thanh giằng này nằm trong giới hạn hợp lý, nhưng khi kiểm tra theo quan điểm cơ học phá huỷ đã chỉ ra rằng tốc độ phát triển vết nứt ở đây quá nhanh, ngay từ giai đoạn đầu sau khi hoàn thành. Với một vết nứt xuyên hết chiều dày thành ống và dài khoảng 30 mm, tuổi thọ còn lại của thanh giằng này chỉ là gần một năm. Thanh giằng này gây đã khiến cho các thanh khác gãy rất nhanh dẫn đến mất cột đỡ và giàn bị lật chìm trong vòng 20 phút. Sau tai nạn này người ta cũng quan sát thấy các vết nứt ở cùng vị trí của các giàn cùng kiểu. Cũng cần chú ý rằng kiểu giàn này đã được thiết kế từ những năm 1960, khi đó chưa có qui định kiểm tra mỏi khi thiết kế như ngày nay.

1.3.3. Khái niệm về tính mỏi cho công trình biển

Sóng biển là một loại tải trọng lặp đi lặp lại (Hình 1-12), trong suốt quá trình hoạt động của công trình, gây ra ứng suất lặp đổi với kết cấu công trình, nếu ứng suất lặp này đủ lớn ($\sigma_i > \sigma_0$) và với một số chu trình lặp nhất định ($n > 1.000.000$) đổi với từng loại vật liệu thì công trình có thể bị phá hủy mỏi, mặc dù ứng suất gây ra mỏi còn nhỏ hơn nhiều so với ứng suất cực đại ($\sigma_i < \sigma_{max}$). Vì vậy trong tính toán công trình biển người ta thường chú ý đến 2 bài toán:

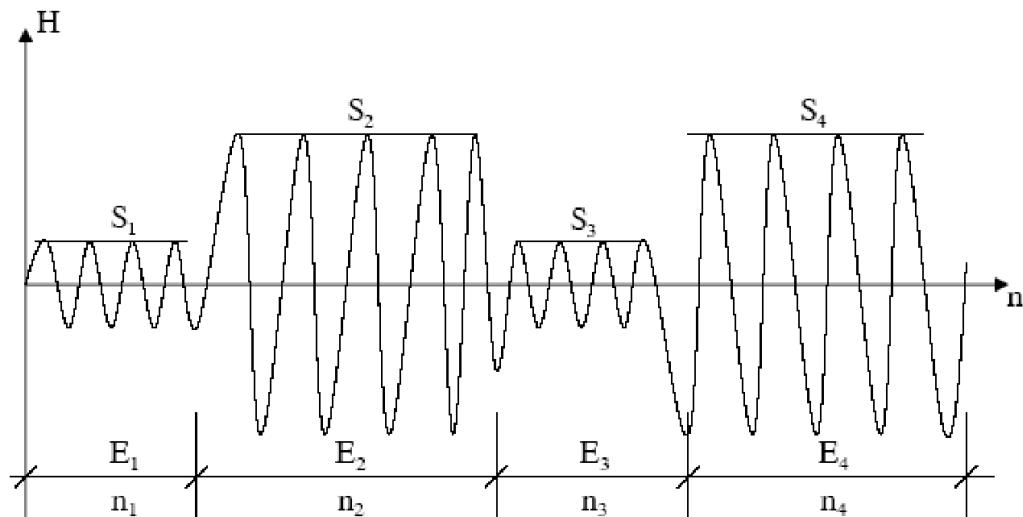
Bài toán bền:

Được tính toán theo điều kiện nguy hiểm nhất, ứng với trạng thái biển ngắn hạn (môi trường cực trị) E_{max} (H_{max} , T_{max}).

Bài toán mỏi:

- Xét đổi với tất cả các trạng thái biển ngắn hạn trong trạng thái biển dài hạn (hình 1.1) $\Sigma E_i(H_i, T_i, n_i)$ với i - Các trạng thái biển ngắn hạn khác nhau trong trạng thái biển dài hạn;

- Có mỏi tiền định hoặc mỏi ngẫu nhiên phụ thuộc vào có xét ảnh hưởng ngẫu nhiên của tải trọng vật liệu hay không.



Hình 1-12 Trạng thái biển dài hạn

Dự báo tuổi thọ mỏi của một hệ thống hoặc một phần tử tạo nên hệ thống chịu các hiện tượng mỏi do tải trọng tác dụng có chu trình trước tiên phải xác định được một trạng thái giới hạn, việc chọn trạng thái giới hạn trong nhiều trường hợp gặp khó khăn vì nó phụ thuộc nhiều yếu tố, đối với bài toán mỏi, quá trình tạo thành mỏi chia làm ba giai đoạn:

- **Giai đoạn 1:** Giai đoạn bắt đầu nứt, là vết nứt (do mỏi có thể) đó được gọi là vết nứt vĩ mô. Ngược lại với vết nứt vĩ mô ta có vết nứt vi mô là vết nứt quanh các khuyết tật, ban đầu rất khó quan sát được, dưới tác dụng của tải trọng có chu trình vết nứt mở rộng lan truyền và trở thành vết nứt vĩ mô - giai đoạn bắt đầu nứt.

- **Giai đoạn 2:** là quá trình tổn thất mỏi do sự lan truyền chậm của một vết nứt vĩ mô. Hiện tượng này chỉ xảy ra nếu vật liệu có tính đàn dẻo. Giai đoạn này cũng có ảnh hưởng quan trọng đến tuổi thọ mỏi.

- **Giai đoạn 3:** là thời gian lan truyền mạnh đột ngột các vết nứt dẫn đến phá hủy mỏi. Quan sát phá hủy mỏi của một tiết diện, trong các mẫu thí nghiệm bằng kim loại chịu tải trọng lặp khi phá hủy mỏi người ta phân ra làm hai vùng:

+ Một vùng phá hủy biểu thị bởi một bề mặt có hạt mịn;

+ Một vùng phá hủy giòn, bề mặt của tiết diện bị thu hẹp không thể chống lại tác động ngoài và bị phá hủy theo kiểu nhỏ rời hai mặt của tiết diện. Khi phá hủy mỏi, một vết nứt ban đầu xuất hiện từ một khuyết tật bề mặt, lúc đầu còn hạn chế sau đó lan truyền đến một lúc nào đó, vết nứt lan rộng rồi lại dừng, rồi lại bắt đầu phát triển. Mỗi một đợt lan truyền vết nứt được diễn tả bởi một trong những đường cong đồng tâm xuất hiện trên bề mặt tiết diện.

Nhìn chung trong thực tế một phần tử của hệ hoặc một hệ thống thường không có các vết nứt vĩ mô trong quá trình khai thác, nhưng nếu chi tiết hay phần tử chịu tác động có chu kỳ có thể phát sinh ra các vết nứt vĩ mô ban đầu (giai đoạn 1). Để xác định tổn thất mỏi của hệ thống cần xác định thời gian ban đầu xảy ra vết nứt vĩ mô đầu tiên.

1.3.4. Tính bất định trong phân tích mỏi

Trong phân tích mỏi các kết cấu công trình biển, một số biến (đại lượng) có thể được coi là xác định, chẳng hạn các kích thước hình học chủ yếu (tạo độ nút, đường kính ống, v.v), khối lượng, gia tốc trọng trường, tuổi thọ thiết kế, v.v... còn một số biến khác cần được coi là bất định.

1) Các yếu tố môi trường như chiều cao, chu kỳ và hướng sóng, hệ số trong hàm mật độ phô sóng, các tham số Weibule trong hàm phân phối chiều cao sóng và mức độ hà bám, được đánh giá chỉ dựa trên một tập số liệu hạn chế ở địa điểm đang xét.

2) Việc chọn lý thuyết sóng phụ thuộc vào nhiều yếu tố, còn các hệ số cản *CD* và hệ số quán tính *CM* trong công thức Morison biến đổi trong một miền khá rộng, phụ thuộc vào số Reynold và số Kenlegan-Carpenter và khác nhau đối với các phần tử khác nhau của kết cấu.

3) Từ công thức Morison ta cũng nhận thấy rằng đối với các kết cấu mà thành phần lực quán tính chiếm ưu thế thì lực sóng và do đó ứng suất tỷ lệ với chiều cao sóng, còn đối với các kết cấu mà thành phần lực cản chiếm ưu thế như các giàn cột định ở độ sâu nước vừa phải thì lực sóng và ứng suất lại tỷ lệ bình phương với chiều cao sóng. Do quan hệ lũy thừa, sai số nhỏ về ứng suất có thể dẫn đến sai số lớn về tuổi thọ.

4) Trong tính toán ứng suất, tính bất định có thể xảy ra khi chọn sơ đồ tính không phù hợp với kết cấu thực, đặc biệt là các liên kết.

5) Sai lệch trong gia công chế tạo có thể làm chiều dày của các phần tử kết cấu và độ lệch tâm thay đổi ngẫu nhiên trong khi đó nút của phần tử (hữu hạn) lại được tính tới tâm của mốc nối ống.

6) Hệ số đàn hồi của đất nền xung quanh cọc cần được coi là biến ngẫu nhiên do tính chất phức tạp của nó.

7) Đối với công trình bê tông cốt thép (BTCT) độ bền mỏi của chúng chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, điển hình là:

+ Đối với cốt thép: thành phần hóa học, chế độ xử lý nhiệt và cơ, tình trạng bề mặt (nhầm, xù xì, có gờ), tính đồng nhất, các điều kiện thí nghiệm nhiều thông số hay một thông số, v.v... có ảnh hưởng đến quá trình chế tạo vật liệu làm cho có sự sai lệch đáng kể đến kết quả thí nghiệm;

+ Đối với bê tông: thành phần bê tông, độ dính kết, kỹ thuật trộn và đổ bê tông, chế 7 độ bảo dưỡng, v.v...

Ngoài ra việc đánh giá độ bền mỏi của các cấu kiện còn chịu ảnh hưởng của các điều kiện thí nghiệm trên các mẫu. Đặc tính ngẫu nhiên này của hiện tượng mỏi đòi hỏi chúng ta phải nghiên cứu, thống kê các kết quả thí nghiệm. Điều đó có nghĩa là cần phải nghiên cứu tính toán xác suất thay cho tính toán tiền định bởi 3 yếu tố sau:

1) Ta cũng chưa biết chính xác cơ chế của dao động của kết cấu, nên tỷ số cản đối với các dao động khác nhau có thể lấy giá trị trong phạm vi rộng.

2) Mặc dù trong thiết kế, khói lượng trên sàn được lấy một giá trị xác định, song thực tế khói lượng này có thể thay đổi lớn do thêm bớt các máy móc, thiết bị, vật dụng và lượng chất lỏng chứa trong các kết chứa.

3) Cuối cùng là đường cong mỏi S –N và bản thân lý thuyết tồn thương tích lũy mỏi cũng là yếu tố bất định đã được trình bày ở trên. Trên đây là những nguồn gốc chủ yếu gây nên tính bất định trong bài toán phân tích mỏi, chúng có thể thuộc vào một trong ba loại bất định về vật lý, về thống kê và về mô hình toán học. Để đánh giá độ tin cậy hay xác suất phá hủy của kết cấu cần phải có những mô hình xác suất mô tả các yếu tố bất định của biến tác động và cả các yếu tố bất định của biến sức bền.

1.3.5. Phương pháp xác định trong phân tích mồi:

1) Thủ tục tính:

Phương pháp xác định (*deterministic analysis*) đang được dùng xác định tuổi thọ mồi kết cấu tàu thủy, công trình ngoài khơi. Trong các điều kiện làm việc trên biển, lực do sóng tác động đến giàn thuộc nhóm lực lặp đi lặp lại gây mồi. Cường độ và chu kỳ tác động của lực này phụ thuộc vào chiều cao và chu kỳ sóng. Thông kê dài hạn của sóng tại vùng biển trong thời hạn một năm hoặc ba năm là thông số đầu vào cần thiết cho qui trình tính gồm 6 bước dưới đây:

Bước 1: Tập hợp theo nhóm sóng tác động đến công trình, tùy thuộc vào chiều cao H_i và chu kỳ T_j , $i=1,2,\dots, j=1,2,\dots$. Số lượng sóng trong mỗi nhóm là hàm của tần suất $P_{ij} = P(H_{Si}, T_{Sj})$, đo tại mỗi vùng biển. Kết quả cách làm này cho phép nhận các trạng thái biển (H_{Si}, T_{Sj}) .

Bước 2: Xác định giá trị $n_i = f(H_{Si}, T_{Sj})$

Bước 3: *Range* ứng suất bậc thứ i , S_i căn cứ chiều cao H_{Si} , tần suất T_{Sj} : $S_i = S(H_{Si}, T_{Sj})$.

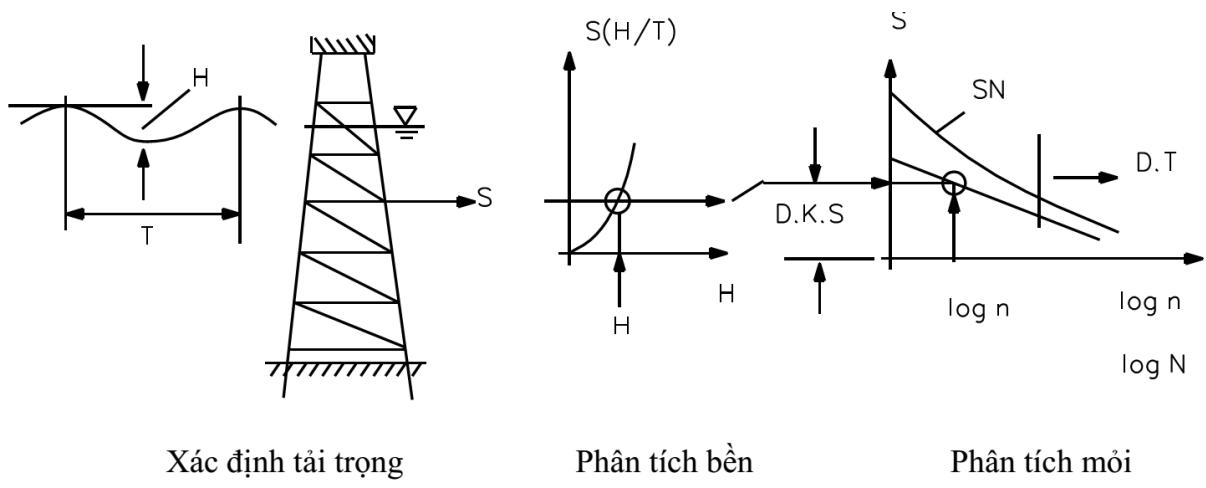
Bước 4: Xác định giá trị N_i tương ứng với S_i căn cứ đường S-N.

Bước 5: Tính tần số thương mồi theo quan hệ: n_i/N_i .

Bước 6: Tính tần số thương tích lũy: $D_R = \sum_{i=1}^K \frac{n_i}{N_i}$

Trong đó D_R tần số thương trung bình trong thời gian tham chiếu T_R .

Sơ đồ các phép tính minh họa tại Hình 1-13 dưới đây:



Xác định tải trọng

Phân tích bền

Phân tích mồi

Hình 1-13 Đánh giá độ bền mồi bằng phương pháp xác định

2) Xác định lực thủy động tác động lên công trình bằng phương pháp xác định

Lực thủy động do sóng và dòng chảy gây ra. Sóng điều hòa với chiều cao H_w , chu kỳ T được đưa vào tính đặc trưng sóng, theo lý thuyết sóng. Các sóng sau đây thường được sử dụng:

- a. sóng biên độ nhỏ, theo lý thuyết tuyến tính (sóng Airy),
- b. sóng Stokes bậc năm, cho vùng nước sâu,
- c. sóng theo thuyết Stream cho vùng nước sâu.

Dòng chảy được coi tác dụng cùng chiều với sóng trong các chương trình tính.

Lực tác động đến công trình trên biển tính theo công thức Morison nêu tại phần bổ sung, cuối chương này.

Với mỗi nút tính toán mỗi cần thiết chọn nhiều hướng sóng. Trong tính toán sử dụng chọn lựa: 4 hoặc 8 hướng sóng.

Với mỗi hướng sóng chọn lựa, thành lập hàm phân bố dài hạn xác định chiều cao và chu kỳ sóng. Trong mỗi hướng được xét hàm phân bố rời rạc hoá thành nhóm khi tính. Trong mỗi nhóm tiến hành xác định chiều cao sóng trung bình, chu kỳ trung bình ứng với chiều cao trung bình ấy.

Độ dâng mặt nước biển trong tính toán công trình ngoài khơi có thể viết dưới dạng công thức:

$$\zeta = \frac{H}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) \quad (1.1)$$

Ứng suất luôn là hàm của độ dâng sóng, do vậy sẽ là hàm của vị trí và thời gian. Điều này đòi hỏi phải tính toán ứng suất ít nhất tại hai điểm khác nhau trên sóng, cho thời điểm $t = t_0$ và $t = t_0 + T/4$. Range ứng suất cho mỗi vị trí tính của kết cấu được biểu diễn bằng công thức:

$$\Delta\sigma = 2\sqrt{[\sigma(t_0)]^2 + [\sigma(t_0 + T/4)]^2} \quad (1.2)$$

1.3.6. Phương pháp phân tích phổ:

Việc tính toán độ bền mỗi thân tàu hoặc công trình ngoài khơi bằng phương pháp phân tích phổ được thực hiện theo các bước:

Bước 1: Xác định các hướng sóng tác động đến công trình, tàu và xác suất xuất hiện chúng,

Bước 2: Với mỗi hướng sóng, xác định số trạng thái biển và phân bố dài hạn sóng theo hướng đó,

Bước 3: Sử dụng phương pháp phân tích phổ xác định phân bố ngắn hạn các đặc trưng trạng thái biển,

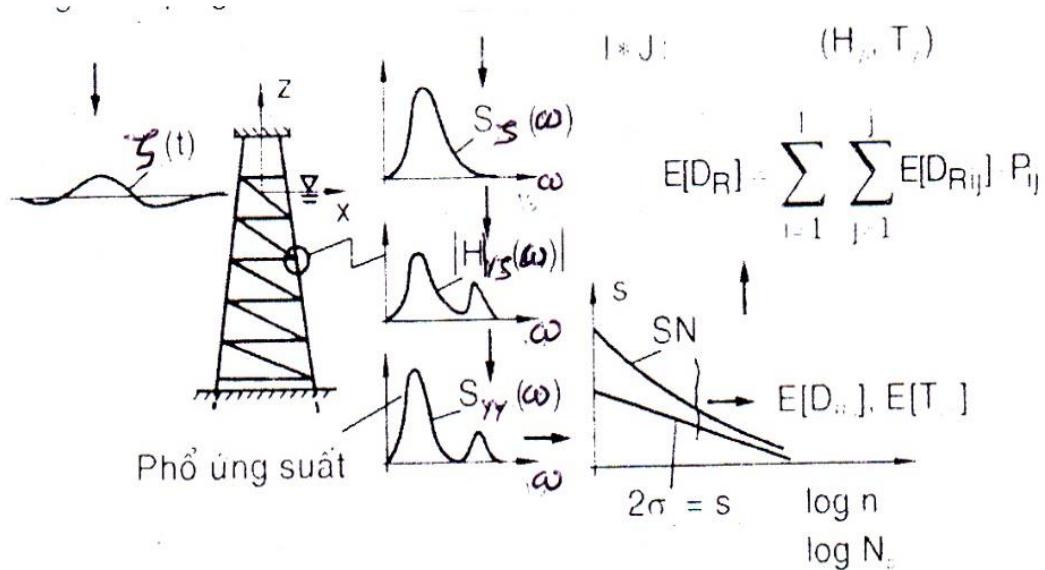
Bước 4: Xác định phân bố dài hạn các đặc trưng vùng biển,

Bước 5: Xác định phân bố range ứng suất dài hạn,

Bước 6: Tính tần số thương mỗi tích lũy.

Trên Hình 1-14 là mô hình tổng quát thể hiện trình tự giải bài toán phân tích độ bền mỏi đối với các công trình biển nói chung. Mô hình này cũng được dùng để giải quyết bài toán đánh giá độ bền và phân tích bền mỏi của các công trình biển nổi.

Trong tính toán sử dụng biểu đồ phân bố sóng scatter diagram như phương tiện miêu tả sóng biển tại vùng đang xem xét. Phổ sóng $S(\omega)$ xây dựng trên cơ sở dữ liệu đầu vào vừa nêu dùng cho các bước tính tiếp theo.



Hình 1-14 Đánh giá mỏi bằng phân tích phổ

Bằng các phép tính từ cơ học kết cấu có thể xác định ứng suất tại các nút kết cấu cần tính độ bền mỏi. Dưới tác động lực lặp đi lặp lại, mang tính ngẫu nhiên, ứng suất tính toán tại mỗi nút có tính ngẫu nhiên. Nếu coi range ứng suất tại nút tính toán là đại lượng ngẫu nhiên với hàm mật độ xác suất $P_s(S_i)$, tổn thương tổng cộng theo quan điểm Palmgren-Miner $\sum_{i=1}^K \frac{n_i}{N_i}$ được viết thành:

$$D = \int_0^\infty \frac{N.P_s(S_i) dS}{N(S_i)} \quad (1.3)$$

Dưới dạng hàm rời rạc:

$$D = \sum \frac{N.P_s(S_i) \Delta S}{N(S_i)} \quad (1.4)$$

N được tính bằng $N = a / S_N^{-m}$, còn $N(S_i)$ được tìm dưới dạng a / S_i^{-m} , hàm D được viết thành:

$$D = \frac{N}{a} \int_0^\infty S^{-m} P_s(S) dS \quad (1.5)$$

$$\text{hoặc là } D = \frac{N}{a} E S^{-m} \quad (1.6)$$

trong đó kỳ vọng toán của biến ngẫu nhiên S^m : $E(S^m) = \int_0^\infty S^m P_S(S) dS$

Với giả thuyết ứng suất tuân thủ luật Weibull, hàm mật độ tính theo công thức:

$$P_S(S) = \frac{\xi S^{\xi-1}}{\lambda^\xi} \exp\left(-\frac{S}{\lambda}\right)^\xi \quad (1.7)$$

Hàm D trở thành:

$$D = \frac{N}{a} \int_0^\infty S^m \frac{\xi}{\lambda} \left(\frac{S}{\lambda}\right)^{\xi-1} \exp\left(-\frac{S}{\lambda}\right)^\xi dS \quad (1.8)$$

$$\text{hay } D = \frac{N}{a} \lambda^m \int_0^\infty S^{(1+m/\xi)-1} e^{-S/\lambda} dS = \frac{N}{a} \lambda^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.9)$$

Và

$$E(S^m) = \lambda^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) E(S^m) = \lambda^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.10)$$

$$\text{hay } E(S^m) = \lambda^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.11)$$

Từ lý thuyết xác định xác suất để range ứng suất lớn hơn hoặc bằng giá trị lớn nhất S_{cmax} trong tổng số N chu trình là $1/N$. Xác suất để range ứng suất vượt quá giá trị cho trước S_c phải là $\exp\left(-\frac{S_c}{\lambda}\right)^\xi$.

$$\lambda^\xi = \frac{S_{cmax}^\xi}{\ln(N)} \quad (1.12)$$

Nếu gọi số chu trình vượt quá giá trị S_c là N_c , có thể viết:

$$S_c = S_{max} \left(1 - \frac{\ln(N_c)}{\ln(N)}\right)^{1/\xi} \quad (1.13)$$

Các biểu thức tính E và D:

$$E(S^m) = \frac{S_c^m}{(\ln N)^{m/\xi}} \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.14)$$

$$D = \frac{N}{a} \frac{S_c^m}{(\ln N)^{m/\xi}} \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.15)$$

Như vậy thủ tục tính tần số thương mồi được trình bày như sau:

- Bước 1: Xác định các tham số ξ , λ hàm phân bố Weibull của *range ứng suất*,
 Bước 2: Xác định tổng số chu trình ứng suất N trong khoảng thời gian T_R ,
 Bước 3: Xác định S_{cmax} theo phân bố của range ứng suất,
 Bước 4: Xác định a và m cho đường $S-N$ được chọn,
 Bước 5: Tính $\dot{\tau}$ tôn thương tích lũy:

$$D = \frac{N}{a} \frac{S_c^m}{(LnN)^{m/\xi}} \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.16)$$

hoặc

$$D = \frac{N}{a} \lambda^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.17)$$

1.4. Các phương pháp xác định $\dot{\tau}$ tôn thương mỏi

1.4.1. *Tổn thương mỏi trong một chu trình ứng suất*

Xét trường hợp ứng suất nút kết cấu là quá trình giải hẹp, thay vì xét hàm Weibull trong trường hợp tổng quát, sử dụng hàm phân bố xác suất Rayleigh:

$$P_s(S) = \frac{S}{\sigma_s^2} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{S^2}{\sigma_s^2}\right) \quad (1.18)$$

Range ứng suất cục bộ lớn nhất S_c tính cho trường hợp có xét hệ số tập trung ứng suất SCF:

$$Sc = 2.S_a.SCF \quad (1.19)$$

trong đó S_a – biên độ ứng suất danh nghĩa.

$$E(S^m) = \left(2\sqrt{2}.SCF.\sigma_s\right)^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.20)$$

trong đó σ_s – độ lệch chuẩn của ứng suất như một quá trình ngẫu nhiên.

1.4.2. *Tổn thương mỏi cho một trạng thái biến ngắn hạn.*

Trung bình $\dot{\tau}$ tôn thương mỏi tính cho trạng thái biến xác định với số chu trình n_s :

$$E(S^m) = n_s \cdot \left(2\sqrt{2}.SCF.\sigma_s\right)^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.21)$$

Với quá trình dải hẹp số chu trình n_s xác định bằng biểu thức:

$$n_s = \frac{T_s}{T_0} \quad (1.22)$$

trong đó T_s - khoảng thời gian của trạng thái biển đang xét,

T_0 - trung bình chu kỳ tính qua trực ngang của quá trình ứng suất, tính theo công thức:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{m_0/m_2} \quad (1.23)$$

1.4.3. Tần thương mỗi trong khoảng thời gian dài

Trong khoảng thời gian dài, dưới tác động nhiều trạng thái biển khác nhau, tần thương mỗi được tính như tổng các tần thương. Giả sử, dưới tác động lớp sóng (H_{Vi}, T_{Vj}), tính cho khoảng thời gian tham chiêm T_R , phần tần thương mỗi có thể xác định là $E[D_{Rij}]$. Tính cho mọi trạng thái biển, trong suốt thời gian T_R , tần thương mỗi tổng cộng sẽ là:

$$E[D_R] = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J E[D_{Rij}] P_{ij} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} \left(\sum_{l=1}^L \frac{1}{N_l} P_{lij} \right) P_{ij} \quad (1.24)$$

trong đó $P_{ij} = P[H_{Vi}, T_{Vj}]$, xác suất xuất hiện lớp sóng I, J , và $P_{lij} = P[S_l | (H_{Vi}, T_{Vj})]$, xác suất xuất hiện giá trị s của range ứng suất, trong miền S_l . Số lần sóng xuất hiện trong lớp sóng đang xét được ký hiệu bằng n_{ij} .

Với các quá trình mang tính chất dải hẹp thuật toán xác định độ bền mỗi kết cấu giàn khoan nỗi như sau:

Bước 1: Xác định $E[S^m]$ theo công thức (9.40),

Bước 2: Xác định n_s ,

Bước 3: Tính $E[D_R]$ cho một trạng thái biển, theo công thức (9.42)

Quá trình trên được lặp lại cho mọi trạng thái biển, mọi hướng sóng.

1.5. Kết luận chương 1

Tóm lại, chương 1 trình bày tổng quan các dạng công trình biển phổ biến trên thế giới nói chung và tại Việt Nam nói riêng, đặc biệt là các công trình phục vụ khai thác dầu khí. Trên cơ sở lý thuyết chung về phân tích độ bền, đánh giá tuổi thọ mỗi của công trình tiến tới áp dụng cho các công trình ngoài khơi, trong đó có giàn khoan tự nâng.

Các phương pháp xác phân tích mỗi được sử dụng thông thường gồm: Phương pháp tất định và phương pháp phân tích phô. Việc xác định tần thương mỗi tích lũy có thể thực hiện trong một chu trình ứng suất, theo trạng thái biển ngắn hạn và trạng thái biển dài hạn.

CHƯƠNG 2. ĐÁNH GIÁ TẢI TRỌNG SÓNG BIỂN TÁC DỤNG LÊN KẾT CẤU CÔNG TRÌNH BIỂN

Các biển và đại dương bao quanh trái đất chiếm xấp xỉ 70% diện tích địa cầu, có ảnh hưởng quyết định đến thời tiết, gây tác động môi trường, ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống động thực vật và con người khắp hành tinh.

Địa cầu đường kính 12.756km tại mặt qua xích đạo, còn qua mặt cắt theo hướng bắc – nam giá trị này là 12.714 km. Diện tích toàn bộ mặt cầu $509,859 \times 10^6$ km². Phần lớn mặt địa cầu được ba đại dương chia nhau bao phủ: Thái Bình Dương, Đại Tây Dương và Ấn Độ Dương. Các biển khác cùng góp sức với ba người khổng lồ trên chiếm cứ $361,059 \times 10^6$ km², tức 70% diện tích mặt địa cầu. Người ta tính rằng độ sâu trung bình của biển là 3.795m, nhưng trong thực tế con số này chỉ giúp cho việc xác định khối nước khổng lồ các đại dương. Nơi sâu nhất của hành tinh là Challenger Deep thuộc Thái Bình Dương, với chiều sâu đã xác định 11.033m. Điều bạn đọc cần quan tâm là độ sâu thực tế các vùng biển và đặc biệt phần biển trên thềm lục địa, những đặc khu kinh tế, nơi bạn cần đặt những công trình khai thác tiềm năng của đại dương. Theo Bảng 2-1 dưới đây chúng ta có được bức tranh toàn cảnh của tình hình nước biển trên toàn thế giới.

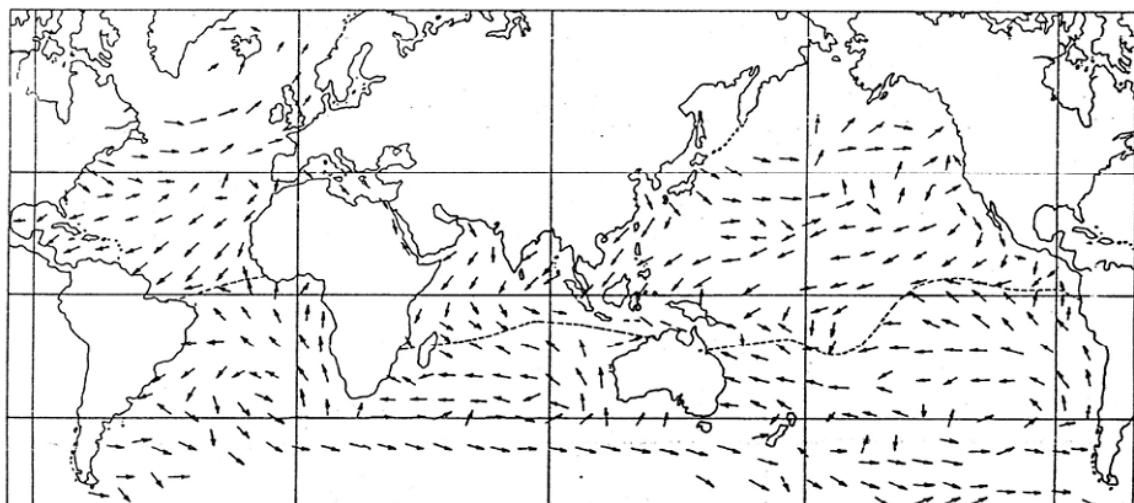
Bảng 2-1 Thông số biển trên toàn thế giới

Tên gọi	Diện tích (10^6 km ²)	Khối nước (10^6 km ³)	Chiều sâu trung bình (m)
Đại Tây dương(không tính các biển khác)	82,441	323,613	3926
Thái Bình dương(không tính các biển khác)	165,246	707,555	4282
Ấn Độ dương(không tính các biển khác)	73,443	291,030	3963
Đại Tây dương(cùng các biển liền nó)	106,463	354,679	3332
Thái Bình dương(cùng các biển liền nó)	179,679	723,699	4028
Ấn Độ dương(cùng các biển liền nó)	74,917	291,945	3897
Biển Bắc	14,090	16,980	1205
Biển tại Bắc Mỹ	4,319	9,573	2216
Địa Trung hải và Biển Đen	2,966	4,238	1429
Biển vùng Á châu	8,143	9,873	1212
Biển Baltic	0,422	0,023	55

Vịnh Huston	1,232	0,158	128
Biển Irish	0,103	0,006	60
Vịnh St Lawrence	0,238	0,030	127
Biển Andaman	0,798	0,694	870
Biển Bering	2,268	3,259	1437
Biển Okhost	1,528	1,279	838
Biển Nhật bản	1,008	1,361	1350
Biển Đông	1,249	0,235	188
Vịnh California	0,162	0,132	813
Tổng cộng các biển	361,059	1370,323	3795

Để dễ hình dung hướng gió trên các đại dương, chúng ta có thể xem một bản đồ gió lập cho tháng giêng dưới đây, Hình 2-1 . Cường độ gió thể hiện bằng chiều dài đoạn thẳng, hướng gió thể hiện qua mũi tên.

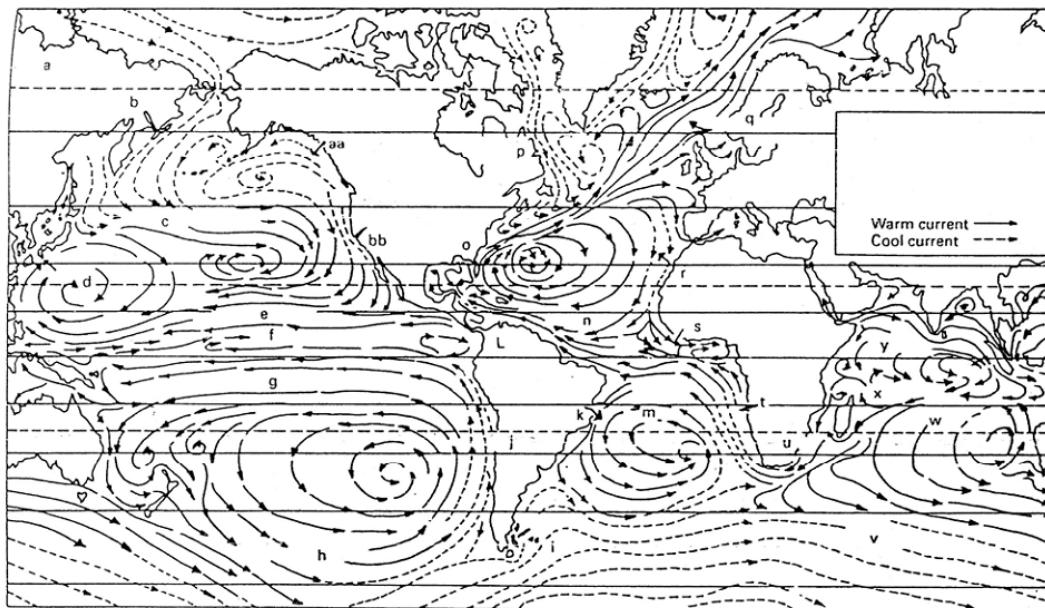
Gió từ khí quyển ảnh hưởng trực tiếp đến chuyển động nước biển, cả về mặt dịch chuyển và mặt tác động mang tính động của sóng nước. Ảnh hưởng nữa của gió và các yếu tố khác góp phần làm cho nước biển lưu chuyển, dưới dạng các dòng hải lưu trong các đại dương.



Hình 2-1 Bản đồ gió

Bản đồ miêu tả các dòng hải lưu lớn được in lại tại Hình 2-2. giúp chúng ta hiểu hơn về các chuyển động này. Ảnh hưởng dễ nhận biết nhất của hải lưu là làm thay đổi khí hậu vùng bờ gần dòng chảy. Ví dụ cổ điển là hải lưu Gulf Stream và North Atlantic, mang nước ấm từ vùng nhiệt đới đến bờ biển vương quốc Anh và làm cho vùng này ấm mịn dù UK nằm ở vĩ độ cao. Vận tốc các dòng này thay đổi giữa 0,25 m/s đến 0,75 m/s tại mặt đại dương. Những vùng sát bờ biển vận tốc dòng

có thể tụt xuống 0,15 m/s hoặc lên đến 2,5 m/s tại những vị trí cá biệt. Vận tốc dòng chảy thay đổi cả giá trị tuyệt đối và cả hướng khi xuống sâu dưới mức mặt thoáng. Chiều sâu biển tăng, vận tốc dòng giảm và vận tốc này bằng 0 tại đáy biển vì có ảnh hưởng của lớp biển.



Hình 2-2 Bản đồ hải lưu

Có thể nhận xét rằng, các dòng trên mặt biển đầu tiên xuất hiện do gió và thủy triều. Dòng lưu chuyển của gió dưới dạng các xoáy lớn làm xô mặt biển, đẩy nước dạt về hướng trùng với vector gió. Vận tốc các phần tử nước trên mặt biển bị dạt với vận tốc chừng 1-2% vận tốc gió song cũng đủ để bắt nước chuyển động. Dòng chảy này giảm dần theo chiều sâu nước, và dưới 100m nước khó có thể nhận thấy dòng chảy này. Dòng chảy lung chừng độ sâu của biển và gần đáy biển do những nguyên nhân vật lý biển, chủ yếu do sự thay đổi mật độ nước theo độ sâu, thay đổi nhiệt độ trong lòng nước và độ mặn của nước biển. Có thể hình dung tiếp bức tranh theo cách sau, nước biển bị làm lạnh do khí hậu lạnh vùng cực chìm xuống sâu, đi dần dần xuống đáy biển và theo xu hướng trôi về vùng xích đạo. Nước này hòa lẫn với nước ấm hơn tại vùng xích đạo, bị ấm dần lên, thay đổi mật độ và nhoi dần lên mặt biển. Cách làm này làm cho dòng chảy của nước các tầng trên chảy theo chiều từ xích đạo về cực địa cầu.

Thủy triều trên các biển có được chủ yếu do thay đổi lực hấp dẫn giữa mặt trăng và mặt trời. Tuy cùng bị tác động của lực hấp dẫn hai hành tinh này, mức thủy triều tại các vị trí khác nhau trên trái đất không giống nhau. Đó là do những nhân tố khác ngoài mặt trăng và mặt trời như địa hình, lớp dày, mỏng của địa tầng vv... Mức lên xuống của thủy triều tại một số vùng nhất định đạt giá trị đáng kể, song tại nhiều vùng khác trên thế giới này, mức đó không lớn lắm. Người ta đo được sự thay đổi mức nước do thủy triều gây, từ mức zero, gọi là điểm nút, đến mức cao nhất trong chu kỳ là 15m hoặc có nơi cao hơn nữa. Nhìn chung, thủy triều đặc trưng trên các biển là mức dao động mặt nước từ 1m đến 3m.

Các lớp nước trên bề mặt và các lớp nước kề cận còn tham gia vào các chuyển động dao động, thường do lực trọng trường gây ra. Một số các chuyển động mang tính dao động của nước biển với biên độ lớn hoặc rất lớn còn do động đất ngầm dưới đáy biển gây nên. Người ta gọi đây là những con “sóng thần” trong tiếng Việt hay tsunamis, cải biến từ tiếng Nhật. Vành đai Thái Bình Dương thường bị những cơn sóng thần tác động.

2.1. Phân tích tải trọng gió:

Cơ cấu làm việc của gió trên biển khá phức tạp. Gió có vai trò quan trọng đối với độ bền kết cấu và ổn định tàu, công trình biển. Áp lực môi trường lên tàu nặng nhất từ phía gió. Lực do gió gây ra trên các công trình biển chiếm đến 15% tổng các lực thủy khí gồm sóng, gió, dòng chảy.

2.1.1. Tốc độ gió và phân bố tốc độ (thang Beaufort)

Tốc độ gió trên biển được tính theo đơn vị đo tốc độ hoặc đọc từ thang cấp gió. Cách dùng thông dụng trên thế giới là sử dụng thang cấp gió để miêu tả trạng thái gió trên biển. Thang cấp gió đầu tiên được lập từ năm 1802, còn tác dụng đến ngày nay. Thang gió mang tên nhà nghiên cứu khí tượng thủy văn Beaufort gồm 12 cấp. Năm 1926 hội nghị quốc tế về khí tượng thủy văn chính thức hóa thang độ Beaufort và từ đó trở thành thang gió dùng chính thức trong nhiều nước. Việt nam đang áp dụng thang gió B gồm 12 cấp năm 1926, theo Bảng 2-2.

Bảng 2-2 Thang gió Beaufort

Cấp gió	Tên gọi	Vận tốc [m/s]	Vận tốc [HL/h]
0	Lặng gió (calm)	$0 < 0,3$	< 1
1	Gió rất yếu (light airs)	$0,3 < 1,6$	$1 < 4$
2	Gió yếu (light breeze)	$1,6 < 3,4$	$4 < 7$
3	Gió nhẹ (gentle breeze)	$3,4 < 5,5$	$7 < 11$
4	Gió vừa (moderate breeze)	$5,5 < 8,0$	$11 < 17$
5	Gió tương đối mạnh (fresh breeze)	$8,0 < 10,8$	$17 < 22$
6	Gió mạnh (strong breeze)	$10,8 < 13,9$	$22 < 28$
7	Gió rất mạnh (moderate gale)	$13,9 < 17,2$	$28 < 34$
8	Gió dữ dội (fresh gale)	$17,2 < 20,8$	$34 < 41$
9	Bão (strong gale)	$20,8 < 24,5$	$41 < 48$
10	Bão mạnh (whole gale)	$24,5 < 28,5$	$48 < 56$
11	Bão rất mạnh (storm)	$28,5 < 32,7$	$56 < 64$
12	Bão trên cấp 12 (hurricane)	$> 32,7$	> 64

Gió sinh ra trong điều kiện có chênh lệch áp lực khí quyển. Chuyển động các luồng khí đi từ vùng áp suất cao đến miền áp suất thấp hơn. Và như vậy các cơn bão xuất hiện chủ yếu tại các vùng áp suất bị hạ và gió tác động dưới dạng các dòng xoáy có đường kính từ vài trăm mét tới 2 - 3 km. Bão vùng biển nhiệt đới thường có cường độ rất mạnh. Vận tốc trung bình bão nhiệt đới đạt đến 50 m/s. Có những cơn bão vận tốc gió đạt đến 90 - 100 m/s. Bão Bắc Đại Tây dương có vận tốc gió ít khi vượt 50 - 60 m/s.

Số lần bão trong năm không đều nhau trên các đại dương, số lần thường thay đổi theo năm. Bình quân vùng nhiệt đới của Đại Tây dương có từ 12 đến 14 trận bão, còn trên Thái Bình dương con số này đến 20.

2.1.2. Cấu trúc của gió.

Gió thổi theo cơn. Độ dài cơn gió có thể chỉ vài mươi giây đồng hồ và có cơn còn ngắn hơn. Gió không chỉ thay đổi theo vận tốc mà hướng tác động cũng luôn thay đổi, trong phạm vi nhất định. Gió tác động đến tàu không phải với vận tốc cố định mà luôn thay đổi, áp lực từ đó cũng thay đổi, tùy thuộc vận tốc, hướng. Gió tác động lên thành tàu theo cách vừa nêu, có thể hình dung, gần như dưới dạng xung. Thời gian tác động của xung $t_0 \neq 0$, cần xác định với mức chính xác tương đối trong mô hình gió. Thời gian t_0 có thể xác định xấp xỉ một nửa chu kỳ lắc ngang của tàu:

$$t_0 \approx 0,5 T_\varphi \quad (2.1)$$

Vận tốc gió phân bố theo luật nhất định, theo chiều cao, tính từ mặt biển, $\bar{u}_z = 2,5U \left\{ \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) + \frac{5,75z}{h} \right\}$ (m/s), trong đó u_z tính cho độ cao z , trên mặt biển; U – vận tốc không khí tính bằng $V_{10}/2,5\ln(10/z_0)$, m/s; z tính bằng m; h – chiều cao lớp biển = $u/6f_C$, m; f_C – thông số mang tên Coriolis tính bằng $2\Omega\sin\phi$, rad/s; với Ω – vận tốc quay trái đất = $72,9 \times 10^{-6}$ rad/s; và ϕ – vĩ độ, độ.

Thay đổi vận tốc gió kéo theo thay đổi áp lực gió tác động lên thành tàu. Phân bố vận tốc gió trong mỗi cơn gió tính theo công thức tuyến tính hóa:

$$u = u_0 + at \quad (2.2)$$

trong đó u_0 – vận tốc thấp nhất, còn a – hệ số tăng của vận tốc gió.

$$a = 2 \cdot \frac{u_{tb} - u_0}{t_0} = \frac{4}{T_\varphi} \cdot \Delta u \quad (2.3)$$

Trường hợp biết được vận tốc trung bình có thể xác định hệ số động của gió theo công thức:

$$k = 1 + \frac{1}{4} a \cdot \frac{T_\varphi}{u_0} \quad (2.4)$$

Khi tính vận tốc gió cho trường hợp cụ thể, hệ số k được đưa vào các phép hiệu chỉnh. Giới hạn của k phải được đề cập trong các qui định của tiêu chuẩn.

Một số cơn gió mạnh đã xuất hiện trong vài chục năm gần đây được ghi lại như sau. Ngày 5 tháng 12 năm 1929 bão dài ngày ở nước Anh. Đến ngày 8/12 vận tốc gió đạt trung bình 55 m/s (xấp xỉ 200 km/h). Cơn bão làm hư hại khoảng 600 tàu lớn, nhỏ, trong đó một ụ nồi 11.000 tấn và hai tàu trọng tải cỡ 8.000 tấn đã chìm. Theo ghi nhận của thủy thủ đoàn trên một tàu tuần dương quanh quần gần khu vực bão, sóng biển cao đến 10m, dài cả trăm mét.

Đầu tháng 10/1961 cơn bão phía Nam bờ biển Hoa Kỳ với gió đạt đến 225 km/h làm hư hại một thị trấn ven biển. Cùng năm đó cơn bão đổ bộ vào Nhật Bản với sức gió trên 300 km/h (83m/s) làm hư hại nhà cửa trên bờ, chìm hàng ngàn tàu thuyền trên biển. Cũng cần nhớ lại những cơn bão mạnh tràn vào Nhật Bản vài năm trước đó đã cướp đi gần 5.000 tàu thuyền, trong đó gần 1.000 chiếc chìm tại chỗ, 130 chiếc bị thổi lên bờ và gấp đôi số này bị coi là mất tích.

Cơn bão số 5 (mang tên Linda) xuất hiện không bình thường tại vùng biển Nam Việt nam cuối tháng 10 đầu tháng 11 năm 1997 với sức gió chỉ đến cấp 10°B song đã cướp đi trên bốn ngàn tàu cá cỡ nhỏ và vừa, và đau xót hơn cả làm chết và mất tích nhiều ngàn ngư phủ. Trong số tàu thuyền đánh cá cỡ nhỏ bị chìm do bão, số lớn bị lật ngay tại bãi đậu tàu, ngay trong cảng cá.

Những con số thống kê minh chứng, gió trên biển, đặc biệt gió trong cơn bão luôn là tác nhân đáng sợ gây ra tai nạn vì mất ổn định tàu.

Trong mọi tiêu chuẩn đóng tàu, hạn chế vùng hoạt động của cáp tàu liên quan mật thiết đến cấp gió, vận tốc gió.

Thực tế khi tính toán người thiết kế có thể căn cứ vào thang gió 12 cấp (thang Beaufort) để tìm đọc giá trị trung bình của vận tốc gió và áp lực gió. Giá trị dùng trong tính toán có thể tham khảo Bảng 2-3 sau.

Bảng 2-3 Vận tốc gió, áp lực gió theo Beaufort

B W	Cấp biển	Tên gọi	Vận tốc [m/s]		Ap lực [kG/m ²]	
			Trung bình	Cơn giật	Trung bình	Cơn giật
0	0	Lặng gió	0 < 0,3	1,0	0	0,1
1		Gió rất yếu	0,3 < 1,6	3,2	0,2	0,8
2	1	Gió yếu	1,6 < 3,4	6,2	0,9	3,1
3	2	Gió nhẹ	3,4 < 5,5	9,6	2,2	7,5
4	3	Gió vừa	5,5 < 8,0	13,6	4,5	15,0
5	4	Gió tương đối mạnh	8,0 < 10,8	17,8	7,8	25,7
6	5	Gió mạnh	10,8 < 13,9	22,2	12,5	40,0
7	6	Gió rất mạnh	13,9 < 17,2	26,8	18,8	58,4

8	7	Gió dữ dội	17,2 20,8	<	31,6	27,0	81,3
9	8	Bão	20,8 <24,5		36,7	37,5	109,7
10	9	Bão mạnh	24,5 28,5	<	42,0	51,1	143,5
11		Bão rất mạnh	28,5 32,7	<	47,5	68,4	183,5
12		Bão trên cấp 12	> 32,7		53,0	89,5	229,0

Tài liệu tham khảo về áp lực gió qui ước trong luật đóng tàu các nước được trích lại dưới đây như tài liệu so sánh.

Tàu khách theo qui ước của người Nhật bản:

$p = 77 \text{ kG/m}^2$ đối với tàu hoạt động vùng không hạn chế,

$p = 41 \text{ kG/m}^2$ đối với tàu hoạt động vùng ven biển, chạy quá hai giờ,

$p = 26 \text{ kG/m}^2$ đối với tàu hoạt động vùng ven biển, chạy không quá hai giờ.

Người Mỹ qui ước áp lực gió cho tàu khách theo hạn định:

$p = 54 \text{ kG/m}^2$ đối với tàu chiều dài $L = 20\text{m}$,

$p = 55 \text{ kG/m}^2$ đối với tàu chiều dài $L = 40\text{m}$,

$p = 56 \text{ kG/m}^2$ đối với tàu chiều dài $L = 60\text{m}$.

Người Trung Hoa đề nghị sử dụng giá trị qui ước sau cho tàu làm việc vùng hạn chế I, cách cảng mè không quá 200 hải lý theo Bảng 2-4:

Bảng 2-4 Bảng tra áp suất gió theo cao độ mặt hứng gió

Z	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
P	96	118	130	137	144	150	150

2.1.3. Lực gió tác dụng lên kết cấu dạng khối lớn

Đối với các kết cấu nổi dạng khối lớn như tàu thuỷ, tàu khoan, v.v..., để tính toán lực gió lên phần kết cấu nằm phía trên mặt nước người ta sử dụng công thức của Hughes:

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot V^2 \frac{A \sin^2 \psi + B \cos^2 \psi}{\cos(\alpha - \psi)}$$

trong đó:

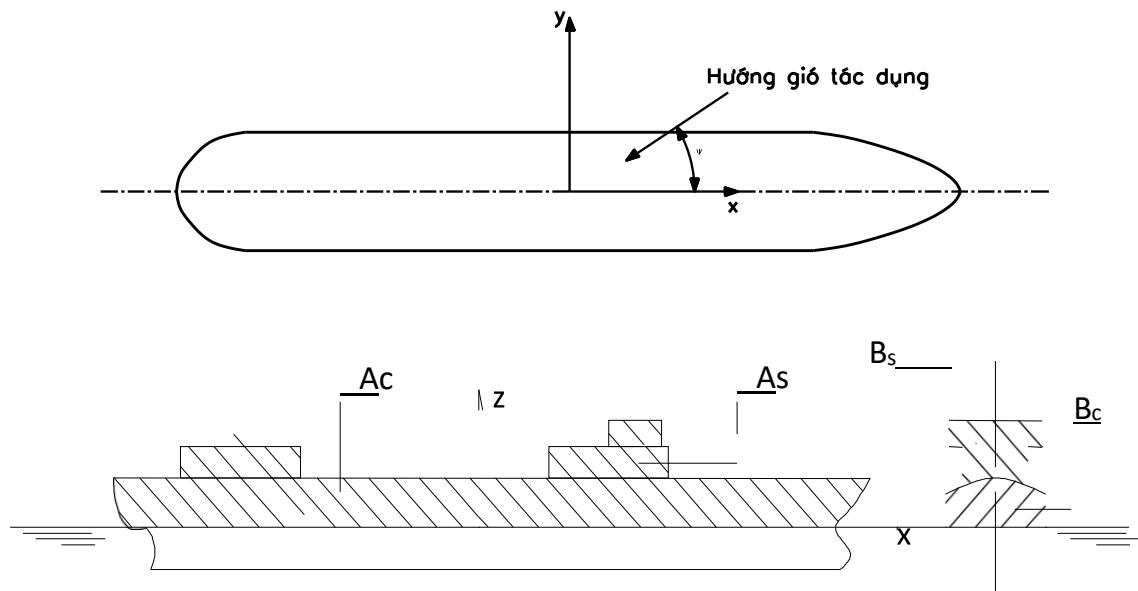
C_x - hệ số cản vận tốc phụ thuộc góc ψ ;

ψ - góc tới của gió so với trực dọc của tàu;

ρ - khối lượng riêng của không khí;

V- vận tốc gió tại vị trí trọng tâm của hình chiếu diện tích bề mặt hứng gió lên mặt phẳng vuông góc với hướng gió thổi;

α - góc giữa hướng tác dụng của lực gió so với trực dọc của tàu (trường hợp tổng quát α



Hình 2-3 Các mặt đón gió của tàu

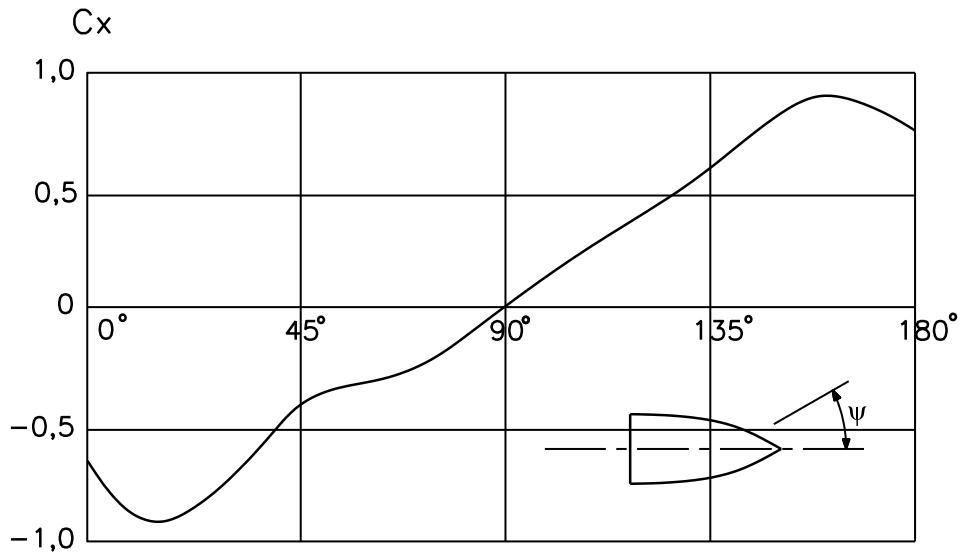
A- diện tích hình chiếu phần kết cấu thân tàu nằm phía trên mực nước lên mặt phẳng dọc tâm tàu ($A = AC + AS$)

$$B = B_S + 0,3 \cdot B_C$$

B_S – diện tích hình chiếu kết cấu thượng tầng của tàu (phần kết cấu nằm phía trên boong chính) lên mặt phẳng đứng vuông góc với trực dọc thân tàu;

B_C – diện tích hình chiếu của phần thân tàu nằm giữa đường mực nước và boong chính lên mặt phẳng đứng vuông góc với trực dọc thân tàu.

Trên Hình 2-4, biểu diễn hệ số cản C_x phụ thuộc góc thổi của gió lên tàu khoan.



Hình 2-4 Hệ số cản C_x phụ thuộc góc thổi của gió

Chương trình tính toán lực gió tác dụng lên kết cấu khói lớn được nhóm nghiên cứu viết trên nền của phần mềm MATLAB với dữ liệu vào như sau:

```
%=====
% CHUONG TRINH TINH TOAN LUC DO GIO TAC DUNG LEN TAU BIEN
%=====
% NHAP CAC THONG SO CO BAN
Ac = 173.5*(12-4); % Dien tich mat hung gio doc tam phan than chinh (m2)
As = 35*10; % Dien tich mat hung gio doc tam phan thuong tang (m2)
Bc = 25*(12-4); % Dien tich hinh chieu canh mat hung gio phan than chinh (m2)
Bs = 14*14; % Dien tich hinh chieu canh mat hung gio phan thuong tang (m2)
V = 49; % Van toc gio (m/s)
rho = 1.2; % Khoi luong rieng cua khong khi (kg/m3)
alpha = 45; % Goc giua huong tac dung cua luc gio so voi truc doc cua tau
(do)
g = 9.81; % Gia toc trong truong (m/s2)
=====
```

Kết quả tính toán cho góc gió $\alpha = 45^\circ$, góc $\psi = 0 \div 180^\circ$ như sau:

```
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 0 do = -339009.39
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 10 do = -469038.59
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 20 do = -617051.88
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 30 do = -700780.44
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 40 do = -629884.75
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 50 do = -556802.18
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 60 do = -611854.59
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 70 do = -611221.04
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 80 do = -418378.58
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 90 do = 0.00
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 100 do = 594695.60
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 110 do = 1503075.82
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 120 do = 3196861.38
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 130 do = 10096995.85
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 140 do = -9861410.40
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 150 do = -2894318.68
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 160 do = -1306503.84
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 170 do = -654174.37
Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 180 do = -396380.21
Luc gio lon nhat tac dung len ket cau khoi lon Fw_max (kN) = 99051.53
```

Giá trị áp lực gió lớn nhất $F_{w_max} = 99051.53$ kN ứng với $\psi = 130^\circ$.

2.2. Phân tích dữ liệu dòng chảy.

Lực do dòng chảy tác động lên kết cấu trên biển giống về bản chất như gió tác động lên phần hứng gió của kết cấu, do vậy cách tính lực không khác cách làm đã trình bày. Điểm khác cẩn bản giữa hai loại dòng này là, với dòng thủy lưu không xét đến hiện tượng “giật” như gió. Vận tốc dòng chảy thường nhỏ hơn nhiều so với vận tốc gió, như đã trình bày dưới 2,5 m/s trên mặt, tuy nhiên mật độ nước cao hơn nhiều lần so với mật độ không khí, do vậy lực thủy động của dòng chảy có giá trị không nhỏ. Khi tính sức cản mà vật thể chặn ngang dòng chảy gây ra, cần thiết tính cả sức cản ma sát, sức cản áp lực cũng như sức cản du.

Dòng chảy của nước biển là tổng cộng của các dòng chảy sau:

- dòng chảy tuần hoàn thường xuyên của nước biển do đặc điểm địa hình gây nên;

dòng chảy do gió: liên hệ trực tiếp với các đặc trưng của gió; vận tốc của dòng chảy này trên mặt nước = (1- 3)% vận tốc gió, hướng có thể tạo với hướng gió 1 góc 45° , chỉ ảnh hưởng đến 1 lớp nước bề mặt độ dày một vài m.

dòng chảy do triều: thay đổi cả về vận tốc và hướng theo chu kỳ 12h hoặc 24h.

2.2.1. Vận tốc dòng chảy

Trường hợp không có số liệu đo dòng chảy tại vị trí xây dựng, có thể xác định vận tốc dòng chảy tổng cộng ở độ cao z so với mặt nước tĩnh theo công thức sau:

$$V(z) = V_{triệu}(z) + V_{gió}(z)$$

trong đó:

$$V_{triệu}(z) = V_{trieu} \left(\frac{d+z}{d} \right)^{1/7} \text{ với } z \leq 0$$

Vận tốc dòng chảy do gió:

$$V_{gió}(z) = 0 \quad \text{khi } z < -d_0$$

$$V_{gió}(z) = V_{gio} \left(\frac{d_0 + z}{d_0} \right) \text{ khi } 0 \leq z \leq -d_0$$

với $V_{triệu}$ – vận tốc của dòng chảy trên mặt nước do triều gây ra

$V_{gió}$ – vận tốc của dòng chảy trên mặt nước do gió gây ra

d - độ sâu nước

$d_0 = 50$ m theo Qui phạm DNV

z - khoảng cách tính từ mặt

Trong các công thức trên, vận tốc dòng chảy được tính toán trong hệ toạ độ oxyz có mặt phẳng oxy trùng với mặt nước tĩnh, trục z hướng lên trên (Hình 2-5).

Vận tốc dòng chảy do gió $V(z)$ phụ thuộc vào thời gian gió thổi và độ sâu nước.

2.2.2. Lực dòng chảy tác dụng lên kết cấu hình dạng đơn giản

$$F_c = \frac{1}{2} \rho \cdot C \cdot A \cdot V_c^2 \sin \psi$$

Trong đó: F_c - lực dòng chảy đặt tại trọng tâm phần diện tích bề mặt phần tử kết cấu nằm trong nước;

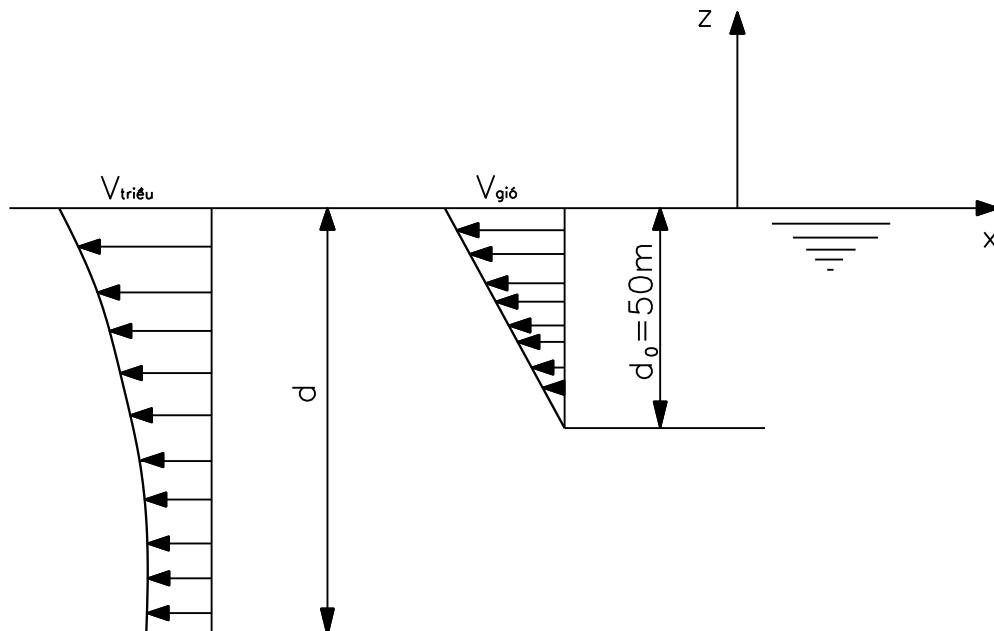
ρ - khối lượng riêng của nước;

A - hình chiếu diện tích bề mặt ướt của phần tử kết cấu lên mặt phẳng vuông góc với phương của dòng chảy;

C - hệ số cản vận tốc (lấy tương tự như đối với gió)

ψ - góc hợp bởi hướng của vận tốc dòng chảy và trục của phần tử kết cấu

V_c - vận tốc dòng chảy tại trọng tâm của diện tích hình chiếu mặt ướt của kết cấu lên mặt phẳng vuông góc với hướng của dòng chảy.



Hình 2-5 Vận tốc dòng chảy

2.2.3. Lực dòng chảy tác dụng lên kết cấu dạng khối lớn

Công trình nổi như sà lan, tàu thuỷ, tàu khoan là những kết cấu dạng khối lớn. Lực dòng chảy tác dụng lên kết cấu dạng khối lớn gồm 2 thành phần :

- lực cản hình dáng: là lực tác dụng lên bề mặt uớt của kết cấu nổi vuông góc với hướng của dòng chảy

- lực ma sát bề mặt: là lực liên quan đến ma sát trên bề mặt uớt của kết cấu nổi có phương song song với phương dòng chảy và được tính theo công thức sau:

$$F_C = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_C \cdot (3 \cdot 10^{-3} \cdot A_m + 1,2 \cdot A_p)$$

trong đó:

A_m - tổng diện tích bề mặt uớt của kết cấu nổi

A_p - diện tích phần hình chiếu của A_m lên mặt phẳng vuông góc với hướng của dòng chảy;

Lực dòng chảy tác dụng lên một số công trình nổi (kN) được cho trong bảng dưới đây:

TT	Vận tốc dòng chảy V (m/s)	0,5	1	2
1	Tàu 2000 DWT (dòng chảy ngang thân tàu)	30,0	120	480
2	Tàu 10000 DWT - dòng chảy dọc thân tàu - dòng chảy ngang thân tàu	2,5 75,0	10 300	40 1200
3	Dàn khoan bán chìm (S/S) 15000 DWT	175,0	700	2800

Chương trình tính toán lực do dòng chảy tác dụng lên kết cấu khối lớn được nhóm nghiên cứu viết trên nền của phần mềm MATLAB với dữ liệu vào như sau:

```
%=====
==%
%     CHUONG TRINH TINH TOAN LUC DO DONG CHAY TAC DUNG LEN TAU BIEN
%=====
==%
%             NHAP CAC THONG SO CO BAN
Am = 173.5*(2*4+25);           %Tong dien tich be mat uot cua ket cau noi (m2)
Ap = 25*4;                      %Dien tich phan hinh chieu cua Am len mat phang
                                  %vuong goc voi dong chay (m2)
Vc = 0.5;                        %Van toc dong chay (m/s)
rho = 1025;                      %Khoi luong rieng cua nuoc (kg/m3)
g = 9.81;                         %Gia toc trong truong (m/s2)
%=====
==%
```

Kết quả như sau:

Tai toc do dong chay Vc (m/s2) = 0.50

Luc dong chay tac dung len ket cau khoi lon Fc (kg) = 35151.48

Lực do dòng chảy tác dụng lên kết cấu khói lớn: $F_c = 344.84$ (kN)

2.2.4. Lực trôi dạt

Công trình nồi có chu kỳ dao động riêng lớn, nên rất cần quan tâm tới miền tần số thấp. Khi tải trọng sóng là không đổi theo thời gian cần phải tính toán lực trôi dạt do sóng tác động lên công trình.

Lực trôi dạt được xác định bằng các cách sau:

- + Thủ mô hình trong bể thử sóng, hoặc

- + Sử dụng các phương pháp tính toán:

- Phương pháp tích phân áp lực của **Pinkster**

- Phương pháp nghiên cứu động lượng chuyển động của **Maruo** và **Newman**

- Phương pháp tính theo trường trung bình của **X.B CHEN** (2004).

Kết quả nghiên cứu cho thấy:

- Lực trôi dạt tỷ lệ với bình phương chiều cao sóng H ;

- Khi chiều cao sóng H không đổi, nếu chu kỳ sóng giảm thì lực trôi dạt tăng lên.

Qui phạm API đưa ra phương pháp đơn giản tính lực trôi dạt trung bình đối với tàu biển và giàn khoan bán chìm sau đây.

2.2.5. Lực trôi dạt trung bình tác dụng lên tàu biển

- Theo phương ngang thân tàu (N):

$$F_{\text{ngang}} = C_{de} B^2 L H_s^2$$

trong đó:

C_{de} - hệ số trôi dạt trung bình (N/m^5), phụ thuộc vào chu kỳ sóng đáng kể T_s và chu kỳ đặc trưng T_h của sóng.

$$T_h = 1,16 (B + 2.D_h)^{1/2}$$

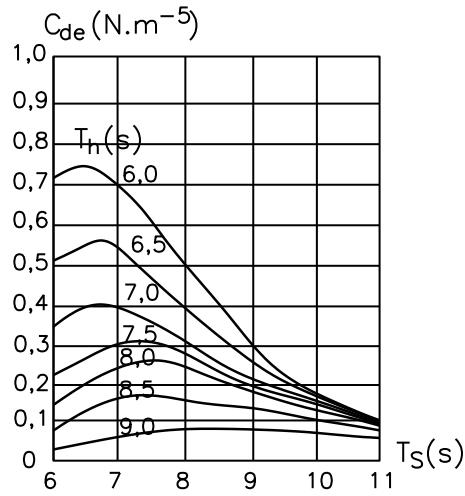
với D_h - mớn nước của tàu

- Theo phương dọc thân tàu (bởi sóng đến từ mũi tàu hay từ đuôi tàu)

$$F_{\text{dọc}} = 0,13 \cdot C_{de} B^2 L H_s^2, \quad (N)$$

trong đó: C_{de} phụ thuộc vào T_s và

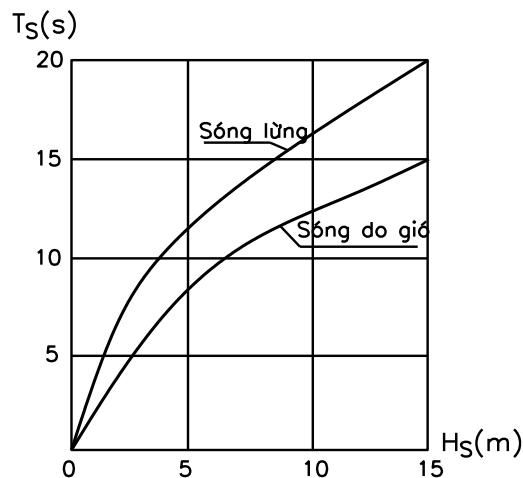
$$T_h = 0,6(L)^{1/2}$$



Hình 2-6 Hệ số trôi dạt của tàu thủy

Hệ số C_{de} được xác định bằng đồ thị Hình 2-6.

Trường hợp chưa có số liệu của T_S tại vị trí xây dựng có thể sử dụng đồ thị Hình 2-7 để xác định T_S .



Hình 2-7 Quan hệ T_S và H_s đáng kể

$$F = C_{de} \sum D^2 (H_s/T_S)^2, (\text{N})$$

trong đó: C_{de} - hệ số trôi dạt trung bình:

$$C_{de}=1175 (\text{N.s}^2/\text{m}^4)$$

D - đường kính cột

Σ - phép tính tổng chỉ tính đối với hàng cột đối diện sóng, không tính với hàng cột che khuất.

Chương trình tính lực dạt ngang và dọc theo thân tàu được nhóm nghiên cứu thực hiện theo MATLAB như sau:

```
%=====
%CHUONG TRINH TINH TOAN LUC TROI DAT, GIO, DONG CHAY TAC DUNG LEN TAU
BIEN
%=====
%                         NHAP CAC THONG SO CO BAN
L = 173.5;                 %Chieu dai tinh toan (m)
B = 25;                      %Be rong ket cau (m)
Dh = 4;                      %Mon nuoc tinh toan (m)
Hs1 = 4.45;                  %Chieu cao song tinh toan (m)
%=====
```

KET QUA TINH TOAN
Luc troi dat ngang than tau (kN) = 69.2343
=====
TINH TOAN LUC TROI DAT DOC THEO SONG DO GIO
Tinh toan song do gio voi chu ky song Ts = 7.8243
Chu ky dac trung cua song Th = 7.9032
Ket qua tra bang Cde = 0.2609

KET QUA TINH TOAN
Luc troi dat doc than tau (kN) = 72.8261
=====
TINH TOAN LUC TROI DAT DOC THEO SONG LUNG
Tinh toan song lung voi chu ky song Ts = 11.5074
Chu ky dac trung cua song Th = 7.9032
Ket qua tra bang Cde = 0.0387
KET QUA TINH TOAN
Luc troi dat doc than tau (kN) = 10.7926
=====

2.3. Sóng và công thức Morison

2.3.1. Sóng

Tách riêng tác động sóng đến kết cấu công trình trên biển có thể thấy rằng, sóng biển gây ra các lực khác nhau trong quá trình tác động. Lực nâng vật thể bị chìm trong nước luôn có hướng ngược với chiều tác động lực trọng trường. Lực nâng thay đổi theo thay đổi thể tích phần chìm của kết cấu, tính bằng công thức $V(t)\gamma$, còn thể tích phần chìm kết cấu $V(t)$ phụ thuộc vào chiều cao sóng đang đâm vật thể. Với vật thể tiết diện hình vuông cạnh b, dựng vuông góc với mặt nước tĩnh, dưới tác động của sóng sinus biên độ ζ_a , tần suất góc ω , số sóng k, lực nâng có dạng:

$$F_B = \frac{b\rho g \zeta_a}{k} [\sin(kb - \omega t) + \sin \omega t] \quad (2.5)$$

Khi tính lực nâng cho các vật thể chìm trong nước công thức tính tương tự công thức đã nêu, lực này luôn là hàm của chiều cao sóng. Lực thủy động tác động trên hướng tác động của sóng gồm hai thành phần, lực cản và lực quán tính. Thành phần lực cản chủ yếu là sức cản nhót của nước chảy bao kết cấu, trong khi thành phần lực quán tính tùy thuộc lượng nước kèm trong chuyển động.

Lực nâng (lift) tác động cùng trong mặt phẳng với lực cản và quán tính, vuông góc với hướng sóng. Lực nâng tính bằng công thức quen thuộc trong cơ học lưu tốc:

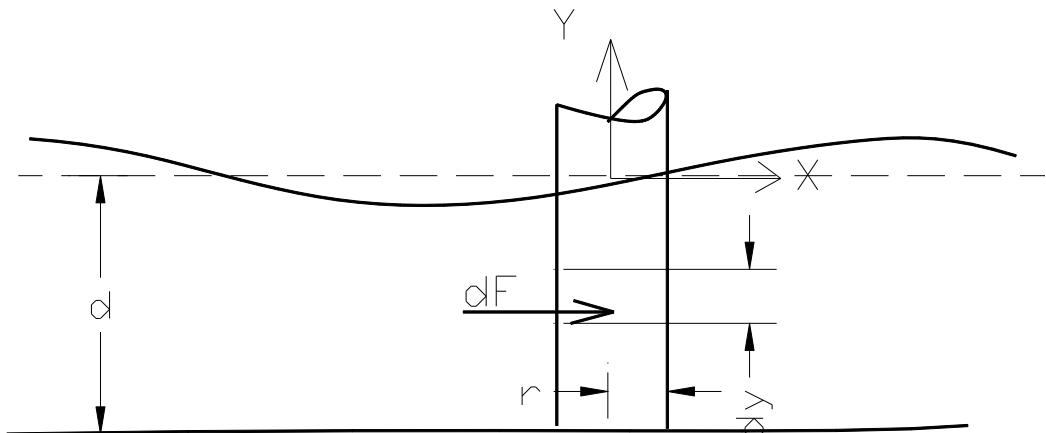
$$L = C_L \cdot \frac{1}{2} \rho U^2 S \quad (2.6)$$

Trong đó C_L – hệ số lực nâng, U – vận tốc dòng chảy và S – diện tích mặt chiếu, với các profil S tính bằng diện tích mặt cắt ngang cánh.

2.3.2. Lực Morison.

Lực Morison gồm hai thành phần, lực quán tính do vận tốc dòng chất lỏng gây và lực cản gắn liền với vận tốc của dòng chất lỏng. Xét lực Morison tác động lên một kết cấu dạng ống trụ đặt đứng từ đáy biển, có thể thấy như trên Hình 2-8.

$$dF = C_M \rho dV U_n + C_D \frac{1}{2} \rho dS |U_n| U_n \quad (2.7)$$



Hình 2-8 Lực Morison

Thành phần thứ nhất chỉ lực quán tính, thành phần sau là lực cản.. Trong công thức dF – lực thủy động tác động lên phần ống thể tích dV , diện tích mặt chịu lực dS . U_n và đạo hàm theo thời gian của nó chỉ vận tốc và gia tốc chất lỏng trong sóng, ρ - khối lượng riêng chất lỏng và C_M , C_D – hệ số lực quán tính và lực cản. Trong thành phần lực quán tính ngoài khối lượng kết cấu trực tiếp chịu ảnh hưởng còn tính cả lượng nước kèm tham gia tất cả chuyển động của kết cấu ngâm trong nó. Thành phần lực Froude-Krylov được đưa vào lực quán tính khi tính.

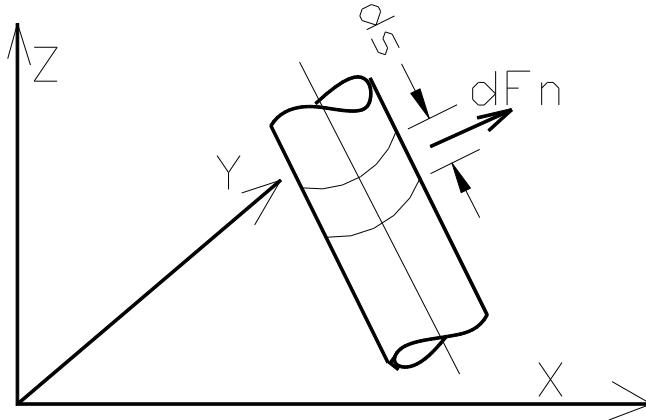
Công thức Morison được đưa ra vào năm 1950, chủ yếu giành cho ống trụ cắm đứng trong nước cạn, tuy nhiên công thức có thể mở rộng cho các kết cấu dạng ống trụ, mặt cắt ngang có thể mang cấu hình không tròn, cọc được đặt thẳng đứng hoặc xiên, trong nước cạn và cả trong nước sâu. Trong mỗi hoàn cảnh cụ thể, với mỗi ống trụ có cấu hình khác nhau các hệ số C_M và C_D sẽ mang giá trị nhất định. Ngày nay chúng ta có thể sử dụng các công thức kinh nghiệm hoặc các bảng liệt kê các hệ số này đã được rút ra từ thực nghiệm.

Công thức Morison khi áp dụng cho ống đặt đứng hoặc nằm xiên, nằm ngang sẽ có dáng riêng. Giả sử ống trụ đường kính $D = 2r$ đặt đứng trong nước cạn, chiều sâu vùng nước d . Tổng các lực thành phần dF , cùng chiều với hướng tác động sóng, tác động lên phần tử ống dy được viết dưới dạng thành phần lực quán tính và lực cản như diễn tả tại hình H. Sau khi tích phân dọc chiều cao ống, từ đáy biển với $y = -d$ đến mặt thoảng $y = 0$ kết quả sẽ được:

$$F = C_M \rho \pi r^2 \int_{-d}^0 \dot{u} dy + C_D \rho r \int_{-d}^0 |u| u dy \quad (2.8)$$

và momen:

$$M = C_M \rho \pi r^2 \int_{-d}^0 \dot{u}(d+y) dy + C_D \rho r \int_{-d}^0 (d+y) |u| u dy \quad (2.9)$$



Hình 2-9 Xác định lực Morison cho ống nghiêng bất kỳ

Trong công thức u và đạo hàm của nó là thành phần ngang của vận tốc , gia tốc sóng. Vận tốc và gia tốc có thể xác định căn cứ vào lý thuyết sóng, như đã trình bày tại chương bàn về sóng biển, có thể tính lực và momen do sóng gây tại $x=0$ và thời khắc $\theta = \omega t$ như sau.

$$F = -\frac{2\pi\rho r H^2 \lambda}{T^2} (K_2 C_M \cos \theta + K_1 C_D |\sin \theta| \sin \theta) \quad (2.10)$$

$$M = -\frac{2\pi\rho r H^2 \lambda^2}{T^2} (K_4 C_M \cos \theta + K_3 C_D |\sin \theta| \sin \theta) \quad (2.11)$$

trong đó:

$$K_1 = \frac{1}{16 \sinh^2 kd} (2kd + \sinh 2kd)$$

$$K_2 = \frac{\pi r}{2H}$$

$$K_3 = -\frac{1}{64 \sinh^2 kd} (2k^2 d^2 + \sinh 2kd + 1 - \cosh 2kd)$$

$$K_4 = \frac{1}{4H \sinh kd} (1 + kd \sinh kd - \cosh kd)$$

Trường hợp ống trụ nằm ngang, hay nói cách khác nằm song song với đáy biển, tâm ống cách đáy khoảng cách s , công thức tính lực và momen tác động lên ống nằm vuông góc với hướng sóng, sau tích phân hết chiều dài ống L có dạng:

$$F_H = C_M \rho \pi r^2 L \dot{u} + C_D \rho r L |u| u \quad (2.12)$$

$$F_V = C_M \rho \pi r^2 L \dot{v} + C_D \rho r L |v| v \quad (2.13)$$

Cần nói thêm rằng trường hợp ống nằm đối đầu với hướng sóng, các công thức trên không dùng được. Công thức tính lực nâng ống trong trường hợp này được viết thành:

$$F_v = \int_{x1}^{x2} (\rho C_D r |v| v dx + \rho C_M \pi r^2 \dot{v} dx) \quad (2.14)$$

Công thức trên đây khi dùng cho ống nằm xiên góc bất kỳ so với đáy biển, hoặc so với hướng sóng cần được thực hiện trong khuôn khổ các phép tính vec to. Theo cách làm này lực do sóng tác động đến ống được tách thành phần tiếp tuyến, thành phần pháp tuyến. Ống sẽ chịu tác động của lực thành phần theo đúng hướng mà nó phải chịu, như đã tính cho ba trường hợp vừa kể. Trường hợp này công thức Morison được hiểu:

$$d\vec{F} = C_M \rho \pi r^2 \dot{\vec{q}}_n + C_D \rho r |\vec{q}_n| \vec{q}_n ds \quad (2.15)$$

trong đó \vec{q}_n vector lực tác động theo hướng pháp tuyến đến trực của ống trụ, tại chiều dài ống ds . Nếu sử dụng phương pháp hình chiếu công thức trên được hiểu thành:

$$d\vec{F} = C_M \rho \pi r^2 \dot{\vec{q}}_n + \frac{1}{2} C_D \rho r \left\{ \begin{array}{l} |u| u dA_x \\ |v| v dA_y \\ |w| w dA_z \end{array} \right\} \quad (2.16)$$

trong đó $q = u_i + v_j + w_k$ là vector vận tốc sóng.

Bảng tính sau trình bày kết quả tính theo công thức Morison, áp dụng vào cột đứng tại vùng nước sâu 70m. Các thông số về sóng đọc tại bảng dưới đây:

Omega=[1/s]	0.48	Hw=[m]	9.75
T =[sec]	13.00	t =[s]	4.55
Force in kG, Length in m, Moment in kGm			
h [m]	velocity[m/s]	acceler [m/s/s]	force [kG]
0.00	-0.255373	-0.034848	-583.392
4.83	-0.286473	-0.039092	-686.615
9.65	-0.321360	-0.043852	-810.722
14.48	-0.360497	-0.049193	-960.405
19.30	-0.404399	-0.055184	-1141.483
24.13	-0.453647	-0.061904	-1361.180
28.96	-0.508894	-0.069443	-1628.481
33.78	-0.570868	-0.077900	-1954.571
38.61	-0.640389	-0.087387	-2353.388
43.43	-0.718378	-0.098029	-2842.320
48.26	-0.805863	-0.109967	-3443.076
53.09	-0.904003	-0.123359	-4182.784
62.74	-1.137594	-0.155235	-6223.269
70.39	-1.364964	-0.186261	-8587.929
Omega=[1/s]	0.42	Hw=[m]	9.75
T =[sec]	15.00	t =[s]	1.50
Force in kG, Length in m, Moment in kGm			
h [m]	velocity[m/s]	acceler [m/s/s]	force [kG]
0.00	0.463996	-0.028966	488.358
4.83	0.505826	-0.031577	608.797
9.65	0.551427	-0.034424	754.493
14.48	0.601139	-0.037528	930.436
19.30	0.655333	-0.040911	1142.576
24.13	0.714412	-0.044599	1398.009

28.96	0.778817	-0.048620	1705.191
33.78	0.849029	-0.053003	2074.201
38.61	0.925570	-0.057781	2517.044
43.43	1.009012	-0.062990	3048.019
48.26	1.099976	-0.068669	3684.158
53.09	1.199141	-0.074859	4445.735
62.74	1.425096	-0.088965	6446.356
70.39	1.634115	-0.102013	8625.367

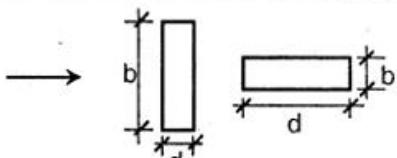
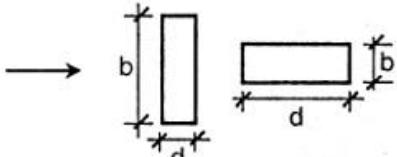
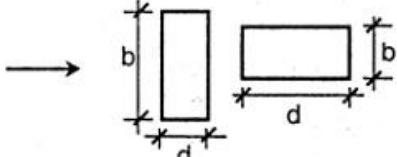
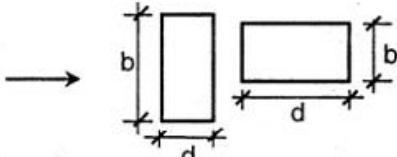
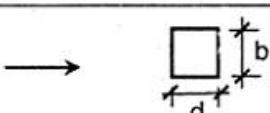
2.3.3. Hệ số lực cản và quán tính.

Hệ số C_D và C_M áp dụng trong công thức Morison thường nhận bằng đường thí nghiệm. Tuy nhiên trong nhiều trường hợp, vì những lý do nhất định cần xác định nhanh các hệ số băng tính toán. Về lý thuyết người ta nêu được rằng, với các ống trụ tiết diện tròn, chôn thẳng đứng trên đáy biển, hệ số C_D sẽ bằng 1 còn C_M bằng 2 với ống rất nhẵn. Thực tế chẳng mấy khi con người tạo ra những ống nhẵn lý tưởng, còn số cột hình tròn tuy chiếm số đông trong các kết cấu song dựng vuông góc với mặt biển thì không phải đa số. Một trong những nguồn dữ liệu đáng tin cậy, được dùng khi tính toán là sử dụng kết quả đo trên các kết cấu thực tế đang tồn tại. Dữ liệu này vô cùng quý hiếm song người dùng phải trả giá cao để có thể “mua” được chúng.

	C_m		C_m
	1.0		$d/a = 0.05$ $d/a = 0.10$ $d/a = 0.25$ 1.61 1.72 2.19
	1.0		$a/b = 2$ $a/b = 1$ $a/b = 1/2$ $a/b = 1/5$ 0.89 0.76 0.67 0.61
	1.0		2.29
	$a/b = \infty$ $a/b = 10$ $a/b = 5$ $a/b = 2$ $a/b = 1$ $a/b = 1/2$ $a/b = 1/5$ $a/b = 1/10$ 1.0 1.14 1.21 1.36 1.51 1.70 1.98 2.23		$1 + \left(\frac{h}{2a} - \frac{2a}{h} \right)^2$

Hình 2-10 Hệ số nước kèm C_M

Một trong những vấn đề gay cấn của việc áp dụng công thức Morison chính là xác định hai hệ số vừa nêu. Hai hệ số khác xa nhau về giá trị, phụ thuộc vào cấu hình vật thể, phụ thuộc vào địa hình đáy biển vv... Tài liệu minh họa tiếp theo nêu rõ những phức tạp này. Hệ số muối kèm cho vật thể hai chiều tính cho vật thể cấu hình khác nhau mang giá trị khác nhau, được giới thiệu tại Hình 2-10. Hệ số C_M khi dùng cho vật thể 3D, tiết diện mặt cắt ngang tương tự như các trường hợp vừa nêu nhưng giá trị thay đổi đáng kể, Hình 2-11.

	$\frac{d}{b}$	h/b				
		1/2	1	2	4	6
	≥ 4	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
	$\geq 1/4$	0,7	0,7	0,75	0,75	0,75
	3	1,1	1,2	1,25	1,35	1,4
	1/2	0,7	0,75	0,75	0,75	0,8
	2	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2
	1/2	0,75	0,75	0,8	0,85	0,9
	$1_{1/2}$	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15
	$2/3$	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0
		$\frac{d}{b}$	h/b			
			1/2	1	2	4
		1	0,9	0,95	1,0	1,05
					6	10
						20

Hình 2-11 Hệ số cản Cd

2.4. Mô hình đơn giản tính các lực thủy động cho giàn tự nâng

2.4.1. Mô hình giản đơn

Trong mô hình này giàn tự nâng gồm các chân tựa trên nền và đỡ thân giàn nằm cao trên mặt biển. Độ cứng thân giàn lớn hơn rất nhiều so với độ cứng các chân. Độ cứng thân giàn chưa đòi hỏi được tính với độ chính xác cao. Các chân giàn được đưa về chân tương đương đường kính d_e , chiều dài rất lớn, độ cứng chân tương đương được tính gần với thực tế. Những giả định dùng trong mô hình này như sau:

(a) Trừ trường hợp chân được tựa tự do trên gối đặc biệt, thiết kế riêng cho nó, chân giàn được coi chòng trên mặt nằm sâu dưới đáy biển chừng 3,5m. Điều này có ảnh hưởng đến việc xác định hệ số ngầm của chân.

(b) Thân giàn nằm cao trên mặt biển chịu tác động của gió. Tải trọng này gây ra momen uốn tại chân giàn. Khi tính tải trên dây và chuyển vị thân giàn dưới tác động của tải được đưa vào cho ô dẫn dưới.

(c) Tải trọng do gió áp đặt lên chân giàn phải được đưa vào tính toán. Tại những vùng nước sâu, phần lớn chiều dài chân nằm trong nước, phần nhô ra chịu gió của chân không lớn, tải trọng dạng này nhỏ. Ngược lại tại vùng nước cạn, tải trọng vừa nêu mang giá trị đáng kể.

(d) Với sơ đồ tải trọng vừa nêu, cần thiết tính độ ổn định các chân trong mô hình giản đơn.

2.4.2. Mô hình phức tạp

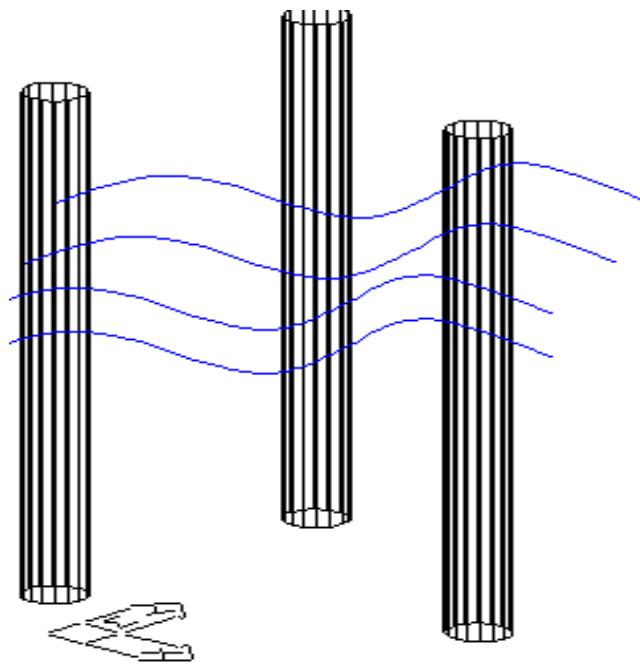
Từ mô hình tính đơn giản, theo con đường ngắn nhất, đảm bảo mức độ chính xác vừa phải các phép tính sẽ đưa ra phân bố momen uốn, lực cắt tại thân giàn. Phân bố momen này được tiếp tục xử lý trong mô hình phức tạp.

Chân giàn gắn với thân giàn thông qua các ô đỡ, ô trên và ô dưới, qua hệ thống răng ăn khớp với bánh răng các hộp truyền động. Trong hệ thống này, lực theo phương nằm ngang được truyền chủ yếu qua hai ô dẫn, lực theo phương thẳng đứng do các răng gánh chịu phần lớn.

Mô hình làm việc của ô dẫn dưới và ô dẫn trên, từ chuyên môn gọi là lower guide và upper guide, được phân biệt thành hai kiểu. Kiểu kết cấu của guide ảnh hưởng trực tiếp tới cách làm việc của phản lực. Từ sơ đồ kết cấu cần phân biệt, với kết cấu kiểu thứ nhất, chỉ có một ô tại chân thứ ba chịu phản lực. Ngược lại, với kết cấu kiểu thứ hai, ô tại chân thứ 3 được nghỉ hoàn toàn, còn phản lực dồn lên hai chân kia.

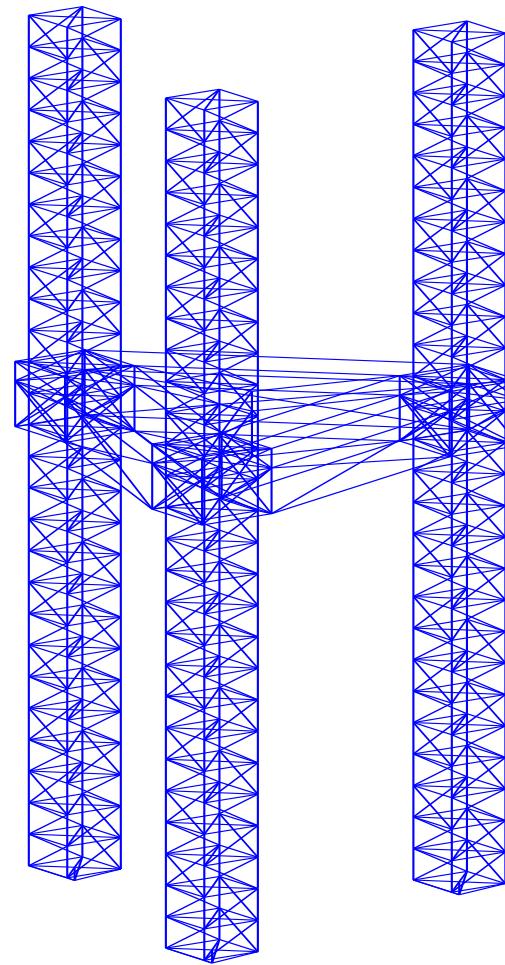
Trong hệ thống kết cấu giàn, hệ thống nâng hạ giàn, từ chuyên môn gọi là jacking system, phải gánh toàn bộ lực nâng trong suốt quá trình nâng hoặc hạ giàn. Từ phác họa này tiến hành các thủ tục mô hình hóa kết cấu giàn:

- (1) Mô hình hóa chân giàn tự nâng thành ống trụ tương đương về nghĩa hình học và giá trị thủy động lực.
- (2) Xác định lực thủy động tác động lên chân giàn trong các điều kiện làm việc với giả thuyết các chân đứng rời nhau trong miền công tác
- (3) Xác định các trạng thái thủy động cho các chân.
- (4) Mô hình hóa thân tàu thành dạng kết cấu khung dầm 3D.
- (5) Mô hình hóa mối nối giữa vỏ và chân giàn.
- (6) Xác định lực cắt, momen uốn tác động lên chân.



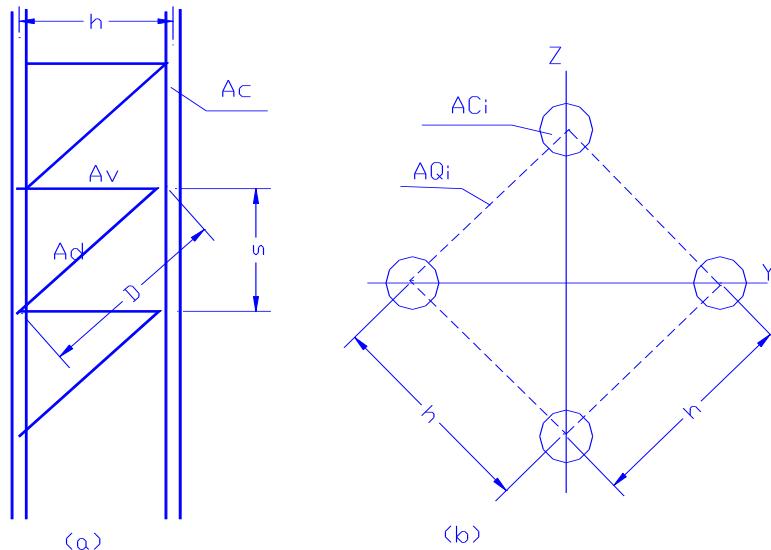
Hình 2-12 Mô hình hình học chân tương đương

Chân giàn có dạng như sau:



Hình 2-13 Mô hình chân giàn tự nâng

Từ kết cấu chân trên đây có thể tính chuyển sang mô hình tương đương theo sơ đồ:



Hình 2-14 Chuyển đổi mô hình chân tương đương

Công thức qui đổi có dạng:

Với hình (a):

$$A_{Qi} \frac{(1+\nu)sh^2}{\frac{d^3}{2A_D} + \frac{h^3}{2A_V} + \frac{s^3}{6A_C}} \quad (2.17)$$

Với hình (b):

$$A = 4A_{Ci}; A_{Qy} = A_{Qz} = 2A_{Qi}; I_y = I_z = A_{Ci}h^2; I_T = A_{Qi}h^2$$

Các hệ số thủy động và lực thủy động tác động lên chân tương đương

Hệ số cần cho mỗi ống thành phần, tính chuyển sang ống tương đương thực hiện theo công thức sau:

$$C_{Dei} = [\sin^2 \beta_i + \cos^2 \beta_i \sin^2 \beta_i]^{3/2} C_{di} \left\{ (D_i l_i) / D_e s \right\} \quad (2.18)$$

trong đó:

C_{di} - hệ số cần của thành phần riêng thứ i tính theo tài liệu chuyên ngành

D_i - đường kính tương đương ống thành phần thứ i, m

l_i - chiều dài thành phần, m

s - khoảng cách sải, m

β_i - góc xác định độ nghiêng thành phần thứ i so với mặt nằm ngang.

Hệ số nước kèm (cần thiết để tính lực quán tính) và diện tích mặt cắt tương đương ống thành phần tính bằng công thức:

$$C_{mei} = [1 + (\sin^2 \beta_i + \cos^2 \beta_i \sin^2 \alpha_i) (C_{mi} - 1)] \left\{ A_i L_i / (A_e s) \right\} \quad (2.19)$$

Hệ số C_{mei} tính từ quan hệ:

$$C_{me} A_e = A_e \sum C_{mei} \quad (2.20)$$

Theo thông báo mới của những nhà nghiên cứu về giàn tự nâng, hệ số thủy lực cho các đoạn ống tròn mang giá trị sau :

$$C_{di} = 0,65 \quad \text{còn} \quad C_{mi} = 2,0$$

Phụ thuộc chiều dài sải (s), chiều dài đoạn ống (l) giữa các đoạn chân, hệ số thủy lực chân tương đương như sau:

Đường kính ống tương đương:

$$D_e = \sqrt{\frac{1}{s} \sum D_i^2 l_i} \quad (2.21)$$

Công thức tính lực thủy động sau đây chỉ dùng cho trường hợp:

$$\lambda > 5 Di$$

với λ - chiều dài sóng, m

D_i - đường kính ống qui đổi của các trụ, m

2.5. Hướng giải quyết cho giàn khoan nổi.

2.5.1. Điều kiện làm việc bình thường của giàn khoan

Giàn cùng hệ thống tháp khoan tại vị trí công tác có khả năng chịu được điều kiện sóng và gió biển trong cơn bão:

Bảng 2-5 Điều kiện làm việc bình thường của giàn

Chiều chìm lớn nhất, M	91,44	76,20	60,96
Chiều cao sóng lớn nhất ,M	15,24	17,07	18,29
Chu kỳ sóng, sec	13,5	12	12
Vận tốc gió tối đa , HL/h	70	70	70
Vận tốc dòng chảy , HL/h	1	1	1
Chiều cao giữa mặt thoảng và đáy phao, M	11,58	12,8	13,72

2.5.2. Giàn cùng hệ thống tháp khoan chịu bão mạnh:

Bảng 2-6 Điều kiện làm việc chịu bão mạnh của giàn

Chiều chìm lớn nhất, M	91,44	76,20	60,96
Chiều cao sóng lớn nhất ,M	15,24	17,07	18,29
Chu kỳ sóng, sec	13,5	12	12
Vận tốc gió lớn nhất, HL/h	109	109	109
Vận tốc dòng chảy , HL/h	1	1	1
Chiều cao giữa mặt thoáng và đáy phao, M	11,58	12,8	13,72

2.5.3. Điều kiện làm việc khi di chuyển dàn

A. Di chuyển trong vùng công tác

- Chân dàn toàn bộ 126,35m được kéo lên cao.
- Món nước phao 4,42m
- Vận tốc gió 70 HL/h
- Tải trọng biển thiên 3447,7 T
- Lượng chiếm nước cho phép 11165,3 T

B. Kéo trên biển, trường hợp 1

- Chân dàn toàn bộ 126,35m , chân đế nằm dưới phao 15,24m.
- Món nước phao 4,42m
- Vận tốc gió 70 HL/h
- Tải trọng biển thiên 3588,2 T
- Lượng chiếm nước cho phép 11305,8 T

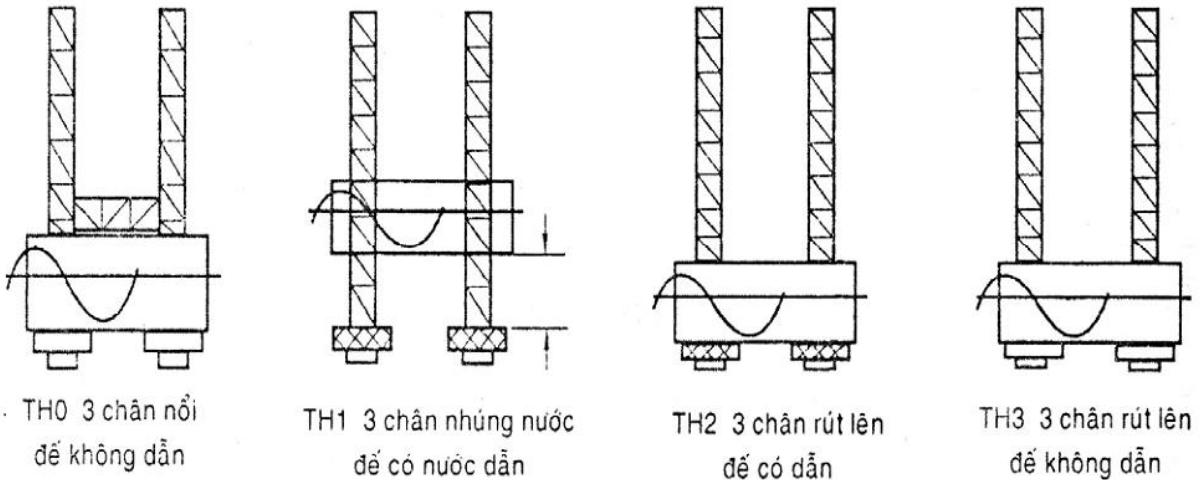
C. Kéo trên biển, trường hợp 2

- Chân dàn kéo lên, tháo rời đặt trên boong.
- Món nước phao 4,42m
- Vận tốc gió 100 HL/h
- Tải trọng biển thiên 3447,7 T
- Lượng chiếm nước cho phép 11165,3 T

D. Kéo trên biển, trường hợp 3

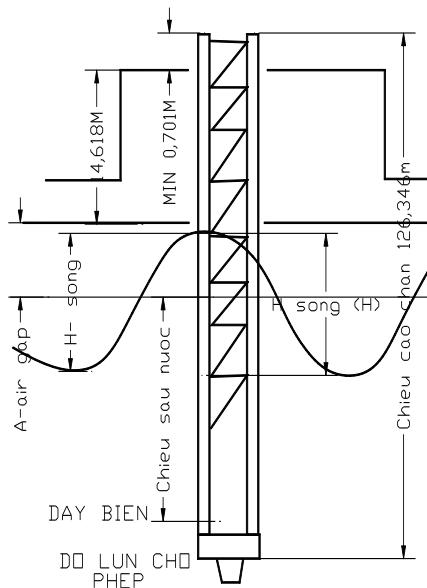
- Chân dàn kéo lên, tháo rời đặt trên boong.
- Món nước phao 4,42m

- Vận tốc gió 100 HL/h
- Tải trọng biến thiên 3447,7 T
- Lượng chiếm nước cho phép 11165,3 T



Hình 2-15 Các trường hợp rút chân khi di chuyển

Sơ đồ bố trí chân, phao tại vị trí làm việc được trình bày tại hình H.3.22



Hình 2-16 Bố trí chân giàn khoan

Các thông số thể hiện trên Hình 2-16 mang giá trị sau:

Bảng 2-7 Thông số chân giàn

Tên gọi	Khi khoan	Khi gấp bão
Chiều sâu nước tĩnh, m	91,440	91,440
Chiều cao sóng lớn nhất, m	15,240	15,240

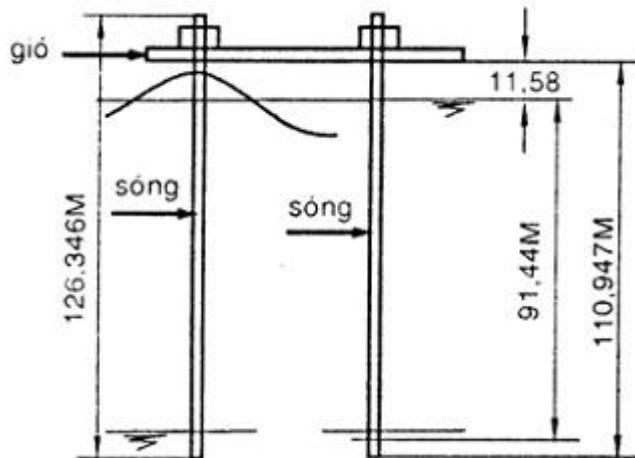
Đỉnh sóng , m	8,534	8,534
Khoảng cách từ mặt thoảng đến đáy phao, (air gap) , m	11,582	11,582
Vận tốc gió, Hl/h	70	109
Độ lún cho phép của các chân, m	7,925	7,925

Sóng

Biên độ sóng tính theo công thức ghi trong *surface wave equation*. Tốc độ và gia tốc các phần tử sóng tính theo công thức trong mục *equations for water velocity và equations for water acceleration*, sóng nước đã trình bày tại chương hai.

Hệ số C_{De} và C_{Me} cho chân tương đương được tính trong tài liệu này.

Lực thủy động tác động lên các chân chìm trong nước tính theo công thức Morison, được trình bày tại các bảng tiếp theo. Đơn vị phân bố tải trọng của lực thủy động trình bày tại các bảng phần này của tài liệu là [kN/m]



Hình 2-17 Sóng tác dụng lên chân giàn

2.5.4. Trường hợp chiều sâu nước lớn nhất 91,44m

Sử dụng sóng với các đặc tính sau:

$$\text{Chiều dài sóng} \quad \lambda = 284,55\text{m}$$

$$\text{Chu kỳ} \quad T = 13,5 \text{ sec}$$

$$\text{Tần số} \quad \omega = 0,465 \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Số sóng} \quad k = 2\pi/\lambda = 0,02208 \text{ m}^{-1}$$

Bảng 2-8 Lực thủy động tính cho trườngh hợp góc sóng $\theta = 0$, cột sau

Ký hiệu	Chiều cao cột, m từ điểm cắm					
	0	20	40	60	80	103
$t = 0$						
F	0	3,9775	6,6007	13,344	29,86	79,4645
$t = T/4$						
F	0	4,878	6,2859	8,9389	13,364	21,805
$t = 3/4T$						
F	0	4,8785	6,28597	8,9392	13,3467	21,8143
$t = 12 \text{ sec}$						
F	0	5,4699	7,9083	14,552	26,015	60,345

Bảng 2-9 Lực thủy động tính cho trườngh hợp góc sóng $\theta = 0$, cột trước

(Cột trước cách vị trí đỉnh sóng $x = 34,314\text{m}.$)

Ký hiệu	Chiều cao cột, m từ điểm cắm					
	0	20	40	60	80	103
$t = 0$						
F	0	2,889	4,7951	9,694	21,692	57,73
$t = T/4$						
F	0	3,5431	4,566	6,4936	9,708	15,84
$t = 3/4T$						
F	0	1,7608	1,589	0,44	-3,882	-20,46
$t = 12 \text{ sec}$						
F	0	4,8969	6,3266	9,06	13,643	22,63

Bảng 2-10 Lực thủy động tính cho trường hợp góc sóng $\theta = 45^\circ$, cột sau

Ký hiệu	Chiều cao cột, m từ điểm cắm					
	0	20	40	60	80	103
$t = 0$						
F	0	3,9725	6,6007	13,44	29,86	79,4635
$t = T/4$						
F	0	-4,885	-6,285	-8,938	-13,67	-21,808
$t = 3/4T$						
F	0	4,8725	6,2853	8,938	13,3626	21,802
$t = 12 \text{ sec}$						
F	0	5,4699	7,9082	13,5526	25,0605	60,3467

Bảng 2-11 Lực thủy động tính cho trường hợp góc sóng $\theta = 45^\circ$, cột sau

(cách đỉnh sóng $x = 28,018\text{m}$)

Ký hiệu	Chiều cao cột, m từ điểm cắm					
	0	20	40	60	80	103
$t = 0$						
F	0	5,2161	8,209	14,049	27,666	65,407
$t = T/4$						
F	0	-2,655	-2,884	-2,7633	-0,875	9,096
$t = 3/4T$						
F	0	2,6077	2,8565	3,7127	0,691	9,344

$t = 12 \text{ sec}$						
F	0	4,9686	6,9927	9,735	14,763	25,956

Bảng 2-12 Lực thủy động tính cho trường hợp góc sóng $\theta = 45^\circ$, cột trước

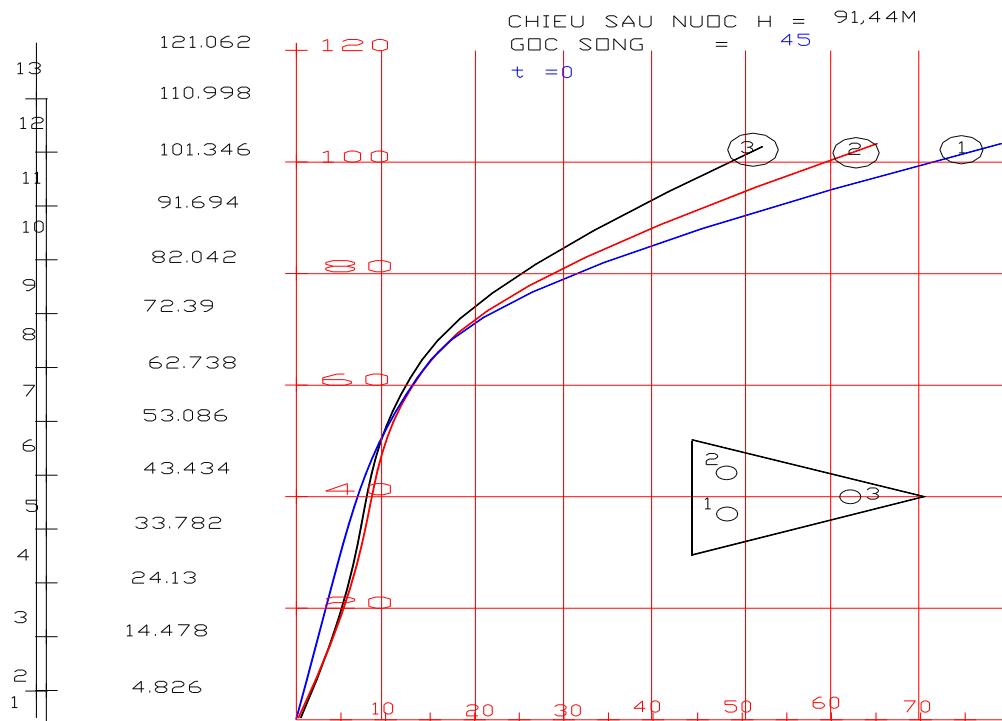
(cách vị trí đỉnh sóng $x = 38,273\text{m}$)

Ký hiệu	Chiều cao cột, m từ điểm cắm					
	0	20	40	60	80	103
$t = 0$						
F	0	5,4018	7,6114	12,57	23,127	51,3097
$t = T/4$						
F	0	-1,0062	-0,4592	1,571	7,8947	30,1206
$t = 3/4T$						
F	0	0,979	0,7897	-1,6278	-8,007	-30,41
$t = 12 \text{ sec}$						
F	0	4,879	6,2868	8,9428	13,374	21,836

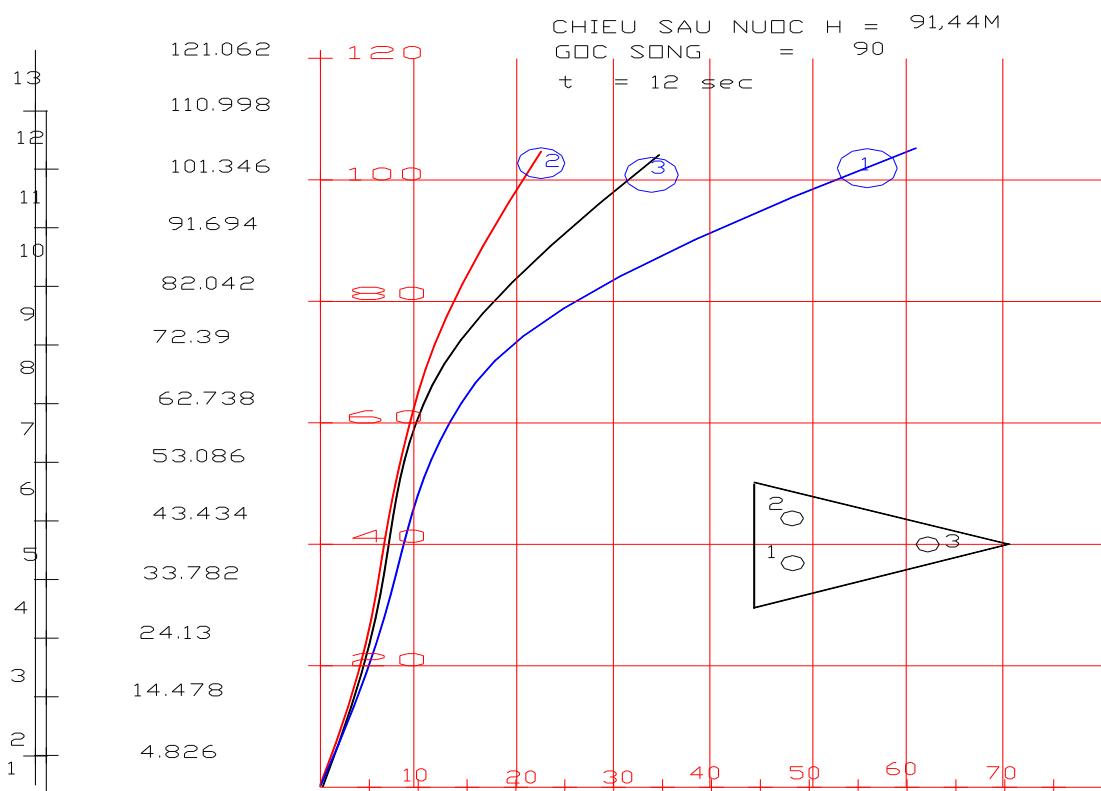
Bảng 2-13 Lực thủy động tính cho trường hợp góc sóng $\theta = 90^\circ$, cột sau

Ký hiệu	Chiều cao cột, m từ điểm cắm					
	0	20	40	60	80	103
$t = 0$						
F	0	3,9775	6,6007	13,344	29,86	79,4635
$t = T/4$						
F	0	-4,878	-6,2854	-8,938	-13,3627	21,8023

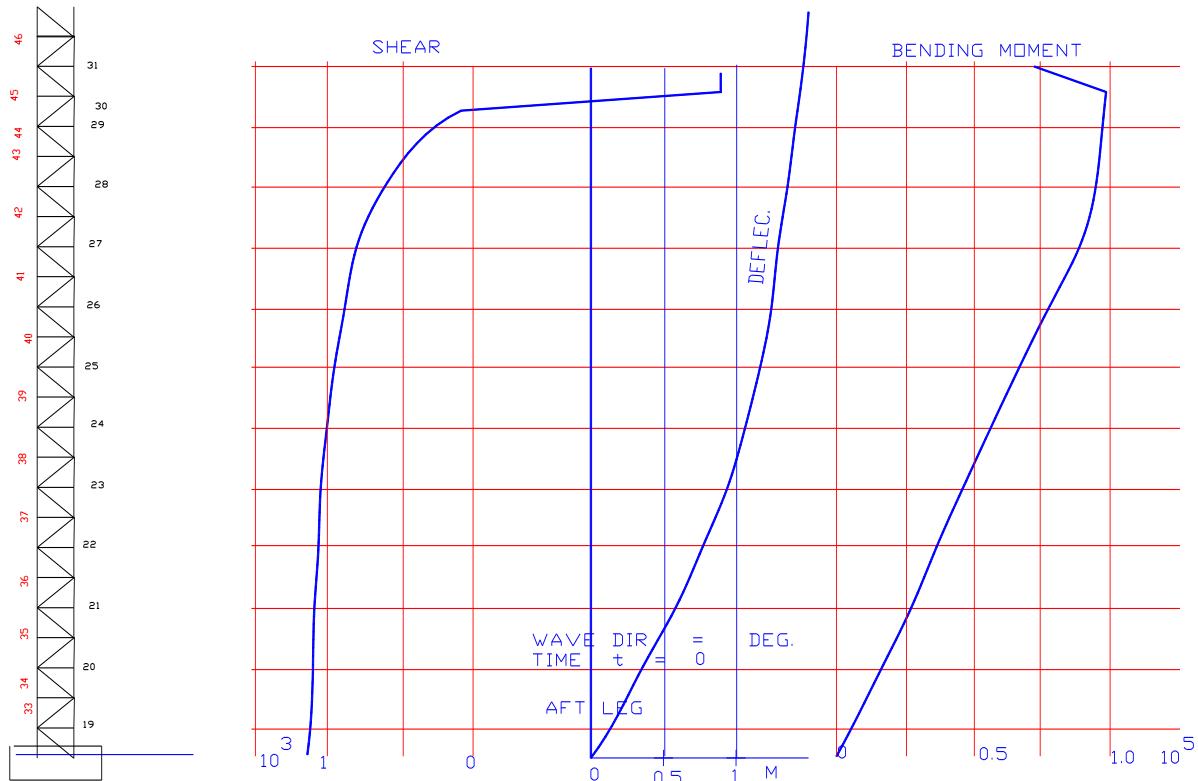
$t = 3/4T$						
F	0	4,878	6,2854	8,939	13,363	21,803
$t = 12 \text{ sec}$						
F	0	5,4699	7,9082	13,5526	25,914	60,446



Hình 2-18 Lực thủy động tác dụng lên cột với góc sóng 45°



Hình 2-19 Lực thủy động tác dụng lên cột với góc sóng 90°



Hình 2-20 Phân bố nội lực và chuyển vị trên chân giàn

2.5.5. Diện tích mặt hứng gió và tâm đặt lực khí động

Diện tích mặt hứng gió tính theo hướng dẫn ghi trong 2.4.5 qui phạm. Theo hướng dẫn diện tích Av gồm hình chiếu lên mặt phẳng thẳng góc với hướng gió tác dụng của các thành liên tục và bề mặt của thân DKB , các thượng tầng, lầu, các cột ổn định, cột cầu, các ống thông gió, xuồng, thiết bị vv... Diện tích mặt hứng gió tính bằng m², bao gồm các phần tử hứng gió Avi, có xét đến hệ số thoát gió K_i và hệ số của chiều cao, vùng n_i:

$$A_v = \sum K_i \cdot n_i \cdot A_{vi}$$

trong đó K_i đọc từ bảng 2.4.5.3 qui phạm, còn n_i đọc theo bảng 2.4.5.4 qui phạm.

Tay đòn momen nghiêng do tác dụng của gió theo qui phạm là khoảng cách từ điểm đặt của các lực khí động Z_v tới điểm đặt của các lực thủy động Z_w:

$$l_v = Z_v + Z_w$$

trong đó Z_v tính theo công thức: $Z_v = \frac{\sum k_i \cdot n_i \cdot A_{vi} \cdot Z_{vi}}{\sum k_i \cdot n_i \cdot A_{vi}}$

Khoảng cách Z_w cho các GKB tự nâng lấy bằng d/2, với d - chiều chìm của GKB.

Kết quả tính mặt hứng gió và tâm đặt lực khí động cho trường hợp chiều chìm dàn d = 3,0 m được trình bày tại Bảng 2-14:

Bảng 2-14 Mặt hứng gió và tâm đặt lực khí động phần thân

TT	TÊN GỌI	Avi (M2)	Ki	n _i	(3).(4).(5) (M2)	Zvi (M)	(6).(7)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Thân phao	243,05	1,0	1,0	243,05	1,994	484,64
2	Thượng tầng+ lầu C1	153,28	1	1	153,28	8,209	1230,7
3	Buồng điều khiển	14,12	1	1	14,12	13,985	197,5
4	Lầu C2	128,29	1	1	128,29	7,95	1020
5	Lầu C3	69,76	1	1	69,76	7,517	524,4
6	Kết cấu conson	68,65	1	1	68,65	6,481	444,85
7	Tháp khoan	0,924	1,25	1	1,155	14,516	16,8

		74,99	1,25	1,1	93,75	22,532	2112,2
		53,34	1,25	1,2	66,68	37,436	2496
		25,54	1,25	1,3	31,56	51,066	1610
		3,2	1,25	1,36	4	61,286	245
8	Khu máy tời	44,12	1	1	44,12	13,906	613
9	Cụm đế tháp khoan	26,47	1	1	26,47	11,453	303
10	Sân bay	65,77	1,25	1	82,21	10,462	860
11	Hệ ống dưới SB	3,81	0,5	1	1,91	6,284	12
12	Cần cẩu	4,55	1	1	4,55	11,279	51
		3,72	0,5	1	1,86	12,407	23
		1,86	0,5	1	0,93	12,409	11,5
		34,93	1	1	34,93	14,503	507
		17,46	1	1	17,46	14,503	253
		27,4	1,25	1	34,25	14,427	494
		13,75	1,25	1	17,19	14,427	247
13	Cầu thang	2,32	1,25	1	2,9	9,852	28,6
		4,55	1,25	1	5,69	12,964	74
		2,97	1,25	1	3,71	10,684	40
14	Tời thu giây T	2,6	1	1	2,6	4,607	12
	Tổng cộng				1155,08	12,63	14588

Bảng 2-15 Mật hưng gió và tâm đặt lực khí động của các chân

(trường hợp chân đưa lên cao, cắt 3 sections và đặt trên boong.)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=	(7)	(8)=(6). (7)
-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----------------

					(3)(4).(5)		
1	Chân trước	24,25	0,67	1	16,25	13,63	221,5
$\Sigma(1)$		114,54	0,67	1,1	84,4	22,859	1930
$\Sigma(1)$		114,54	0,67	1,2	92	38,098	3508
$\Sigma(1)$		114,54	0,67	1,3	100	53,337	5334
$\Sigma(1)$		114,54	0,67	1,37	105	68,58	7210
$\Sigma(1)$		94,66	0,67	1,43	91	82,496	7482
$\Sigma(1)$					488,65	52,56	25685
2	3 sections trên boong	167,58	0,67	1	112	9,668	1089
$\Sigma(1)$		125,96	0,67	1,1	92,8	19,43	1804
$\Sigma(1)$		108,31	0,67	1	72,6	11,35	824
$\Sigma(1)$		129,12	0,67	1,1	95	19,534	1859
$\Sigma(1)$		46,26	0,67	1	31	12,161	377
$\Sigma(1)$		26,29	0,67	1,1	19,4	16,99	329
$\Sigma(1)$					423,0	14,85	6283
3	Hai chân sau				976,5	52,56	51372
	Tổng cộng:				1888	44,144	83344

Bảng 2-16 Mặt hứng gió và tâm đặt lực khí động của các chân

(trường hợp chân hạ xuống 15,24 m so với đáy phao)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)= (3)(4).(5)	(7)	(8)= (6).(7)
1	Chân trước	24,25	0,67	1	16,25	13,63	221,5
$\Sigma(1)$		114,54	0,67	1,1	84,4	22,859	1930
$\Sigma(1)$		114,54	0,67	1,2	92	38,098	3508

		114,54	0,67	1,3	100	53,337	5334
		114,54	0,67	1,37	105	68,58	7210
		114,54	0,67	1,43	110	83,816	9198
		92,24	0,67	1,48	91	97,571	8900
	$\Sigma(1)$				598,65	60,643	36302
2	(Cộng mục 2)						
3	Hai chân sau				1378,4	60,643	72604
	Tổng cộng:				1796	60,643	108906

Bảng 2-17 Mặt hứng gió và tâm đặt lực khí động của các chân

(trường hợp chân đưa lên cao.)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(3)(4).(5)	(7)	(8)=(6).(7)
1	Chân trước	24,25	0,67	1	16,25	13,63	221,5
		114,54	0,67	1,1	84,4	22,859	1930
		114,54	0,67	1,2	92	38,098	3508
		114,54	0,67	1,3	100	53,337	5334
		114,54	0,67	1,37	105	68,58	7210
		94,66	0,67	1,43	91	82,496	7482
		19.88	0.67	1.43	19	90,116	1717
		114.54	0.67	1.48	113,6	99,055	11244
		86.48	0.67	1,52	88	112,42 9	9899
2	$\Sigma(1)$				709	68,47	48546

	(Cộng mục 2)						
3	Hai chân sau				1418	68,47	97092
	Tổng cộng:				2127	68,47	145638

Tại mớn nước 3,0 m diện tích hứng gió và tâm đặt lực khi động có giá trị sau:

Bảng 2-18 Diện tích hứng gió và tâm đặt lực

TT	Trường hợp	Avi .Ki. ni (m ²)	Zv (m)	Avi.Ki.ni. Zvi, (m ³)
1	TH0, thân	1155,08	12,63	14588
	3 chân đưa lên cao, cắt 3 section	1888	44,144	83344
	Tổng của TH0	3043	32,18	97932
2	TH1, thân	1155,08	12,63	14588
	3 chân hạ xuống 15,24m	1796	60,643	108906
	Tổng của TH1	2951	41,85	123494
3	TH2, TH3: thân	1155,08	12,63	14588
	3 chân đưa lên cao	2127	68,47	145638
	Tổng của TH2,TH3	3282	48,82	160226

Bảng tính lực khí động , momen nghiêng do gió tác dụng lên giàn.

Công thức tính momen nghiêng có dạng:

$$Mv = F \cdot lv \cdot f$$

Trong đó: lv - tay đòn momen nghiêng do gió, m

F - tải trọng gió

f = const

Giá trị F tính theo:

$$F = (\rho/2) V_{10}^2 \cdot Av$$

$$\text{với } \rho = 1,25 \text{ kg.s}^2/\text{m}^4,$$

V_{10} vận tốc gió tính toán, m/s, vận tốc trung bình cách mặt biển 10m

Av - diện tích hứng gió, m^2 , theo kết quả tính ở trên

Khi tính các GKB tự nâng đối với trường hợp di chuyển vùng, cũng như khi đầm, cần lấy tốc độ gió tính toán theo cường độ của gió cho phép chuyển vùng. Vận tốc tính toán theo cấp Beaufort như sau:

Cấp ° B : 5 6 7 8

Vận tốc gió: (m/s) 9 12 15 18

Nếu vận tốc gió đối với vùng biển nội địa không lấy theo số liệu thống kê của biển đang xét mà lấy bằng 36m/s (70 HL/h) đối với trạng thái làm việc và 51,5 m/s (100HL/h) đối với trạng thái gió bão thì hệ số ni cần lấy như đối với các biển ven bờ.

Mô men nghiêng cho trường hợp TH0 theo Bảng 2-19

Lượng chiếm nước 10282 t

Mớn nước d 4,05m

$$Zw = d/2 = 2,025\text{m}$$

$$\Delta d = 4,05 - 3 = 1,05 \text{ m}$$

$$\text{Diện tích } A = \Delta dx = 60,96 = 64,008 \text{ m}^2$$

Bảng 2-19 Momen nghiêng cho trường hợp TH0, 100% dự trữ

TT	TÊN GỌI	Av (m ²)	Zv (m)	Av.Zv (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Từ bảng tính TH0, d = 3m	3043	32,18	97932
2	Phảm chìm bổ sung	-64	0,502	-32
	Tổng cộng	2979	32,86	97900

Giá trị Zv so với đường nước tại d = 4,05 sẽ là: $32,86 - 1,05 = 31,01 \text{ m}$

$$lv = Zv + Zw = 31,01 + 2,025 = 33,035 \text{ m}$$

$$F = 0,0623x(51,5)^2x2979 = 492235,59 \text{ kG}$$

$$Mv = F \times lv = 16261003 \text{ kGm} = 16261 \text{ Tm}$$

$$L_{HEEL} = 1,582 \text{ m.}$$

Momen nghiêng cho trường hợp TH0, 10% dự trữ, Bảng 2-20

Lượng chiếm nước 8253 t

Món nước d 3,13m

$$Zw = d/2 \quad 1,506m$$

$$\Delta d = 3,13 - 3 = 0,13 \text{ m}$$

Diện tích A = $\Delta dx \cdot 60,96 = 8 \text{ m}^2$

Bảng 2-20 Momen nghiêng cho trường hợp TH0, 10% dự trữ

TT	TÊN GỌI	Av (m ²)	Zv (m)	Av.Zv (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Từ bảng tính TH0, d = 3m	3043	32,18	97932
2	Phạm chìm bổ sung	-8	0,065	-0
	Tổng cộng	3035	32,268	97932

Giá trị Zv so với đường nước tại d = 3,13 sẽ là: $32,268 - 0,13 = 32,13 \text{ m}$

$$l_v = Z_v + Zw = 32,13 + 1,506 = 33,63 \text{ m}$$

$$F = 0,0623 \times (51,5)^2 \times 3043 = 502810 \text{ kG}$$

$$M_v = F \times l_v = 16909522 \text{ kGm} = 16909,5 \text{ Tm}$$

$$L_{HEEL} = 2,05 \text{ m.}$$

Momen nghiêng cho trường hợp TH1, 100% dự trữ, Bảng 2-21

Lượng chiếm nước 10716 t

Món nước d 4,22m

$$Zw = d/2 \quad 2,11m$$

$$\Delta d = 4,22 - 3 = 1,22 \text{ m}$$

Diện tích A = $\Delta dx \cdot 60,96 = 74 \text{ m}^2$

Bảng 2-21 Momen nghiêng cho trường hợp TH1, 100% dự trữ

TT	TÊN GỌI	Av (m ²)	Zv (m)	Av.Zv (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Từ bảng tính TH1, d = 3m	2951	41,85	123494
2	Phầm chìm bổ sung	-74	0,61	-45
	Tổng cộng	2877	42,9	123449

Giá trị Zv so với đường nước tại d = 4,22 sẽ là: $42,9 - 1,22 = 41,68$ m

$$l_v = Z_v + Z_w = 41,68 + 2,11 = 43,79 \text{ m}$$

$$F = 0,0623x(36)^2x 2877 = 232291 \text{ kG}$$

$$M_v = F \times l_v = 10172035 \text{ kGm} = 10172,04 \text{ Tm}$$

$$L_{HEEL} = 0,949 \text{ m.}$$

Momen nghiêng cho trường hợp TH2, 100% dự trữ, Bảng 2-22

$$\text{Lượng chiếm nước} \quad 10716 \text{ t}$$

$$\text{Món nước} \quad d \quad 4,22 \text{ m}$$

$$Z_w = d/2 \quad 2,11 \text{ m}$$

$$\Delta d = 4,22 - 3 = 1,22 \text{ m}$$

$$\text{Diện tích} \quad A = \Delta dx 60,96 = 74 \text{ m}^2$$

Bảng 2-22 Momen nghiêng cho trường hợp TH2, 100% dự trữ

TT	TÊN GỌI	Av (m ²)	Zv (m)	Av.Zv (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Từ bảng tính TH2, d = 3m	3282	48,82	160226
2	Phầm chìm bổ sung	-74	0,61	-45

	Tổng cộng	3208	49,93	160181
--	-----------	------	-------	--------

Giá trị Z_v so với đường nước tại $d = 4,22$ sẽ là: $48,82 - 1,22 = 48,71$ m

$$l_v = Z_v + Z_w = 48,71 + 2,11 = 50,82 \text{ m}$$

$$F = 0,0623x(36)^2x 3208 = 2590164 \text{ kG}$$

$$M_v = F \times l_v = 13163193 \text{ kGm} = 13163,93 \text{ Tm}$$

$$L_{HEEL} = 1,23 \text{ m.}$$

Momen nghiêng cho trường hợp TH2, 10% dự trữ, Bảng 2-23

$$\text{Lượng chiêm nước} \quad 9951 \text{ t}$$

$$\text{Món nước} \quad d \quad 3,86 \text{ m}$$

$$Z_w = d/2 \quad 1,93 \text{ m}$$

$$\Delta d = 3,86 - 3 = 0,86 \text{ m}$$

$$\text{Diện tích} \quad A = \Delta d \times 60,96 = 52 \text{ m}^2$$

Bảng 2-23 Momen nghiêng cho trường hợp TH2, 10% dự trữ

TT	TÊN GỌI	A_v (m^2)	Z_v (m)	$A_v.Z_v$ (m^3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Từ bảng tính TH2, $d = 3 \text{ m}$	2951	41,85	123494
2	Phạm chìm bù sung	-52	0,43	-22
	Tổng cộng	2899	42,58	123472

Giá trị Z_v so với đường nước tại $d = 3,86$ sẽ là: $42,58 - 0,86 = 41,72$ m

$$l_v = Z_v + Z_w = 41,72 + 1,93 = 43,65 \text{ m}$$

$$F = 0,0623x(36)^2x 2899 = 2340675,79 \text{ kG}$$

$$M_v = F \times l_v = 10217050 \text{ kGm} = 10217,05 \text{ Tm}$$

$$L_{HEEL} = 1,027 \text{ m.}$$

2.6. Kết luận chương 2

Tóm lại, chương này trình bày các phương pháp xác định tải trọng môi trường tác dụng lên giàn khoan tự nâng. Trong đó các loại tải như sóng, gió, dòng chảy, lực trôi dạt được thực hiện dựa trên chương trình máy tính do nhóm nghiên cứu tự xây dựng trên nền chương trình MATLAB.

Với kết cấu chân đế giàn tự nâng phức tạp, nhóm nghiên cứu đã xuất sử dụng chuyển đổi về chân tương đương. Từ đó, có thể sử dụng công thức Morison để xác định tải trọng tác dụng lên chân đế, rút ngắn quá trình tính toán trong giai đoạn tiền xử lý.

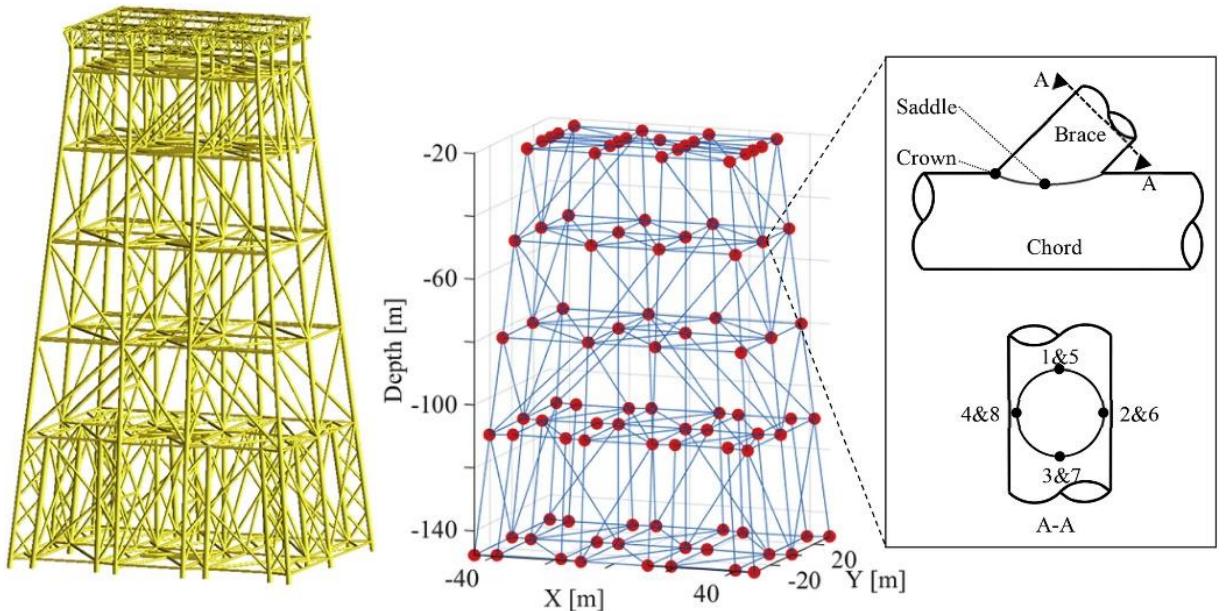
CHƯƠNG 3. PHÂN TÍCH MỎI GIÀN KHOAN TỰ NÂNG

3.1. Tình hình nghiên cứu mỏi cho giàn khoan

Lý do phổ biến cho các kết cấu ống kính thước lớn bị hưu hỏng sau một thời gian dài hoạt động là tổn thương mồi. Các hướng dẫn tính toán như API, DNVGL và ISO đã đưa ra các yêu cầu đánh giá tính toán khả năng chống lại tổn thương mồi để đảm bảo tính toàn vẹn của kết cấu. Dựa trên các chỉ số phân tích mức độ mồi, chúng ta có thiết lập kế hoạch kiểm tra định kỳ, các công tác này rất tốn kém cho dù được thực hiện bởi thợ lặn hoặc phương tiện vận hành từ xa (ROV's). So sánh các kết quả kiểm tra, với các tiên đoán thu được từ phương pháp mồi phổ (spectra fatigue - SF) cho thấy những dự đoán này là rất bảo thủ. Vì các dự đoán dựa trên SF được sử dụng để lập kế hoạch kiểm tra, tính chất bảo thủ của phương pháp mồi phổ là rất tốn kém. Ngược lại, các phương pháp chính xác và đáng tin cậy hơn để xác định vị trí có nguy cơ cao về tổn thương mồi, như các giải pháp phân tích mồi trong miền thời gian, mang lại tiềm năng tiết kiệm chi phí đáng kể. Phân tích mồi thời gian (Time domain fatigue - TDF) được coi là chính xác hơn phương pháp mồi phổ SF. Tuy nhiên, các hướng dẫn vẫn đề xuất phương pháp phổ mặc dù chúng được biết là ít chính xác hơn vì các lý do thuần túy: Các phương pháp phổ được tính toán ít đòi hỏi nhiều các dữ kiện đầu vào.

Trong thực tế các hướng dẫn chỉ đề nghị phân tích mồi thời gian TDF khi mô hình kết cấu hoặc tải ở dạng phi tuyến cao. Các ràng buộc về tính toán đã làm TDF không khả thi cho đến nay, bởi vì thời gian tính toán tương ứng có thể dễ dàng kéo dài vài ngày. Các công việc trước đây đã cố gắng làm giảm gánh nặng tính toán của TDF bằng cách sơ đồ phân tán trung bình, đưa ra những sai sót không cần thiết trong phân tích và vì vậy nên tránh. Các phân tích miền thời gian cho một phản ứng cực đoan cho đến nay đã tìm ra ứng dụng trong các hệ thống giàn cố định, vùng xuất hiện ứng suất tập trung đóng một vai trò lớn và cần được quan tâm giúp việc dự báo mồi có tính chính xác cao. Do các hạn chế về tính toán, những phân tích này thường được sử dụng để chỉ mô phỏng trạng thái biến đơn trong một khoảng thời gian ngắn, trong khi một phân tích đầy đủ sẽ yêu cầu xem xét hàng trăm trận địa chấn.

Tính kháng mồi của một kết cấu mẫu đã được phân tích bằng cả hai phương pháp, TDF và SF sử dụng các gói phần mềm USFOS và SACS để định lượng kết quả của cả hai phương pháp khác nhau đến mức nào. TDF đầy đủ mô phỏng toàn bộ tiến trình tính toán, là một phân tích rất cần thiết và không thích hợp cho các dự án thiết kế. Các kết quả của TDF đầy đủ được sử dụng làm điểm chuẩn cho các kết quả thu được từ SF và cho phép đánh giá phương pháp TDF được đơn giản hóa, nhằm giảm thời gian mô phỏng, đồng thời duy trì độ chính xác (Hình 3-1).

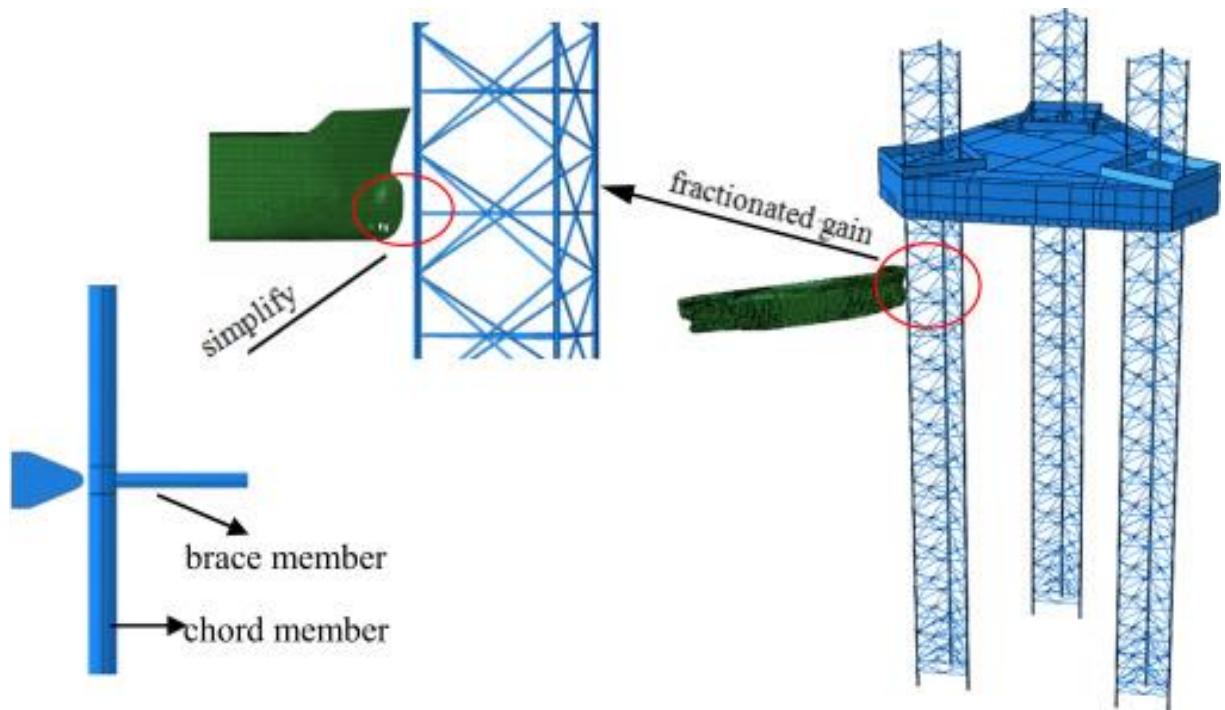


Hình 3-1 Các mối nối chân đế giàn khoan và xác định ứng suất điểm nóng

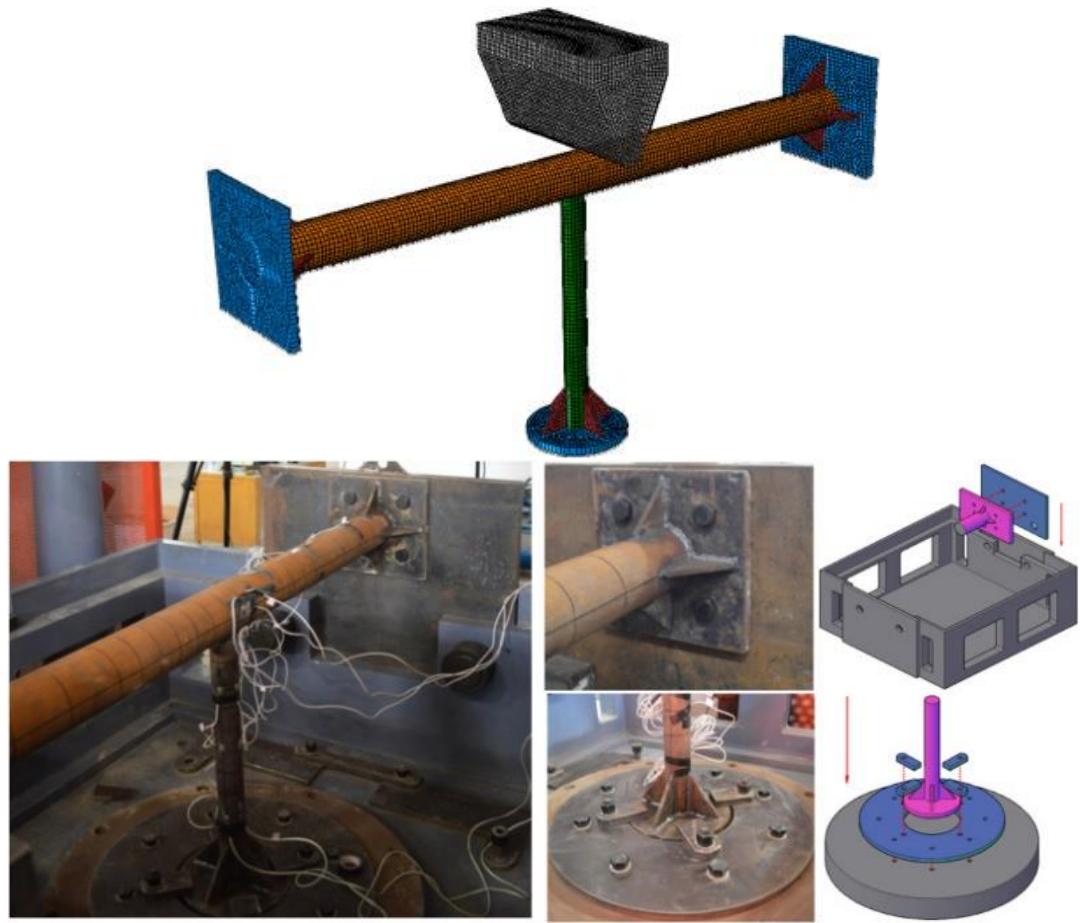
Nghiên cứu về khả năng chịu tải trọng và đập vào chân đế giàn khoan tự nâng, các nghiên cứu thực nghiệm và số học được thực hiện bởi nhóm cộng sự Zili Wang, Kun Liua, Chunyan Ji, Daifen Chen, George Wang, C. Guedes Soares để khảo sát hiệu suất của các khớp nối T trong kết cấu chân giàn tự nâng dưới tải trọng tác động của tải trọng và đập bên (Hình 3-2). Thí nghiệm va chạm động được nghiên cứu trong một máy kiểm tra trọng lượng giảm thả với ba độ cao khác nhau, và chế độ hư hỏng và thiệt hại cục bộ của mẫu vật được ghi chép lại (Hình 3-3).

Kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng các đường cong thời gian và lực tương ứng với ba độ cao rơi xuống có khuynh hướng tương tự trong quá trình biến dạng dẻo, và ba giai đoạn được quan sát thấy trong mỗi đường cong thời gian. Các chế độ hư hỏng của các khớp T thường lõm tại khu vực bị ảnh hưởng của các ống thành phần đốt giàn tại phần gần giữa khoảng của các ống đỡ. Khi cả hai đầu được cố định, thành phần ống tại đốt giàn sẽ hiển thị cơ chế hư hỏng do biến dạng dẻo khi uốn.

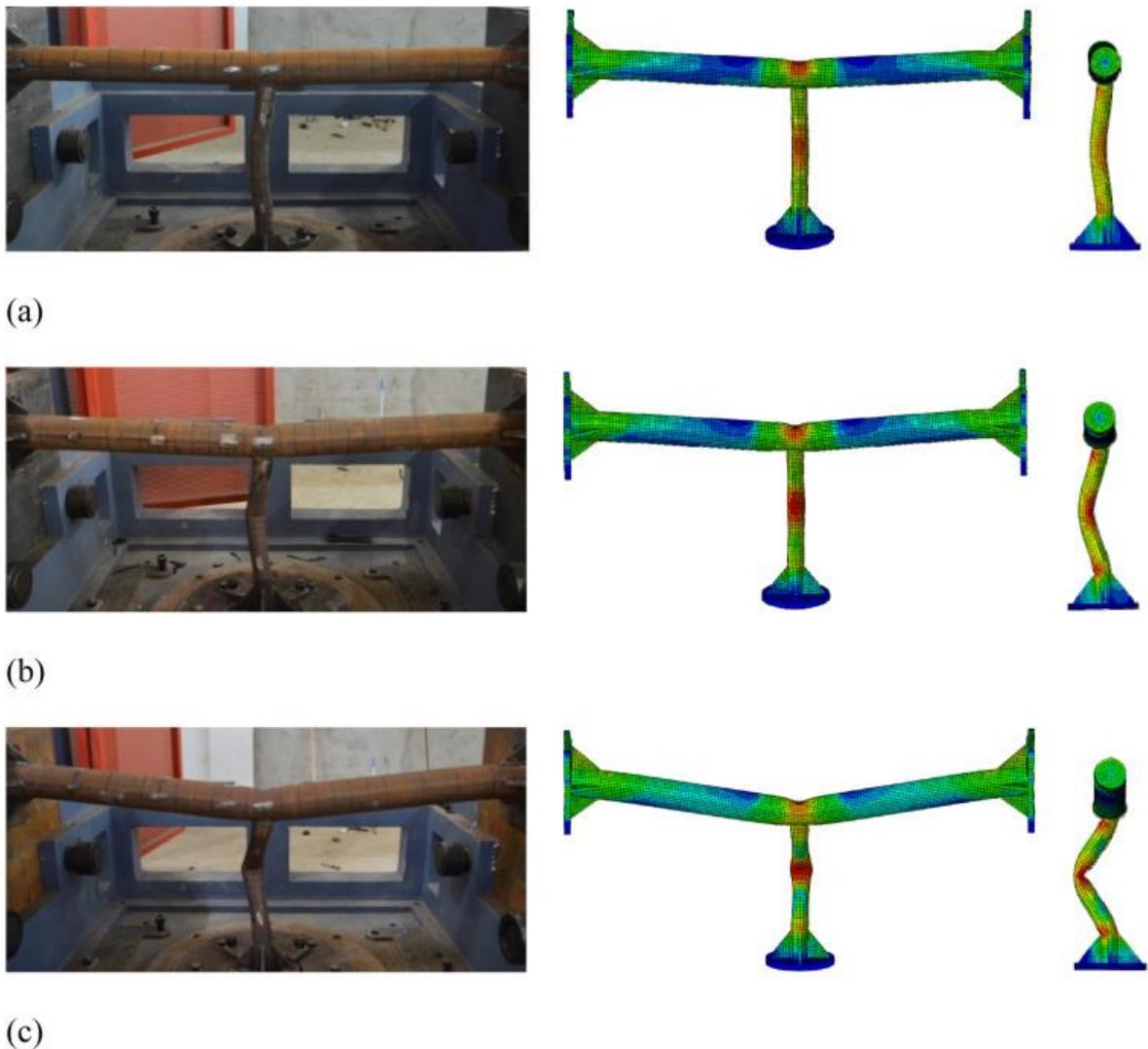
Các mô phỏng số nghiên cứu cho vật liệu phi tuyến được tiến hành để đánh giá kết quả của các khớp nối T, và các tác động khác nhau về tác động bên. Thủ nghiệm mẫu thép được tiến hành để có được các tính chất cơ học dưới cả điều kiện bán tĩnh và động, và các kết quả thử nghiệm này được nhập vào như các tính chất vật liệu cho mô phỏng số. Các kết quả mô phỏng theo phần tử hữu hạn FEM và kết quả thực nghiệm cho độ hội tụ tương đương (Hình 3-4). Đây cũng mở ra hướng nghiên cứu theo mô phỏng số để giảm bớt các thí nghiệm tốn kém, mất nhiều thời gian và công sức .



Hình 3-2 Kịch bản tiến trình va chạm và đơn giản

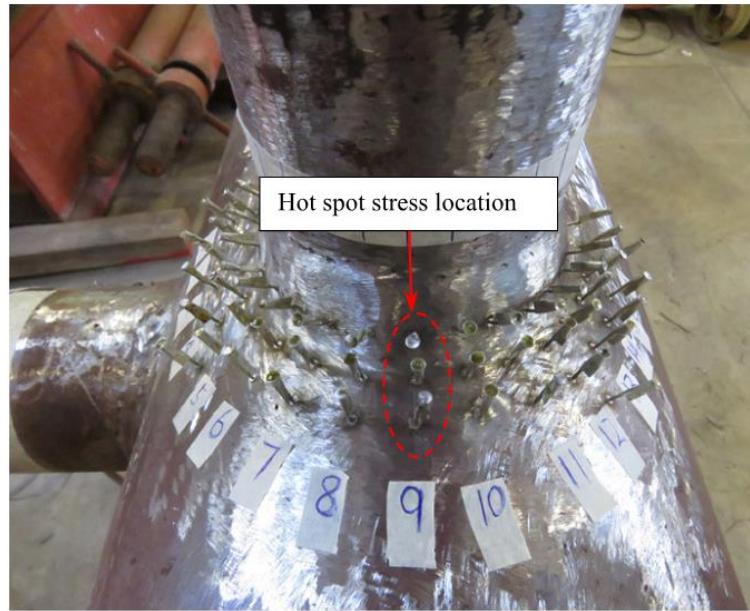


Hình 3-3 Kết cấu đốt chữ T chịu tải và đập (mô hình FEM và thực nghiệm)



Hình 3-4 Kết quả thực nghiệm và mô phỏng cho nút kết cấu T của giàn khoan tự nâng

Tồn thương mồi là hiện tượng vật liệu kết cấu bị hư hỏng do chịu tải tuần hoàn tích lũy trong khoảng thời gian làm việc, thực nghiệm và lý thuyết đều chứng minh rằng tại các vị trí tập trung ứng suất sẽ là nơi xuất hiện tồn thương mồi dễ nhất (Hình 3-5, Hình 3-6). Nhiều thành phần kết cấu của công trình biển phải chịu được sự đảo chiều ứng suất liên tục trong suốt thời gian hoạt động. Ví dụ loại tải trọng này tác dụng lên các công trình biển nói chung bao gồm các áp lực xen kẽ liên quan đến tải do sóng gây ra, rung động do xoáy, dao động tải do gió và các tác động môi trường khác. Nền tảng lý thuyết chi tiết cho phân tích mồi đã được nhiều tác giả đề cập đến từ cách đây vài thập kỷ. Tiếp nối theo sau là rất nhiều bài báo được đăng trên nhiều tạp chí khoa học chuyên ngành mồi và có thể được tìm thấy báo cáo trong kỹ yếu ISSC về lĩnh vực kết cấu tàu và công trình nổi.Thêm vào đó là các hướng dẫn trong tính toán độ bền mồi được trình bày trong các tài liệu của Hiệp hội hàn kết cấu Mỹ (American Welding Society – AWS). Các nghiên cứu gần đây về đánh giá tuổi thọ mồi của tàu thủy cũng được nhiều tác giả quan tâm và đăng tải trên các tạp chí uy tín chuyên ngành.



Hình 3-5 Vị trí tập trung ứng suất ;



Hình 3-6 Sự phá hủy do mồi tại vị trí ứng suất tập trung

Ngành công nghiệp dầu khí là một trong những ngành mũi nhọn, trọng điểm, luôn có những đóng góp đáng kể vào nguồn thu ngân sách Nhà nước, chiếm tỷ trọng cao trong kim ngạch xuất khẩu của đất nước và thu hút các nhà đầu tư nước ngoài mang vốn và công nghệ hiện đại vào Việt Nam. Trong khi khối doanh nghiệp Nhà nước đóng góp khoảng 42% GDP của cả nước, riêng Petrovietnam đã chiếm khoảng 16 - 18% GDP, mức cao nhất so với cả nước trong giai đoạn 2008 – 2015 [64].

Các doanh nghiệp đóng và khai thác giàn khoan, kho nồi, tàu dịch vụ trong tập đoàn dầu khí quốc gia đang ngày càng mở rộng quy mô cả về chất và về lượng. Một đặc điểm nổi bật của loại công trình biển này là khả năng hoạt động thường xuyên liên tục trong thời gian dài, chịu tác dụng của sóng, gió, các dòng hải lưu...Những ảnh hưởng này gây ra tổn thương tích lũy mỗi lên công trình, khiến chúng có thể bị nứt, gãy theo thời gian.

Việc tìm hiểu, nghiên cứu đánh giá tuổi thọ mồi lên công trình biển, đặc biệt là công trình biển di động và kho nồi hoạt động như các phương tiện giao thông trên biển, đang được các nhà khoa học trên thế giới đặc biệt quan tâm. Trong những năm

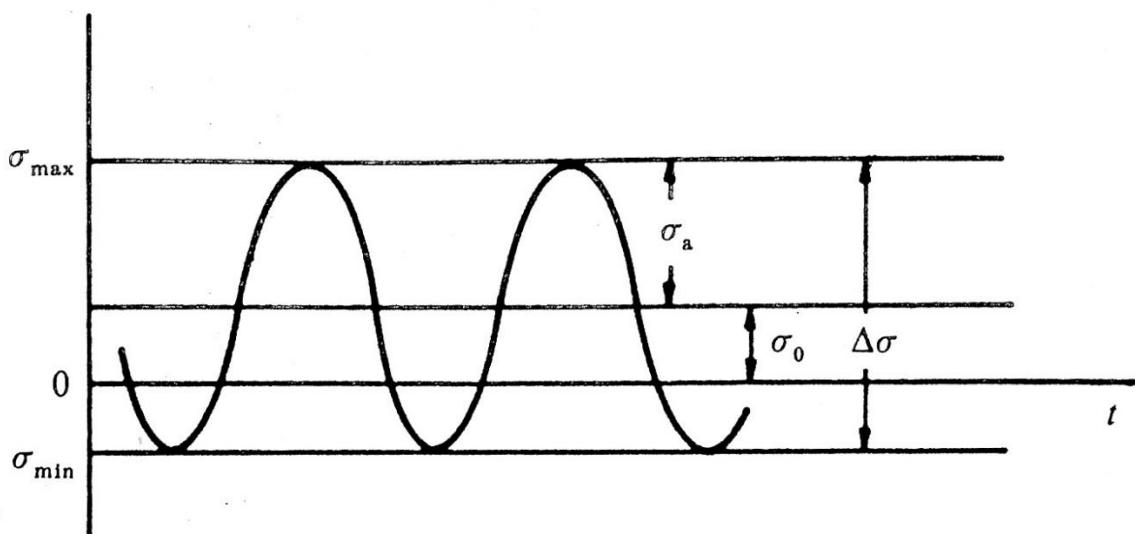
gần đây, vấn đề này bắt đầu được các nhà khoa học trong nước nghiên cứu, nhằm đưa ra những dự báo sớm cho các điểm nóng kết cấu, nâng cao tuổi thọ hoạt động công trình, đảm bảo an toàn, nâng cao hiệu quả kinh tế cho doanh nghiệp.

Ngoài ra, việc nghiên cứu và xây dựng công cụ có khả năng đánh giá tuổi thọ mỗi kết cấu công trình biển có thể áp dụng cho các công trình tương tự ven bờ như cầu cẩu nổi, ụ nổi, cảng nổi cũng như các tàu chở dầu. Nâng cao nhận thức về đánh giá tuổi thọ công trình trong giai đoạn công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước. Trong khuôn khổ chuyên môn phân tích kết cấu, nhóm nghiên cứu đã phát triển các tính toán phân tích độ bền tàu thủy, độ bền giới hạn cũng như ổn định kết cấu công trình nổi để nghiên cứu đánh giá tuổi thọ mỗi lên công trình biển di động hoạt động trong thềm lục địa Việt Nam [65-75].

3.2. Họ đường cong S-N

Đường S-N xây dựng từ kết quả thí nghiệm độ bền mỗi vật liệu, còn mang tên gọi đồ thị ứng suất – tuổi thọ (*stress-life*). Trục đứng trình bày *stress range*, trục ngang biểu diễn số chu trình đến phá hủy (*cycles to failure*) hoặc mang tên gọi *stress cycles* [76-85].

Với chu trình phá hủy dạng sóng sinusoidal, giá trị trung bình khác 0, biểu đồ ứng suất trình bày tại Hình 3-7, stress range hiểu như sau.



Hình 3-7 Biểu đồ ứng suất

Stress range tính bằng biểu thức:

$$\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

Biên độ ứng suất:

$$\sigma_a = \frac{1}{2}(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$$

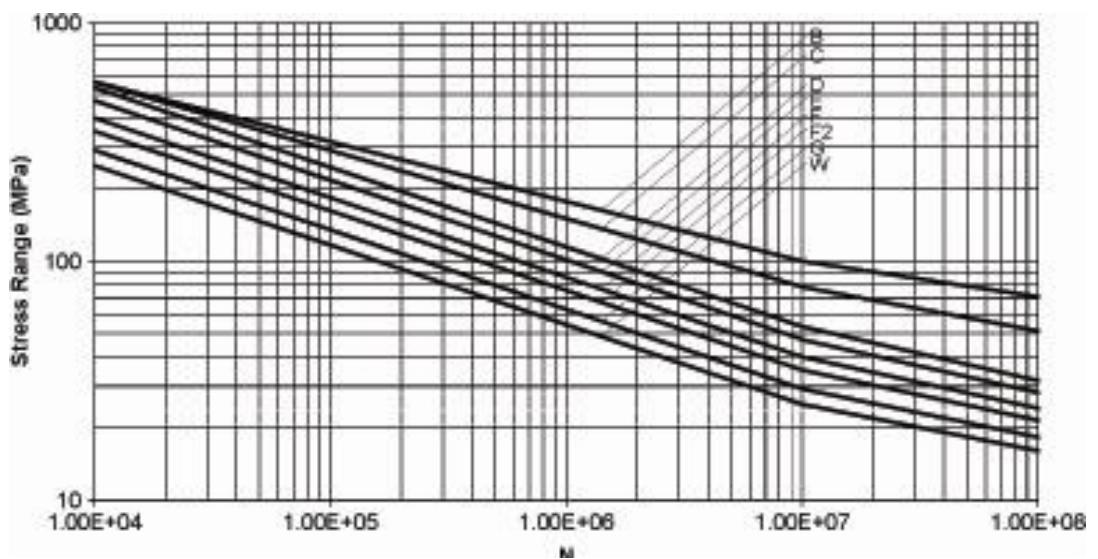
Ứng suất trung bình:

$$\sigma_m = \frac{1}{2}(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})$$

Trường hợp tính toán mỏi tàu thủy, giàn khoan di động, công trình ngoài khơi, ứng suất trung bình trong kết cấu ghi nhận mức 0, công thức xác định stress range được tính bằng 2 lần biên độ ứng suất tại điểm tính toán:

$$\Delta\sigma = 2\sigma_a$$

Đường S-N của DEn được giới thiệu tại Hình 3-8 dưới đây.



Hình 3-8 Hộ đường S-N theo DEn

Thư viện đường S-N hữu hiệu tính mỏi bao gồm:

(1) Theo tiêu chuẩn DNV

$$\text{Log}(N) = \text{Log } a - 2 \text{ Log } s - m \cdot \text{log}(S)$$

$$\text{và } \text{Log } a^* = \text{log } a - 2 \text{ Log } s$$

Mỗi loại đường hàn ứng với một trong 9 đường S-N mang ký hiệu B, C, D, E, F, F2, G, W, T. Các đường này mang giá trị sau:

Bảng 3-1 Đường S-N theo mã hiệu đường hàn: Số chu trình cơ sở 2.10^8 .

Kiểu	$N \leq 10^7$				$N > 10^7$	
	$\text{Log } a$	$\text{Log } s$	$\text{Log } a^*$	m	$\text{Log } a^*$	M
B	15,3697	0,1821	15,01	4,0	17,01	5,0

C	14,0342	0,2041	13,63	3,5	16,47	5,0
D	12,6007	0,2095	12,18	3,0	15,63	5,0
E	12,5169	0,2509	12,02	3,0	15,37	5,0
F	12,2370	0,2183	11,80	3,0	15,0	5,0
F ₂	12,0900	0,2279	11,63	3,0	14,72	5,0
G	11,7525	0,1793	11,39	3,0	14,32	5,0
W	11,5662	0,1846	11,20	3,0	14,0	5,0
T	12,6606	0,2484	12,16	3,0	15,62	5,0

Chi tiết các đường S-N có hệ thống chống ăn mòn hiệu quả nằm trong vùng ranh giới hay vùng ngập nước như sau:

Bảng 3-2 Đường S-N theo mã hiệu đường hàn có hệ thống chống ăn mòn

	<i>Log a</i>	<i>Log s</i>	<i>Log a*</i>	<i>m</i>	<i>Sr(MPa)</i>
B	15,3697	0,1821	15,01	4,0	48
C	14,0342	0,2041	13,63	3,5	33
D	12,6007	0,2095	12,18	3,0	20
E	12,5169	0,2509	12,02	3,0	18
F	12,2370	0,2183	11,80	3,0	15
F ₂	12,0900	0,2279	11,63	3,0	13
G	11,7525	0,1793	11,39	3,0	11
W	11,5662	0,1846	11,20	3,0	10
T	12,6606	0,2484	12,16	3,0	19

Chiều dày tiêu chuẩn:

Nối ống (nhóm T) 32mm

Nối không dạng ống đến 22mm

Hiệu chỉnh chiều dày theo công thức:

$$\text{Nối ống: } \log N = \log a^* - m \log \frac{S}{(32/t)^{1/4}}$$

(2) Theo tiêu chuẩn LR

Đường S-N theo Đăng kiểm LR áp dụng cho các môi nối. Đồ thị có dạng:

$$\log a = 14,94$$

$$m = 4,27 \quad \text{và} \quad N = 2 \cdot 10^8.$$

(3) Đường S -N theo tiêu chuẩn Bộ Năng lượng UK, theo Bảng 3-3

Bảng 3-3 Đường S -N theo tiêu chuẩn Bộ Năng lượng UK

Kiểu	$N > 10^7$				
	$\log a$	m	$Sr [N/mm^2]$	$\log a^*$	M
B	15,01	4,0	100	17,01	5,0
C	13,63	3,5	78	16,47	5,0
D	12,18	3,0	53	15,63	5,0
E	12,02	3,0	47	15,37	5,0
F	11,81	3,0	40	15,0	5,0
F_2	11,63	3,0	35	14,72	5,0
G	11,39	3,0	29	14,32	5,0
W	11,20	3,0	25	14,0	5,0
T	12,16	3,0	53	15,62	5,0

(3) Tiêu chuẩn của Viện dầu khí Mỹ API

Áp dụng cho trường hợp $N = 2 \cdot 10^8$

Đường X: $m = 4,38$; $\log a = 15,06$; $Sr = 35 \text{ N/mm}^2$

Đường X': $m = 3,74$; $\log a = 13,39$; $Sr = 23 \text{ N/mm}^2$

3.3. Phân tích lựa chọn mô hình tính mồi giàn khoan di động MODU

3.3.1. Quy trình tính mồi giàn khoan tự nâng Jack-up [82-83]

Thủ tục phân tích mồi gồm các phần việc chính:

Bước 1: Xác định điều kiện môi trường,

- Bước 2: Phân tích kết cấu giàn jack-up: tính sức bền chung, sức bền cục bộ.
 Bước 3: Chọn mối nối trong khu vực quan tâm,
 Bước 4: Chọn vật liệu chế tạo và đường S-N tương ứng với vật liệu,
 Bước 5: Tính hệ số tập trung ứng suất SCF,
 Bước 6: Tính ứng suất tại “điểm nóng”. Xây dựng RAO của phân bố ứng suất điểm nóng,
 Bước 7: Tính *range ứng suất* $\Delta\sigma$ cho trường hợp tính toán, thông thường dựa vào RAO nêu tại điểm 6, tính số chu trình phá hủy ứng với ứng suất đang tính n_i , xác định số chi trình đến phá hủy N_i nhờ đường S – N,
 Bước 8: Tính tổn thương mỗi, tính tuổi thọ mỗi.
- Công việc được lặp lại cho tất cả các điểm chọn lựa, cho mọi hoàn cảnh làm tổn hại mỗi cho phần tử kết cấu.

3.3.2. Xác định trạng thái biển(Sea States) [82]

Trạng thái biển được xác định theo Bảng 3-4 dưới đây:

Bảng 3-4 Phân bố sóng, tính bằng %, tại vùng biển nam Việt nam

Phạm vi chiều cao sóng m	Chiều cao m	Chu kỳ s	Tỷ lệ phần trăm %	Tổng sóng
0.15 -0.5	0.25	3.35	20.8985	1962252
0.5 -1.0	0.75	4.65	23.9138	1618458
1.0 -1.5	1.25	5.48	16.6485	956501
1.5 -2.0	1.75	6.13	10.9595	561742
2.0 -2.5	2.25	6.67	6.9350	327469
2.5 -3.0	2.75	7.14	4.3094	189988
3.0 -3.5	3.25	7.57	2.6424	109961
3.5 -4.0	3.75	7.96	1.6059	63578
4.0 -4.5	4.25	8.31	0.9696	36737
4.5 -5.0	4.75	8.65	0.5821	21208
5.0 -5.5	5.25	8.96	0.3476	12222

5.5 -6.0	5.75	9.25	0.2064	7025
6.0 -6.5	6.25	9.53	0.1218	4024
6.5 -7.0	6.75	9.80	0.0714	2294
7.0 -7.5	7.25	10.06	0.0415	1300
7.5 -8.0	7.75	10.3	0.0240	732
8.0 -8.5	8.25	10.54	0.0137	410
8.5 -9.0	8.75	10.76	0.0078	229
9.0 -9.5	9.25	10.98	0.0044	127
9.5 -10	9.75	11.19	0.0025	69
10 -10.5	10.25	11.40	0.0014	37
10.5 -11.0	10.75	11.60	0.0008	20
11.0 -11.5	11.25	11.80	0.0004	11
11.5 -12.0	11.75	11.98	0.0002	6
12.0 -12.5	12.25	12.17	0.0001	3
			90.278	5876403

Bảng 3-5 Chiều cao hữu nghĩa $h_{1/3}$ và hướng sóng

$h_{1/3}$, m	Hướng sóng								Xác suất	Tích lũy
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
0,0 - 0,5	0.27	2.99	3.09	1.25	1.92	4.50	1.07	0.15	15.2	100
0,5 – 1,0	0.05	4.22	2.8	0.37	0.77	5.32	1.95	0.33	15.7	84.8
1,0 – 1,5	0.15	8.25	2.01	0.08	0.35	8.83	4.47	0.12	24.2	69.1
1,5 – 2,0	0.07	6.93	0.53	0.01	0.03	4.47	2.75	0.05	14.9	44.9
2,0 – 2,5	0.06	6.45	0.21	0.01	0.05	2.87	1.24	0.05	10.9	30.0

2,5 – 3,0	0.05	5.22	0.05	-	0.05	0.96	0.42	0.01	7.7	19.2
3,0 – 3,5	0.02	5.25	0.03	-	0.02	0.33	0.17	0.02	5.8	11.4
3,5 – 4,0	0.01	3.18	0.01	-	-	0.11	0.06	-	3.4	5.6
4.0-4.5	0.05	1.05	-	-	-	0.01	0.01	-	1.1	2.2
4.5-5.0	0.01	0.64	-	-	-	0.01	-	-	0.6	1.1
5.0-5.5	-	0.25	-	-	-	0.03	-	-	0.3	0.5
5.5-6.0	-	0.15	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2
6.0-6.5	-	0.05	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1
6.5-7.0	-	0.03	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0
7.0-7.5	-	0.01	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0
SUM	0.7	45.7	8.8	1.8	3.2	27.4	12.1	0.6		
AVER.	1.8	2.4	1.0	0.5	0.8	1.5	1.5	1.2		

Kết quả khảo sát trên đây tổng kết dưới dạng phân bố xác suất xuất hiện sóng tại vùng biển nam Việt Nam (trạng thái biển).

Bảng 3-6 Xác suất xuất hiện sóng

Sea State	Chiều cao sóng $h_{1/3}$, m	Chu kỳ T, s	Xác suất xuất hiện, %
1	0.5	7.1	0.269
2	1	7.1	0.0498
3	1.5	7.1	0.1494
4	2	7.8	0.0697
5	2.5	7.8	0.0598
6	3	7.8	0.0498
7	3.5	8.5	0.0199
8	4	8.5	0.01

9	4.5	8.5	0.0498
10	5	8.5	0.01
11	0.5	7.1	2.979
12	1	7.1	4.2044
13	1.5	7.1	8.2296
14	2	7.8	6.9045
15	2.5	7.8	6.4262
16	3	7.8	6.1971
17	3.5	8.5	5.2406
18	4	8.5	3.168
19	4.5	8.5	1.0461
20	5	8.5	0.6376
21	5.5	9.2	0.259
22	6	9.2	0.1594
23	6.5	9.2	0.0598
24	7	9.9	0.0299
25	7.5	10.6	0.01
26	0.5	7.1	3.0786
27	1	7.1	2.7897
28	1.5	7.1	2.0026
29	2	7.8	0.5779
30	2.5	7.8	0.2092
31	3	7.8	0.0498
32	3.5	8.5	0.0299
33	4	8.5	0.01
34	0.5	7.1	1.2554
35	1	7.1	0.3686
36	1.5	7.1	0.0797
37	2	7.8	0.01

38	2.5	7.8	0.01
39	0.5	7.1	1.9129
40	1	7.1	0.7672
...			
70	2.5	7.8	0.0498
71	3	7.8	0.01
72	3.5	8.5	0.0199
			100

3.4. Hệ số tập trung ứng suất SCF [85]

Hệ số tập trung ứng suất dùng cho trường hợp tính giàn jack-up tìm một trong các chọn lựa sau:

(1) Sử dụng công thức có sẵn

+ Các lỗ khoét hình chữ nhật thường có trên thân giàn, hệ số tập trung ứng suất phụ thuộc vào tỉ lệ các cạnh lỗ khoét, bán kính góc lượn.

Tỉ lệ này giới hạn như sau:

- tỉ lệ giữa bán kính góc lượn / chiều dài lớn từ 0 đến 0,5
- tỉ lệ hai cạnh lỗ: 0,25 - 2,0

Hệ số tập trung ứng suất nằm trong phạm vi: $SCF = 2,0 - 5,0$.

+ Lỗ khoét tròn có gia cường mép

$SCF = 1,2 - 0,2T/t$ cho trường hợp $T/t \leq 2$

$SCF = 1,0 - 0,1T/t$ cho trường hợp $2 \leq T/t \leq 5$

trong đó t chiều dày tấm thép trong kết cấu đang xét, T - chiều dày tấm vòng gia cường.

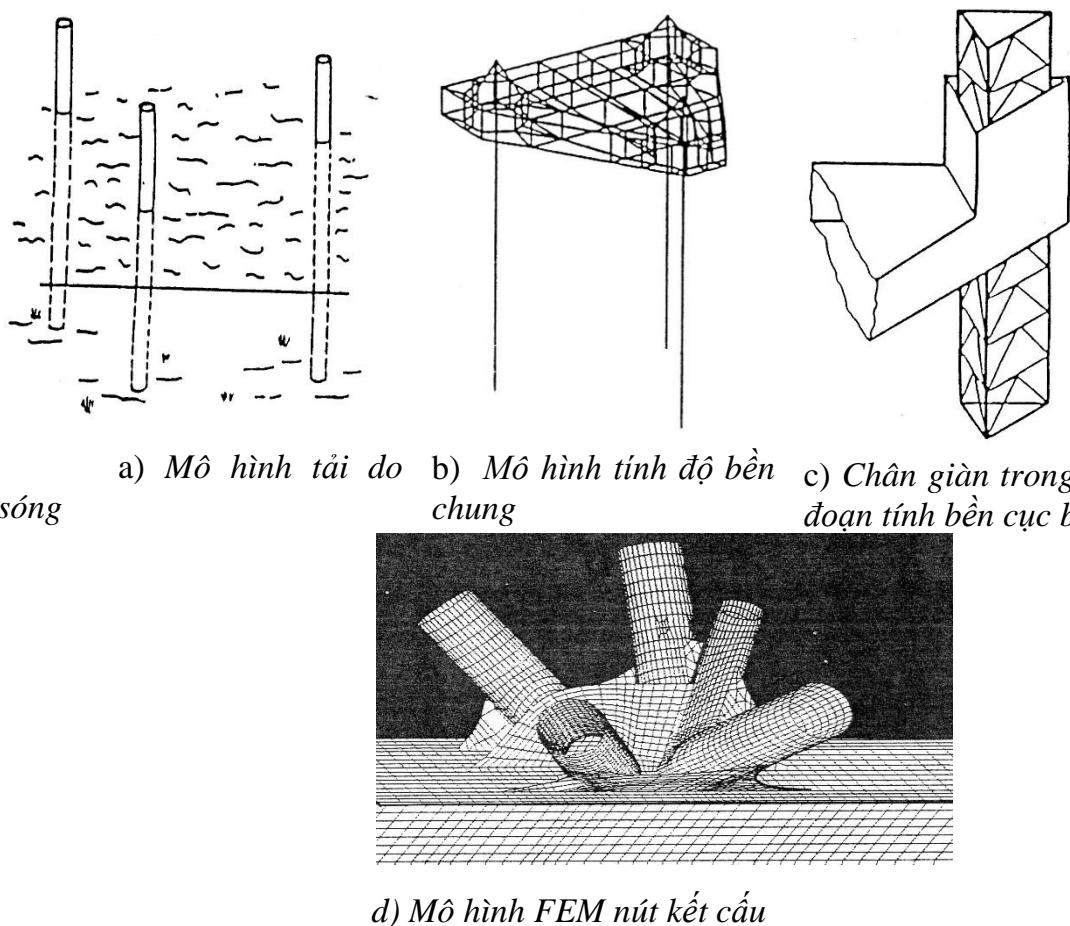
+ Các mối nối ống

Ứng suất tính toán tại “điểm nóng” của mối nối ống là tích của ứng suất liên tục (ứng suất chuẩn mực) với hệ số tập trung ứng suất. Hệ số SCF được chọn lựa từ các công thức chuẩn dùng cho giàn cố định bằng thép được đề nghị trong các tài liệu chuyên ngành.

(2) Phân tích ứng suất tại các nút theo phương pháp phân tử hữu hạn PTHH

Khi phân tích tập trung ứng suất tại mối nối kết cầu giàn, cần mô hình hoá các ống đưới dạng tấm vỏ. Người dùng được quyền chọn lựa cách tính hệ số tập trung ứng suất bằng phương pháp tính PTHH. Phần tử tấm 3 cạnh hoặc 4 cạnh, 24 bậc tự do cho tấm 3 cạnh và 32 bậc tự do cho tấm 4 cạnh được sử dụng khi tính. Số phần tử dùng tính mỗi nối T nên nằm trong phạm vi 1500 - 2000, nút K nên sử dụng 2000 - 2500 phần tử.

Minh họa thủ tục tính giàn jack-up, thực hiện tại phòng Công trình biển như Hình 3-9.



Hình 3-9 Mô hình phân tích kết cấu giàn di động

3.4.1. Kết cấu chân giàn:

Giàn tự nâng Tam Đảo 01 có kết cấu dạng điển hình của một giàn tự nâng với chức năng khoan là chủ yếu. Thân giàn là một vật thể kín nước gồm một khung sườn, các vách, sàn và vỏ. Hình dáng mặt bằng (mặt boong chính) gần như một tam giác. Trong thân giàn là các khoang, buồng dùng để bố trí các phương tiện kỹ thuật; còn trên boong chính chủ yếu gồm khu nhà ở, hai càn trực chính, kết cấu sàn máy bay lên thẳng, hệ nâng, các mô đun kỹ thuật khác, sàn khoan và tháp khoan. Sàn khoan và tháp khoan được bố trí phía sau, có thể trượt ra vào theo đường ray để cho trực khoan cách mép sau thân một khoảng tối đa bằng 12 – 19 m và tối thiểu bằng 4,5 m.

Thân giàn được đỡ bằng 3 chân. Các chân này được nâng hạ nhờ hệ truyền động thanh răng bánh răng. Khi kéo trên biển, các chân được nâng lên và thân giàn được hạ xuống mặt nước như một công trình nổi. Giàn được lai dắt bởi các tàu kéo theo hướng tiến lên phía trước (phía mũi). Tại địa điểm khai thác, ba chân đế được hạ xuống đồng thời tự vào đáy biển; còn thân giàn được nâng lên khỏi mực nước trung bình (MWL) đến độ cao cần thiết (tối đa là 14 m, tính từ MWL đến đáy thân), sao cho sóng lớn nhất không tác dụng vào thân giàn.

Mỗi chân là một hệ khung không gian hình lăng trụ tam giác đều đặt thẳng đứng, cao 100,1 m. Mỗi chân gồm 3 cột thẳng đứng và các ống giằng được hàn với nhau. Khoảng cách giữa các cột là 12 m. Dọc theo mỗi cột là một thanh răng hai phía, mỗi phía ăn khớp với 3 bánh răng của hệ nâng. Nhờ các động cơ, các bánh răng này có thể chuyển động đồng thời lên hoặc xuống, do đó thân giàn được nâng hạ theo bộ dẫn hướng. Phía trên và phía dưới khung của thiết bị nâng có các vòng đệm giảm chấn. Khoảng cách từ tâm chân đế trước đến trực đi qua các tâm của hai chân đế sau là 43,2 m.

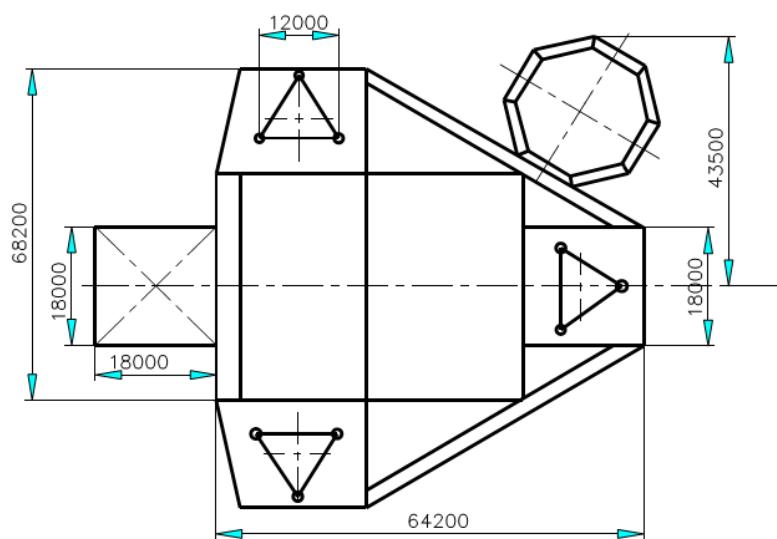
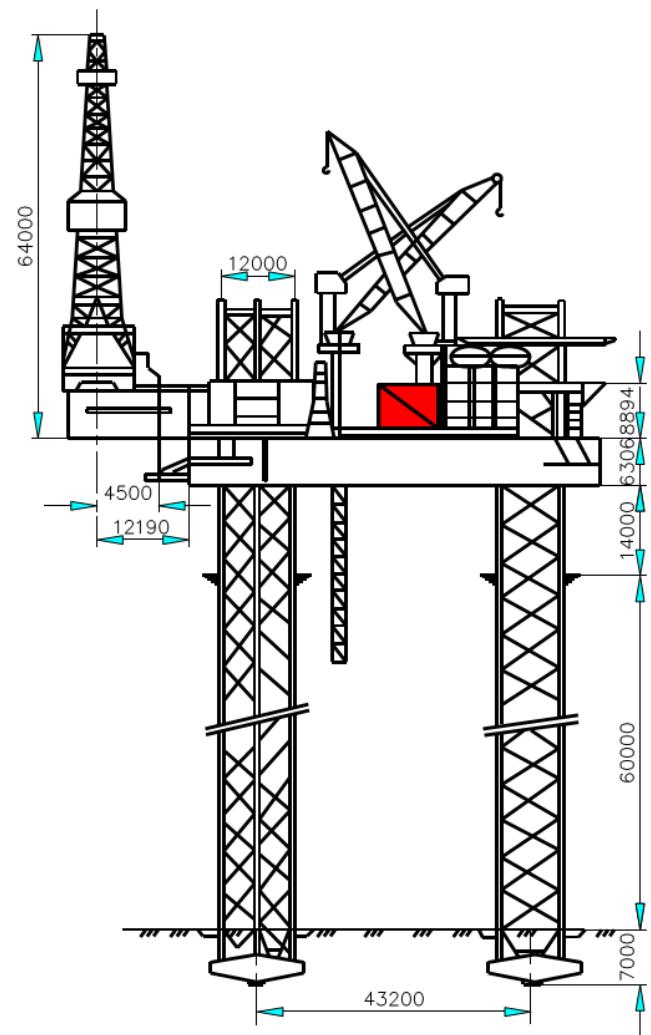
Giới hạn chảy của các loại ống khác nhau được cho như sau: Phần cuối mỗi chân là một đế cột (spudcan). Theo thiết kế, khi khai thác, chân đế ngập sâu trong đất 7 m, chiều sâu nước 60 m, khoảng cách từ MWL đến đáy thân là 14 m.

Kết cấu chi tiết của chân đế gồm 16 đốt, như Hình 3-11. Các cột (ống chủ) có đường kính ngoài bằng nhau $\phi 520$, nhưng chiều dày thành ống khác nhau (45, 35 và 18 mm). Các ống giằng chéo cũng vậy: đường kính ngoài không đổi $\phi 298,5$ nhưng chiều dày thành ống lần lượt bằng 45; 35 và 17,5 mm. Các ống giằng ngang có đường kính và chiều dày không đổi: $\phi 52 \times 10$.

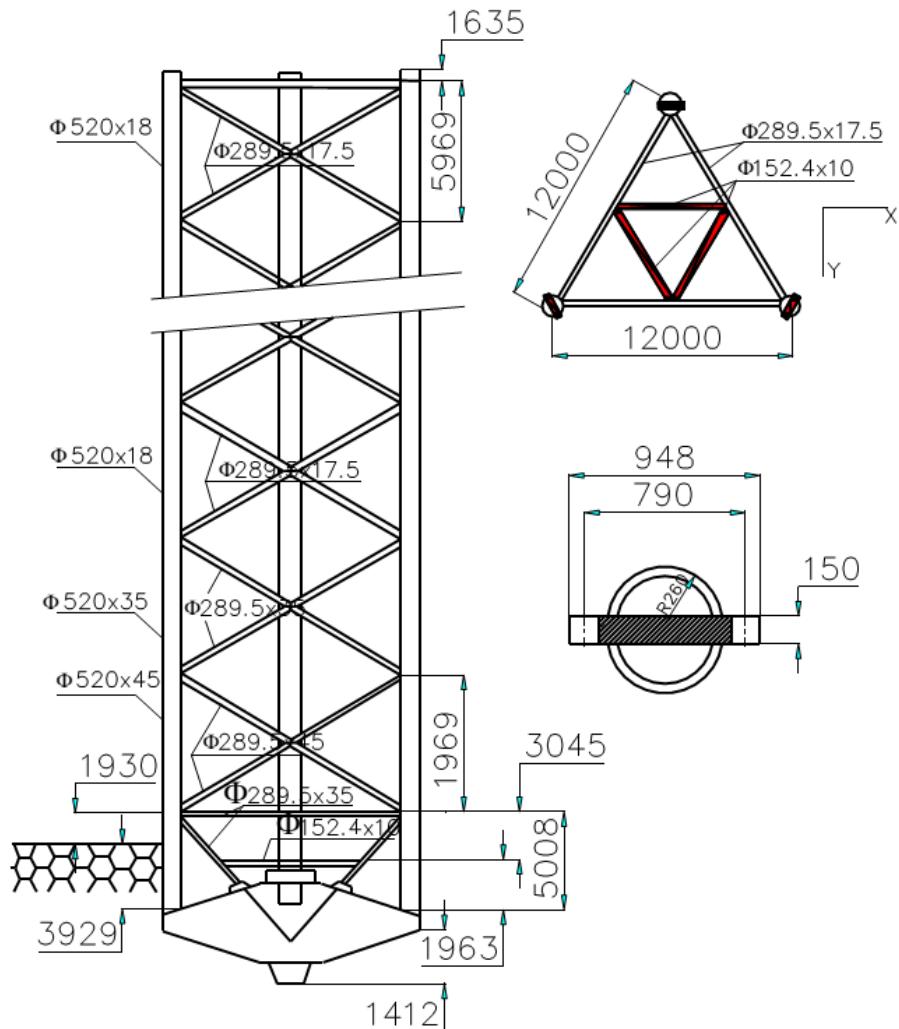
- Cột (ống chủ) $\phi 520 \times 45/35/18$: 686 MN/m² ;
- Ống giằng chéo $\phi 298,5 \times 45/35/17,5$: 618 MN/m²;
- Ống giằng ngang $\phi 152,4 \times 10$: 353 MN/m² . Vật liệu thép có:
- Mô đun đàn hồi $E = 2,1 \cdot 10^6$ MN/m²;
- Khối lượng riêng = 7800 kg/m³; – Trọng lượng riêng = 0,0765 MN/m³.

Kết quả khoan địa chất công trình vùng mỏ Bạch Hổ cho thấy ở độ sâu dưới 10 m chủ yếu là lớp cát lồng lãnh sét và vỏ sò. Do giàn Tam Đảo 01 làm việc trong vùng nền đất tương đối mềm như vậy (lún 7 m), với đường kính đế cột lớn (≈ 13 m), nên liên kết đế và đất cần được cho là ngầm đàn hồi. Với giả thiết tính toán trong miền đàn hồi của đất, các thông số của đất nền cát lãnh sét bão hòa nước vùng Bạch Hổ được cho như sau:

- Hệ số Poisson: $v = 0,45$;
- Mô đun trượt: $G = 3,1$ MN/m²;
- Mô đun đàn hồi về kéo nén: $E = 2G(1 + v) = 9,0$ MN/m



Hình 3-10 Kết cấu chân giàn tự nâng Tam Đảo 01



Hình 3-11 Kết cấu chân đế giàn Tam Đảo 01

3.4.2. Mô hình hóa kết cấu cho việc tính mồi ở trạng thái khai thác

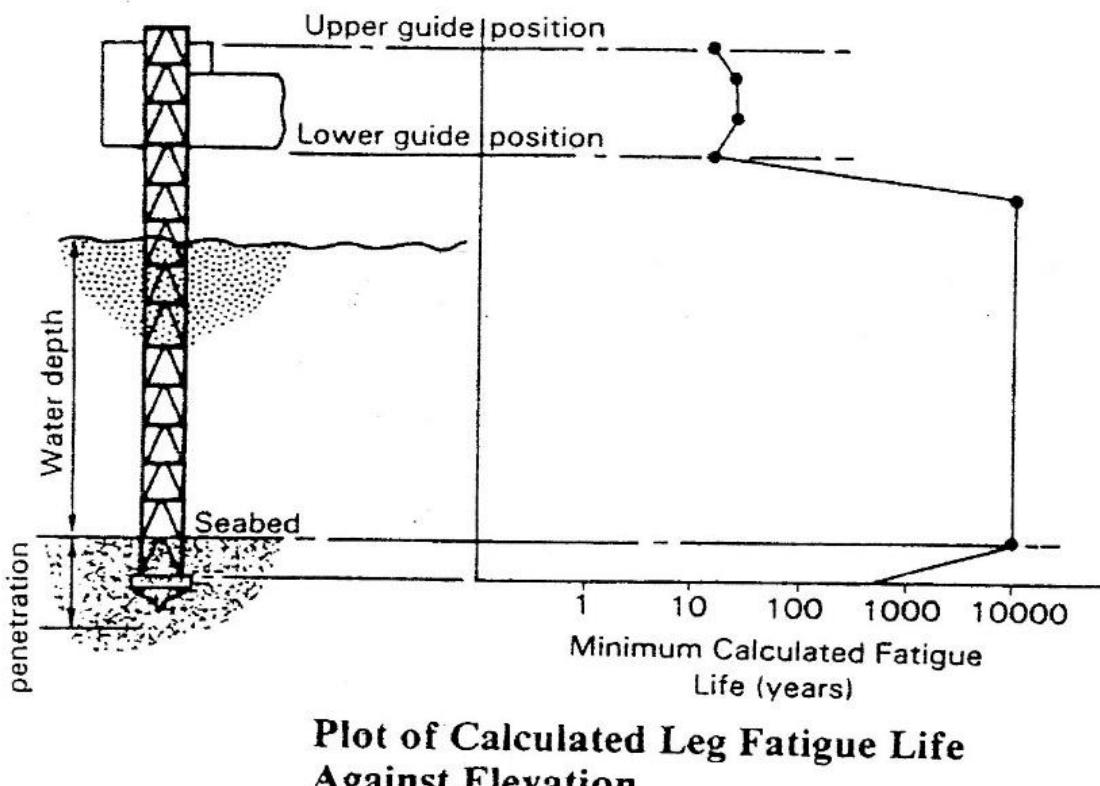
Liên kết chân đế và đất Trong điều kiện môi trường tương đối khắc nghiệt ở vùng biển Nam Việt Nam và với chiều sâu nước 60 m, tính toán mồi đòi hỏi phân tích động lực của giàn có xét đến mức độ ngầm của chân đế trong nền đáy biển. Tuy nhiên, mức độ liên kết chân đế và đất phụ thuộc vào loại đất nền và kích thước của đế cột (hình 3.2) [2]. Trong đất rắn (cát chật hay đất sét) với độ lún ít, liên kết đế và đất được coi như khớp cầu hoặc ngầm một phần; còn trong đất mềm, chân được vùi sâu có thể tạo ra các mô men, do đó có thể coi liên kết này là một ngầm.

Đối với đế cột kích thước bé (đường kính cỡ vài mét), độ cứng chống xoay là nhỏ, khi đó liên kết đế/đất được coi là khớp cầu (xoay tự do, không có chuyển vị dài và không có mô men ở chân cột).

Từ cơ sở phân bố tần suất xuất hiện sóng thuộc nhóm (h_w, τ) tại vùng biển nam Việt Nam có thể xây dựng hàm phân bố momen uốn và lực cắt chân giàn theo tần số cho giàn jack-up làm việc tại đây. Căn cứ từng trạng thái biển tiến hành xác định giá trị cụ thể momen uốn chân giàn, lực cắt chân theo phô vừa lập. Tỷ lệ tồn thương mồi chân giàn tại những nút chọn lựa, ứng với trạng thái biển phụ thuộc

stress range (số *gia ứng suất*) xác định từ phép tính ứng suất cho mỗi trạng thái biển đang xem xét. Tải kết hợp tính cho nút nhạy cảm thuộc phần tử đã xác định theo sơ đồ phần tử hữu hạn, từ cơ sở momen uốn, lực cắt đang nêu. Sau khi nhân với hệ số tập trung ứng suất, giá trị ứng suất điểm nóng ứng với trạng thái biển, ghi lại tại cột 2 Bảng 3-7 sau đây. Hệ số tập trung ứng suất kết cấu ống dạng K, KT vv... tính theo hướng dẫn tại qui phạm phân cấp và chế tạo giàn di động DNV, 2005 và LR.

Những điểm tính toán chọn tại vùng chứa nguy cơ xảy ra hiện tượng hư hại do mỏi. Theo kinh nghiệm của những nhà nghiên cứu của Đăng kiểm LR, những nút kết cấu nằm gần dãy hướng thường có tuổi thọ mỏi thấp, nếu so với nút kết cấu nằm ngoài vùng đang kể. Minh chứng cho điều này là đồ thị trình bày tuổi thọ mỏi kết cấu chân giàn tự nâng mà LR tổng kết, Hình 3-12.



Hình 3-12 Tuổi thọ mỏi chân giàn, tuổi tính bằng năm

3.5. Xác định tổn thương mỏi tích lũy

Tổn thương mỏi kết cấu chân giàn đang xem xét tại vùng yếu nhất xác định cho mỗi trạng thái biển nêu tại Bảng 3-7. Tổn thương mỏi tích lũy, tính cho thời hạn 1 năm trình bày tại cột 4 tại Bảng 3-7.

Bảng 3-7 Tổn thương mỏi kết cấu chân giàn

Trạng thái biển	Ứng suất, MPa	D=1/Ni	Tổn thương
1	0.00		
2	0.00		

3	20.08	1.8771E-08	2.6263E-07
4	25.55	3.8699E-08	1.0724E-07
5	32.85	8.2249E-08	1.6779E-07
6	47.45	2.4787E-07	3.5070E-07
7	52.93	3.4396E-07	7.1288E-08
8	73.00	9.0259E-07	4.7251E-08
9	94.90	1.983E-06	2.5745E-06
10	116.80	3.697E-06	1.9354E-07
11	0.00		
12	0.00		
13	20.08	1.8771E-08	7.9711E-04
14	25.55	3.8699E-08	1.0525E-03
15	32.85	8.2249E-08	1.9377E-03
16	47.45	2.4787E-07	5.4301E-03
17	52.93	3.4396E-07	4.9453E-03
18	73.00	9.0259E-07	4.7423E-03
19	94.90	1.983E-06	1.1357E-03
20	116.80	3.697E-06	7.8672E-04
21	127.75	4.8373E-06	1.5692E-04
22	158.78	9.2869E-06	1.1413E-04
23	182.50	1.4103E-05	2.4394E-05
24	204.40	1.9814E-05	7.9623E-06
25	206.23	2.0349E-05	8.5426E-07
26	0.00		
27	0.00		
28	20.08	1.8771E-08	4.7177E-05
29	25.55	3.8699E-08	7.3723E-06
30	32.85	8.2249E-08	2.0536E-06
31	47.45	2.4787E-07	3.5070E-07

32	52.93	3.4396E-07	1.6095E-07
33	73.00	9.0259E-07	4.7251E-08
34	0.00		
35	0.00		
36	20.08	1.8771E-08	7.4728E-08
37	25.55	3.8699E-08	2.2078E-09
38	32.85	8.2249E-08	4.6923E-09
63	52.93	3.4396E-07	5.1682E-06
64	73.00	9.0259E-07	1.6897E-06
65	94.90	1.983E-06	1.0381E-07
66	0.00		
67	0.00		
68	20.08	1.8771E-08	1.6826E-07
69	25.55	3.8699E-08	5.4751E-08
70	32.85	8.2249E-08	1.1637E-07
71	47.45	2.4787E-07	1.4141E-08
72	52.93	3.4396E-07	7.1288E-08
Tổn thương tính cho 1 năm			2.3587E-02

Kết quả tính cho thấy rằng, tỷ lệ tổn thương mỗi tổng cộng trong 1 năm tính bằng:

$$D = 0,023587 \text{ hay sau làm tròn số } D \approx 0,0236.$$

Căn cứ tiêu chuẩn đặt ra cho độ bền mỗi giàn mà Đăng kiểm Việt Nam VR, các Đăng kiểm nước ngoài BV, LR, ABS, DNV, viện dầu khí USA API đưa ra, giàn phải có tuổi thọ mỗi danh định 20 năm, còn hệ số an toàn áp dụng cho đánh giá mỗi bảng 2. Giá trị đang nêu cho phép xác định tiếp là tổn thương do mỗi, cho phép trong 1 năm là:

$$[D] = \frac{1}{2 \times 20} = 0,025$$

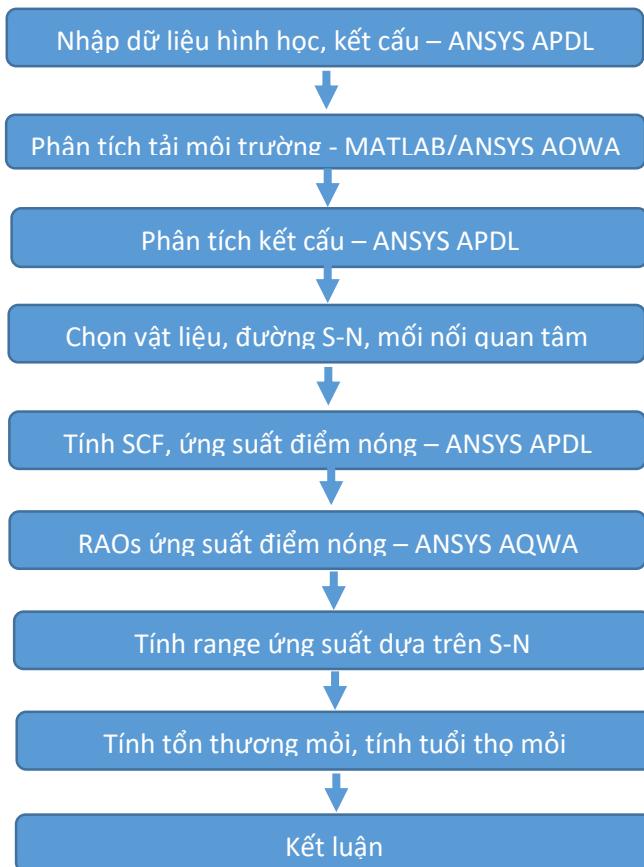
Giàn đang thiết kế có tỷ lệ tổn thương $D = 0,0236$ nhỏ hơn giá trị giới hạn 0,025:

$$D = 0,0236 \leq [D] = 0,025$$

3.6. Kết luận chương 3

Về tổng thể, chương này trình bày thành tựu nghiên cứu của các công bố trong nước và quốc tế có liên quan đến lĩnh vực phân tích kết cấu giàn khoan biển. Đề tài đã tham khảo cách xây dựng họ đường cong S-N từ các cơ quan nghiên cứu, Đăng kiểm trên thế giới trên cơ sở lý thuyết và thực nghiệm. Từ đó rút ra sơ đồ tổ chức phân tích tuổi thọ mới của kết cấu giàn khoan tự nâng trong nhóm giàn di động MODU.

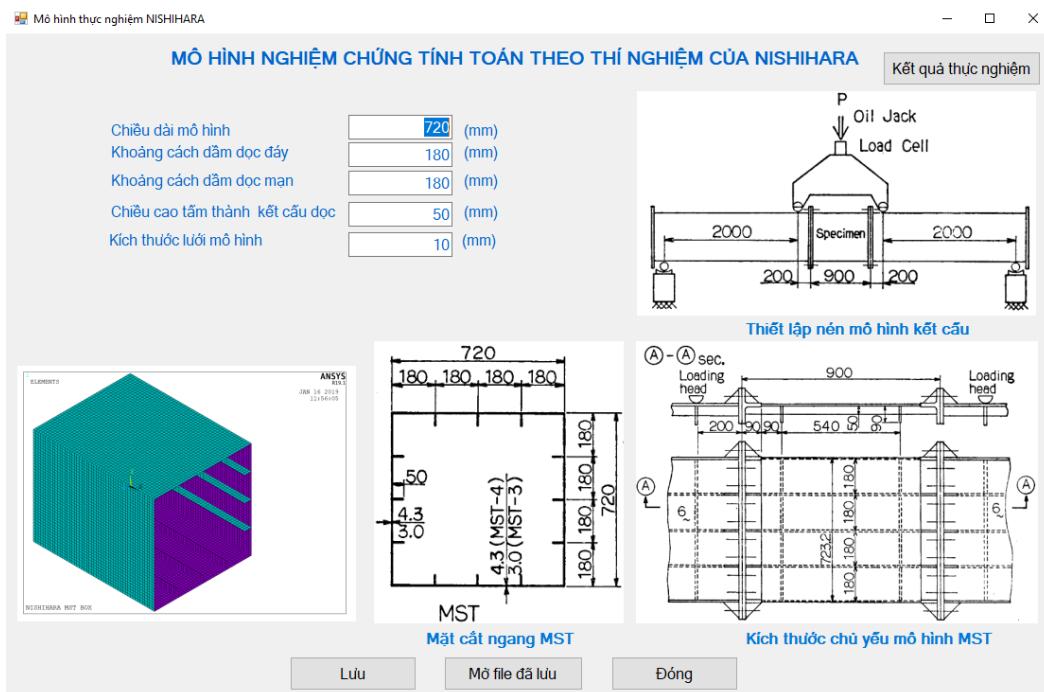
Đề xuất mô hình tính tuổi thọ mới cho công trình biển di động như sau:



Thông qua giao diện phần mềm như Hình 3-13 dưới đây:

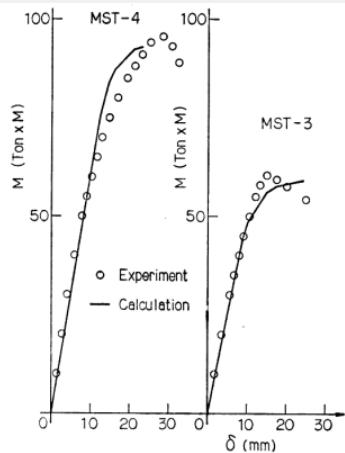


Hình 3-13 Giao diện chính chương trình tính toán mồi cho công trình biển



Hình 3-14 Mô hình so sánh phương pháp phân tích FEA với thực nghiệm

KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM NISHIHARA



Model	Experiment M _{max} (ton-m)	Calculation (ton·m)				M _{max} / M _U	M _U / M _A	M _{max} / M _A
		M _U	M _{D,B}	M _A	M _{D,B}			
MST-4	94.5	92.9	93.3	87.2	75.7	1.02	1.065	1.08
MST-3	57.5 60.0	59.1	70.8	57.7	43.7	.973 1.02	1.02	.997 1.04
MDT-S-H	60.5 85.5	61.2 80.8	72.2 95.9	61.2 70.6	44.6 60.1	.989 1.06	1.00 1.14	.989 1.21
MSB-S-H	49.1 68.5	52.6 74.0	62.1 89.0	52.6 60.1	36.5 55.2	.933 .926	1.00 1.23	.933 1.14
MSC-S-H	113.5 88.0	96.8 84.5	84.8 95.9	91.0 78.4	76.3 59.3	1.17 1.04	1.06 1.08	1.25 1.12

Material property
(unit: kg, mm)
 t σ_y E ν
 3.05 29.3 2.11×10^4 .277
 4.35 26.9 2.12×10^4 .281
 5.60 32.1 2.11×10^4 .289

Đóng

Hình 3-15 Kết quả thực nghiệm mô hình MST của Nishihara

CHƯƠNG TRÌNH XÁC ĐỊNH TÀI TRỌNG MÔI TRƯỜNG TÁC DỤNG LÊN GIẦN TỰ NĂNG

Tính tải trọng gió

Tính lực dạt

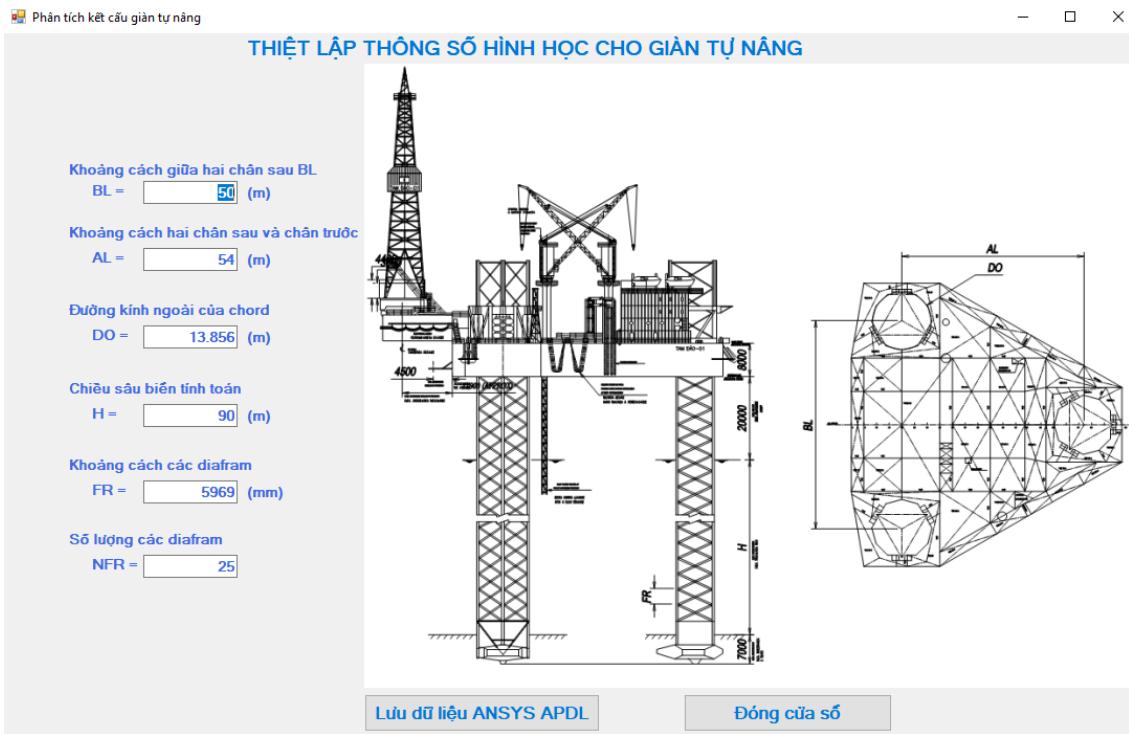
Tính tải dòng chảy

Tính tải trọng sóng

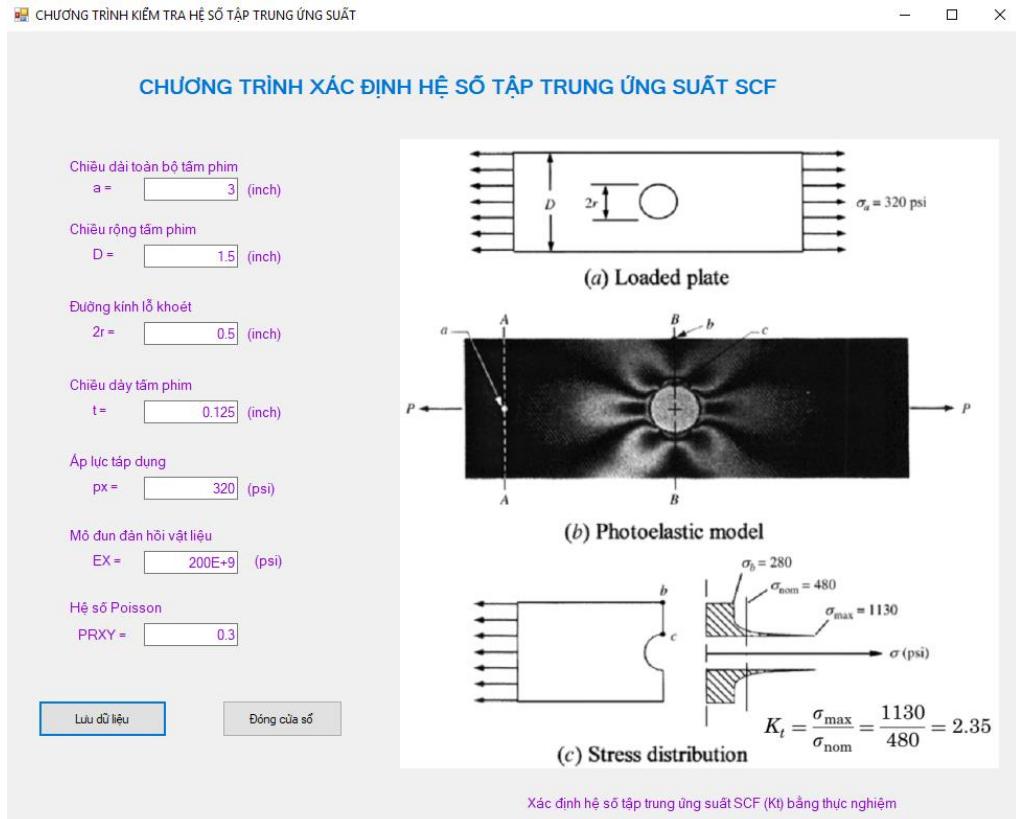


Đóng cửa sổ

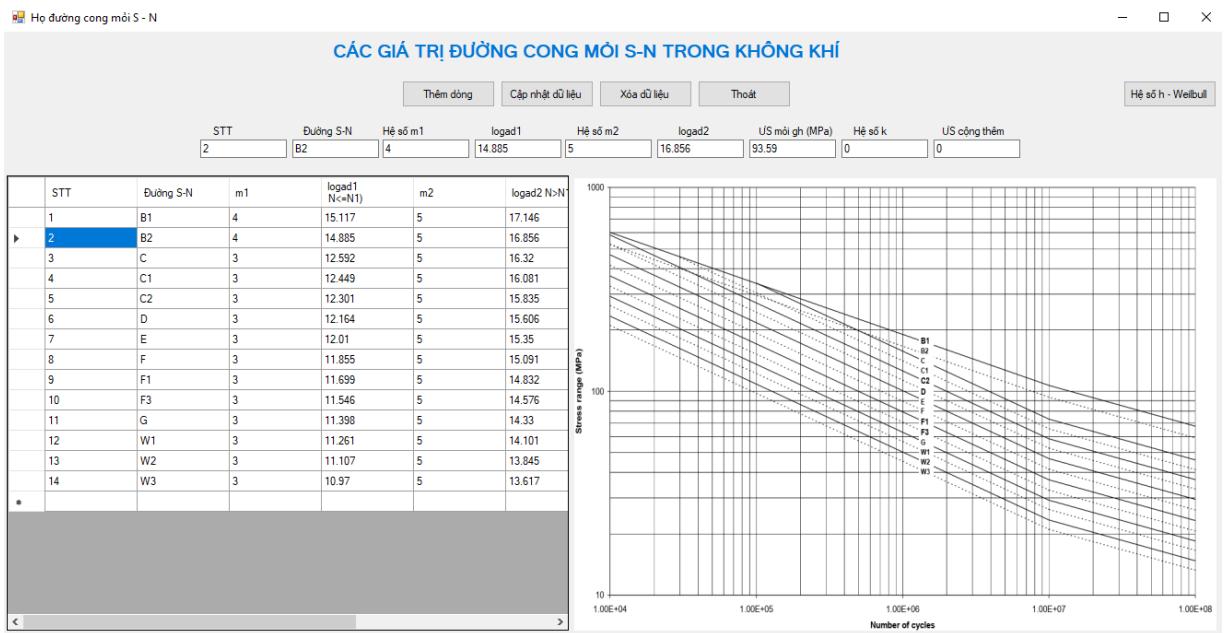
Hình 3-16 Xác định tải môi trường qua MATLAB



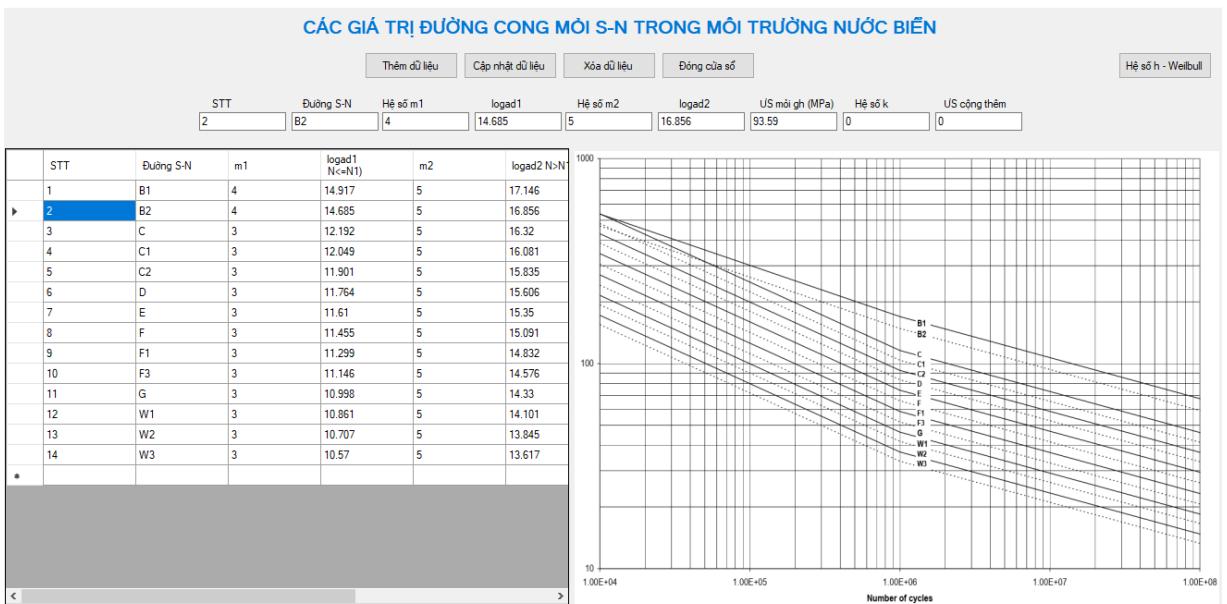
Hình 3-17 Xây dựng mô hình giàn tự nâng theo tham số ANSYS APDL



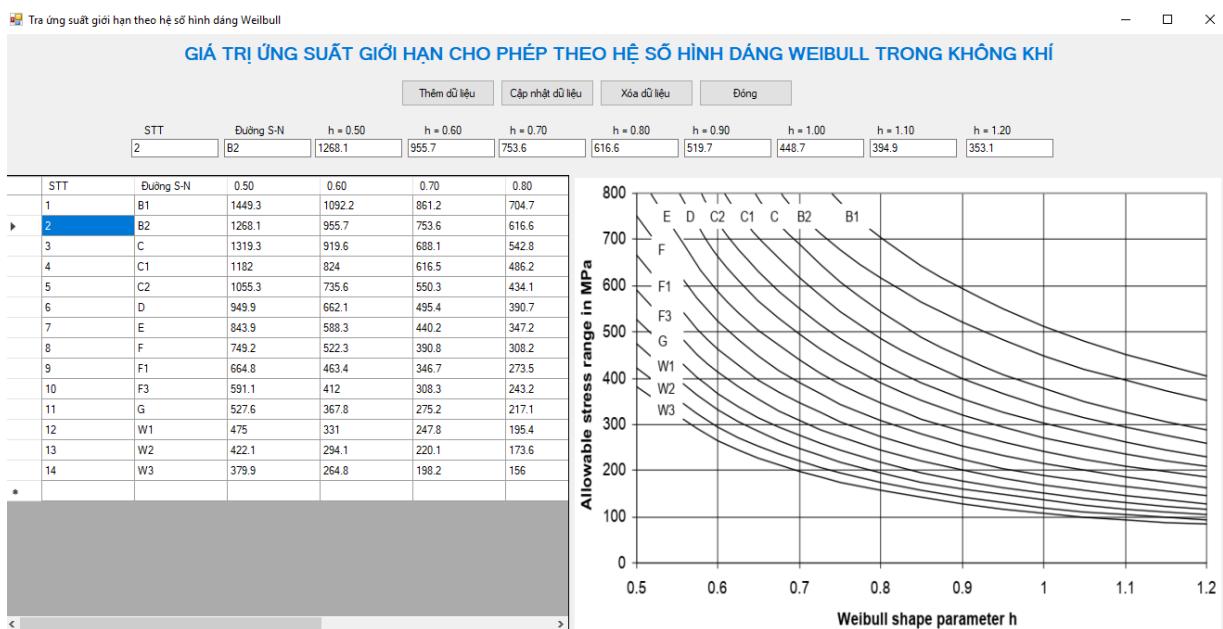
Hình 3-18 Xác định hệ số tập trung ứng suất theo mô phỏng và thực nghiệm



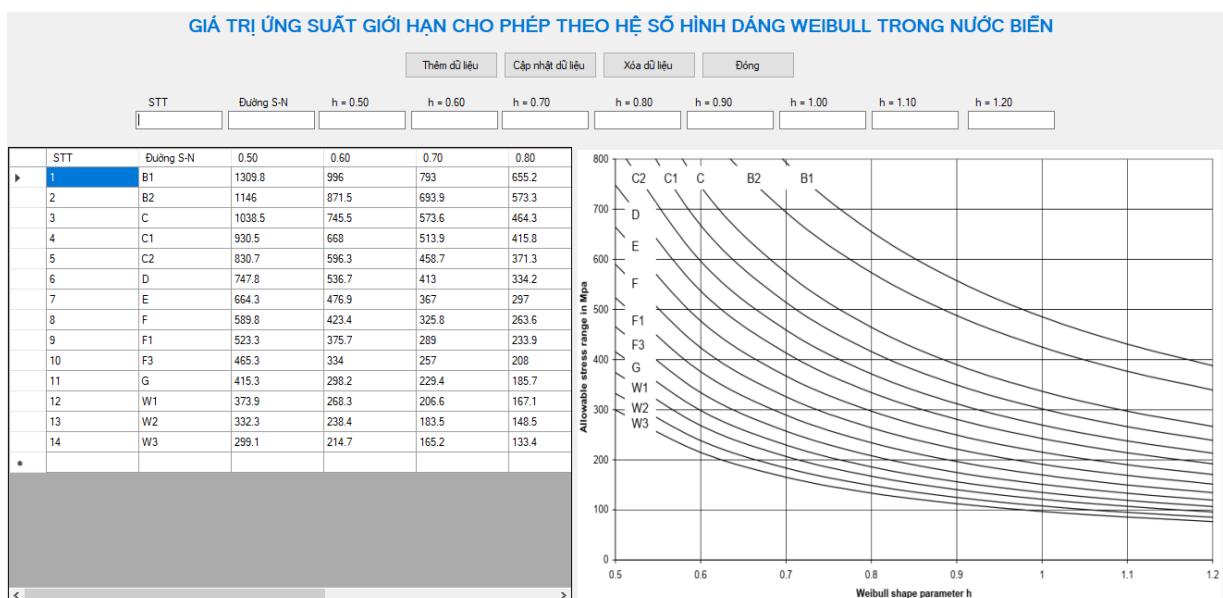
Hình 3-19 Hộ đường cong S-N trong không khí (theo DnV)



Hình 3-20 Hộ đường cong S-N trong môi trường nước biển (theo DnV)



Hình 3-21 Hệ số hàm hình dáng Weibull h trong không khí



Hình 3-22 Hệ số hàm hình dáng Weibull h trong nước biển

Chương trình tính toán tần thương mỏi tích lũy

TÍNH TOÁN TỔN THƯƠNG MỎI TÍCH LŨY

NHẬP DỮ LIỆU		KẾT QUẢ TÍNH TOÁN	
Điểm nóng tính toán thứ	<input type="text" value="1"/>	Điểm nóng tính toán thứ	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/>
Chọn đường S-N	B2 <input type="button" value="▼"/>	Thời gian làm việc tính toán theo giờ Td	<input type="text" value="630720000"/> <input type="text" value="630720000"/>
Ứng suất lớn nhất trong giải	<input type="text" value="131"/>	Số chu kỳ tính toán trong thời gian làm việc n0	<input type="text" value="100284480"/> <input type="text" value="100284480"/>
Hệ số tập trung ứng suất SCF	<input type="text" value="3"/>	Tham số tỷ lệ tính theo Weibull q	<input type="text" value="27.8"/> <input type="text" value="11.12"/>
Hệ số hình dáng Weibull	<input type="text" value="1.1"/>	Chiều dày/ kích thước hiệu chỉnh	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="1.05"/>
Số chu kỳ tính toán N1 cho đường S-N	<input type="text" value="1E+7"/>	Giá trị Gamma($1+m1/h$)	<input type="text" value="14.09"/> <input type="text" value="4.31"/>
Giá trị m1 từ đường S-N ($N \leq N1$)	<input type="text" value="4"/>	Giá trị Gamma($1+m2/h$)	<input type="text" value="56.33"/> <input type="text" value="56.33"/>
Logad1 từ đường S-N ($N \leq N1$)	<input type="text" value="14.885"/>	Ứng suất tại khuỷu đường S-N: giá trị S1	<input type="text" value="93.59"/> <input type="text" value="36.84"/>
Giá trị m2 từ đường S-N ($N > N1$)	<input type="text" value="5"/>	$(S1/q)^h$	<input type="text" value="3.8"/> <input type="text" value="3.73"/>
Logad2 từ đường S-N ($N > N1$)	<input type="text" value="16.856"/>	Phân bố Gamma $P((1 + m1/h), (S1/q)^h)$	<input type="text" value="0.4"/> <input type="text" value="0.57"/>
Số năm làm việc	<input type="text" value="20"/>	Phân bố Gamma $P((1 + m2/h), (S1/q)^h)$	<input type="text" value="0.24"/> <input type="text" value="0.23"/>
Tần số gia tăng v0	<input type="text" value="0.159"/>	Tần thương tích lũy D	<input type="text" value="0.98"/> <input type="text" value="0.98"/>
Chiều dày hiệu dụng	<input type="text" value="30"/>	Thời gian phục vụ còn lại (năm)	<input type="text" value="20.38"/> <input type="text" value="19.98"/>
Chiều dày tham chiếu	<input type="text" value="25"/>	Kết luận	<input type="button" value="Thỏa mãn"/> <input type="button" value="Không thỏa mãn"/>
Số mũ gia tăng chiều dày k	<input type="text" value="0"/>		

Hình 3-23 Tính toán tần thương mỏi dựa vào chu trình ứng suất trong 20 năm

Với chương trình như trên, người tính toán hoàn toàn có thể làm chủ được các công cụ và triển khai công việc nhanh chóng vì các tính năng tiện lợi của nó. Trước đây, để tính toán tần thương mỏi tích lũy chúng ta cần rất nhiều dữ liệu và đòi hỏi cấu hình máy tính cao. Từ Hình 3-23 cho thấy các giá trị nhập vào cần phải được thực hiện từ các bước phân tích, với các công cụ MATLAB cho phép xác định tải môi trường, ANSYS APDL cho phép tính toán, phân tích kết cấu, xác định hệ số tập trung ứng suất SCF với các chương trình tích hợp tiện lợi. Với mục tiêu có thể dùng bất kỳ phiên bản nào của MATLAB và ANSYS cũng có thể chạy được, nhóm nghiên cứu đã đề xuất các chương trình con viết theo ngôn ngữ lập trình tương thích, khi cần tính chỉ cần mở phần mềm thương mại và file chứa sẵn dữ liệu lập trình và nhúng vào đó, kết quả sẽ nhanh chóng đáp ứng.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Đề tài đã hoàn thành tất cả yêu cầu như đề cương chi tiết, đã xây dựng hoàn chỉnh một chương trình tính toán mô hình lũy thừa trên nền tảng C#.net, có giao diện thân thiện, công cụ hỗ trợ tính toán, phân tích tải trọng theo MATLAB và kết cấu theo ANSYS. Kết quả thể hiện khả năng đánh giá mỗi trong thời gian 20 năm làm việc với điều kiện khí hậu Nam Việt Nam.

Về kết quả chung của đề tài: Cơ bản đã tìm ra hướng giải quyết nhanh các bài toán xác định tải trọng môi trường tác động lên công trình biển thông qua các chương trình do nhóm nghiên cứu viết trên nền của MATLAB. Hiện tại, có thể nâng cấp thành một phần mềm chung và kết nối với ANSYS để giải bài toán phân tích kết cấu, từ đó xác định hệ số tập trung ứng suất SCF tiến hành phân tích mỗi theo phương pháp tĩnh định hay phương pháp phân tích phổ. Nhóm nghiên cứu đang triển khai sử dụng ngôn ngữ lập trình C# để xây dựng hoàn chỉnh chương trình tính toán dựa vào 2 công cụ tính hỗ trợ là MATLAB và ANSYS.

Xây dựng hoàn chỉnh chương trình tính toán kết cấu, tính toán hệ số tập trung ứng suất, động lực học giàn derrick trên nền tảng ANSYS APDL;

Xây dựng hoàn chỉnh chương trình tính toán tải trọng sóng, gió, dòng chảy tác dụng lên giàn derrick trên nền tảng MATLAB, ANSYS AQWA;

Xác định tổn thương mỗi theo trạng thái sóng biển tại khu vực Vũng Tàu, từ đó đánh giá tổn thương mỗi tích lũy cho giàn khoan tự nâng Tam Đảo 01;

Từ mô hình tính toán trên đây, có thể áp dụng cho các loại công trình biển di động khác như kho nồi chứa dầu (FPSO, FSO), tàu chở dầu, giàn bán chìm, thậm chí cả giàn khoan cố định bằng thép. Những đánh giá về tuổi thọ mỗi này giúp cho chủ đầu tư biết được thời gian khai thác còn lại của công trình và có biện pháp khắc phục, nâng cao hiệu quả kinh tế, mang lại doanh thu cho tổng thu nhập quốc dân hàng năm.

Kết quả cụ thể: sản phẩm có 05 các bài báo đã được công bố với nội dung liên quan đến lĩnh vực phân tích kết cấu, vượt chỉ tiêu đăng ký, tải trọng môi trường, động lực học giàn khoan là những thông số đầu vào cho bài toán mỗi công trình biển di động, cụ thể trong Phụ lục 1.

Kết quả tham gia đào tạo sau đại học: Hướng dẫn thành công 01 học viên Phạm Phú Quốc đã bảo vệ vào ngày 31 tháng 1 năm 2018, có 02 học viên đã hoàn thành xong phần luận văn, hiện tại đã nộp chờ phản biện, vượt mức chỉ tiêu theo đề cương đăng ký.

Kiến nghị

Mặc dù kết quả đạt được của đề tài về cơ bản đáp ứng đúng theo đề cương đăng ký, và sản phẩm nghiên cứu, đào tạo sau đại học vượt mức chỉ tiêu, tuy nhiên trong quá trình thực hiện còn gặp rất nhiều khó khăn như các thí nghiệm, kết quả thực nghiệm đều được tham khảo bởi các công bố khoa học từ nước ngoài, khi điều kiện trong nước chưa cho phép. Vấn đề thông số tải trọng môi trường cho tính toán mới cũng chưa được quan tâm đầy đủ, do vậy có thể dẫn đến các sai số khi kết luận.

Mặc dù có một số nhà khoa học đã công bố nghiên cứu về mồi với giàn khoan, song các chương trình tính toán mồi cho giàn di động chưa được phổ biến trong nước, trong khi các phần mềm thương mại để tính được có giá thành rất cao, chưa thể đáp ứng ngay thời điểm hiện tại được. Do đó, khi triển khai viết các công cụ này nhóm nghiên cứu đã gặp nhiều khó khăn.

Trên đây là những khó khăn, nhóm nghiên cứu rất mong nhận được sự cảm thông của đồng nghiệp, các nhà khoa học và đặc biệt là Vụ Khoa học công nghệ, Bộ Giao thông vận tải. Định hướng trong tương lai, nếu được đầu tư về trang thiết bị, nhóm xin đề xuất mua thiết bị đánh giá tuổi thọ mồi cho công trình, từ đó sẽ phân mềm tính toán cũng được kiểm chứng cho độ tin cậy cao hơn. Có thể nói, đây là công cụ tốt cho giảng viên, học viên, nghiên cứu sinh học tốt học phần Công trình biển cố định, di động cũng như phân tích độ bền kết cấu tàu và công trình nổi, đề xuất được chuyển giao.

Trân trọng cảm ơn các thầy cô giáo trong khoa Kỹ thuật tàu thủy và các thầy cô từng tham gia giảng dạy ở khoa nay công tác tại Xí nghiệp liên doanh Việt Sov Petro đã nhiệt tình giúp đỡ, cung cấp đầy đủ số liệu về thủy văn, tải trọng môi trường và các thông tin về giàn khoan tự nâng như Tam Đảo 01, 02 và 05.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Roh, K. Lee, W. Choi, and S. Yoo, "Improvement of ship design practice using a 3D CAD model of a hull structure," *Robot. Comput. Integrat. Manuf.*, vol. 24, no. 1, pp. 105–124, Feb. 2008.
- [2] G. Wang, J. Spencer, and Y. Chen, "Assessment of a ship's performance in accidents," *Mar. Struct.*, vol. 15, pp. 313–333, 2002.
- [3] S. K. Lee, H. Choi, and S. Surendran, "Experimental studies on the slowly varying drift motion of a berthed container ship model," *Ocean Eng.*, vol. 33, no. 17–18, pp. 2454–2465, Dec. 2006.
- [4] B. C. Simonsen, "Ship Grounding on Roek--I . Theory," vol. 10, no. 1997, pp. 519–562, 1998.
- [5] H. Ahmadi, M. A. Lotfollahi-Yaghin, and S. Asoodeh, "Degree of bending (DoB) in tubular K-joints of offshore structures subjected to in-plane bending (IPB) loads: Study of geometrical effects and parametric formulation," *Ocean Eng.*, vol. 102, pp. 105–116, 2015.
- [6] R. Bridges, K. Riska, L. Lu, M. du-Couedic-de-Kererant, and J.-M. Aubert, "A study on the specification of minimum design air temperature for ships and offshore structures," *Ocean Eng.*, vol. 160, no. April, pp. 478–489, 2018.
- [7] S. E. Hirdaris *et al.*, "Loads for use in the design of ships and offshore structures," *Ocean Eng.*, vol. 78, pp. 131–174, 2014.
- [8] J. Jia, "The effect of gravity on the dynamic characteristics and fatigue life assessment of offshore structures," *J. Constr. Steel Res.*, vol. 118, pp. 1–21, 2016.
- [9] H. Ahmadi and M. A. Lotfollahi-Yaghin, "Stress concentration due to in-plane bending (IPB) loads in ring-stiffened tubular KT-joints of offshore structures: Parametric study and design formulation," *Appl. Ocean Res.*, vol. 51, pp. 54–66, 2015.
- [10] A. A. Denton, "The loss of a jack-up under tow," *Mar. Struct.*, vol. 2, no. 3–5, pp. 213–231, 1989.
- [11] R. Ragni, D. Wang, D. Mašín, B. Bienen, M. J. Cassidy, and S. A. Stanier, "Numerical modelling of the effects of consolidation on jack-up spudcan penetration," *Comput. Geotech.*, vol. 78, pp. 25–37, 2016.
- [12] Y. G. Cao and S. H. Zhang, "Failure analysis of a pinion of the jacking system of a jack-up platform," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 33, pp. 212–221, 2013.
- [13] Y. Dalgic, I. Lazakis, O. Turan, and S. Judah, "Investigation of optimum jack-up vessel chartering strategy for offshore wind farm O&M activities," *Ocean Eng.*, vol. 95, pp. 106–115, 2015.
- [14] N. Shabakhty, "System failure probability of offshore jack-up platforms in the combination of fatigue and fracture," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 18, no. 1, pp. 223–243, 2011.
- [15] Y. M. A. Welaya, A. Elhewy, and M. Hegazy, "Investigation of Jack-Up leg extension for deep water operations," *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 288–300, 2015.
- [16] T. Zhao and C. Sun, "A new spudcan with buoyancy modules for mobile jack-up rigs," *Appl. Ocean Res.*, vol. 47, pp. 154–161, 2014.
- [17] L. C. Scot Kobus, R. W. Fogal, and E. Sacchi, "Jack-up conversion for production," *Mar. Struct.*, vol. 2, no. 3–5, pp. 193–211, 1989.
- [18] J. Juncher Jensen, A. E. Mansour, and P. Terndrup Pedersen, "Reliability of jack-up platform against overturning," *Mar. Struct.*, vol. 4, no. 3, pp. 203–229, 1991.
- [19] D. Mao, M. Zhang, L. Zhang, M. Duan, and L. Song, "Sliding risk of jack-up platform re-installation close to existing footprint and its countermeasure," *Pet. Explor. Dev.*, vol. 42, no. 2, pp. 259–264, 2015.
- [20] E. C. Hambly and B. A. Nicholson, "Fatigue of jack-ups: Simplifying calculations," *Mar. Struct.*, vol. 2, no. 3–5, pp. 233–253, 1989.

- [21] G. Vlahos, M. J. Cassidy, and C. M. Martin, “Experimental investigation of the system behaviour of a model three-legged jack-up on clay,” *Appl. Ocean Res.*, vol. 30, no. 4, pp. 323–337, 2008.
- [22] C. P. Ellinas, R. Kwok, and K. A. J. Williams, “Collision damage of jack-ups,” *Mar. Struct.*, vol. 2, no. 3–5, pp. 265–279, 1989.
- [23] M. Stålhane, M. Christiansen, O. Kirkeby, and A. J. Mikkelsen, “Optimizing Jack-up vessel strategies for maintaining offshore wind farms,” *Energy Procedia*, vol. 137, pp. 291–298, 2017.
- [24] C. Gaudin, M. J. Cassidy, B. Bienen, and M. S. Hossain, “Recent contributions of geotechnical centrifuge modelling to the understanding of jack-up spudcan behaviour,” *Ocean Eng.*, vol. 38, no. 7, pp. 900–914, 2011.
- [25] B. J. Leira, D. Karunakara, and H. Nordal, “Estimation of fatigue damage and extreme response for a jack-up platform,” *Mar. Struct.*, vol. 3, no. 6, pp. 461–493, 1990.
- [26] Z. Wang, K. Liu, C. Ji, D. Chen, G. Wang, and C. G. Soares, “Experimental and numerical investigations on the T joint of jack-up platform laterally punched by a knife edge indenter,” *Ocean Eng.*, vol. 127, no. October, pp. 212–225, 2016.
- [27] Y. Cao *et al.*, “Parameter sensitivity study of dynamic response for jack-ups by FEM analysis,” *Ocean Eng.*, vol. 124, pp. 125–134, 2016.
- [28] C. Bulley *et al.*, “A Morbidity Screening Tool for identifying fatigue, pain, upper limb dysfunction and lymphedema after breast cancer treatment: A validity study,” *Eur. J. Oncol. Nurs.*, vol. 18, no. 2, pp. 218–227, 2014.
- [29] J. Mirzadeh, M. Kimiae, and M. J. Cassidy, “Performance of an example jack-up platform under directional random ocean waves,” *Appl. Ocean Res.*, vol. 54, pp. 87–100, 2016.
- [30] J. Wang, H. Zhao, J. Zou, H. Zhou, Z. Wu, and S. Du, “Welding distortion prediction with elastic FE analysis and mitigation practice in fabrication of cantilever beam component of jack-up drilling rig,” *Ocean Eng.*, vol. 130, no. December 2016, pp. 25–39, 2017.
- [31] C. P. Ellinas, “Mechanics of ship/jack-up collisions,” *J. Constr. Steel Res.*, vol. 33, no. 3, pp. 283–305, Jan. 1995.
- [32] C. Mommaas and W. Dedden, “The development of a stochastic non-linear and dynamic jack-up design and analysis method,” *Mar. Struct.*, vol. 2, no. 3–5, pp. 335–363, 1989.
- [33] W. H. Kang, C. Zhang, and J. X. Yu, “Stochastic extreme motion analysis of jack-up responses during wet towing,” *Ocean Eng.*, vol. 111, pp. 56–66, 2016.
- [34] J. Zhang, C. G. Koh, T. N. Trinh, X. Wang, and Z. Zhang, “Identification of jack-up spudcan fixity by an output-only substructural strategy,” *Mar. Struct.*, vol. 29, no. 1, pp. 71–88, 2012.
- [35] S. T. Quek, X. M. Li, and C. G. Koh, “Stochastic response of jack-up platform by the method of statistical quadratization,” *Appl. Ocean Res.*, vol. 16, no. 2, pp. 113–122, 1994.
- [36] R. J. Pargeter, “The weldability of steels used in jack-up drilling platforms,” *Mar. Struct.*, vol. 2, no. 3–5, pp. 255–264, 1989.
- [37] J. Mirzadeh, M. Kimiae, and M. J. Cassidy, “Effects of irregular nonlinear ocean waves on the dynamic performance of an example jack-up structure during an extreme event,” *Mar. Struct.*, vol. 49, pp. 148–162, 2016.
- [38] C. O. Woghiren *et al.*, “Corrosion fatigue load frequency sensitivity analysis,” *Mar. Struct.*, vol. 2, no. 1, pp. 113–122, 2015.
- [39] W. Qiu *et al.*, “Uncertainties related to predictions of loads and responses for ocean and offshore structures,” *Ocean Eng.*, vol. 86, pp. 58–67, 2014.
- [40] H. Sun and Y. Bai, “Time-variant reliability assessment of FPSO hull girders,” *Mar. Struct.*, vol. 16, pp. 219–253, 2003.
- [41] D. Han, S. Yoo, H. Yoon, M. Kim, S. Kim, and J. Lee, “Automation in Construction Coupling analysis of finite element and finite volume method for the design and

- construction of FPSO crane,” *Autom. Constr.*, vol. 20, no. 4, pp. 368–379, 2011.
- [42] M. Gam, B.-S. Jang, and J. Park, “A study on the fatigue analysis for a vertical caisson on FPSO subjected to the nonlinear wave loading,” *Ocean Eng.*, vol. 137, no. December 2016, pp. 151–165, 2017.
- [43] and M. V. Paul A. Frieze, Jeom K. Paik, Martino Abbattista, “Omae2011-50152,” *A Benchmark Study ISO 18072-2 Stiffened Panel Ultim. Strength*, pp. 1–10, 2011.
- [44] B. J. Kim *et al.*, “Load characteristics of steel and concrete tubular members under jet fire: An experimental and numerical study,” *Ocean Eng.*, vol. 37, no. 13, pp. 1159–1168, Sep. 2010.
- [45] M. Bennebach and T. Palin-Luc, “Effect of Static and Intermittent Shear Stress on the Fatigue Strength of Notched Components under Combined Rotating Bending and Torsion,” *Procedia Eng.*, vol. 133, pp. 107–114, 2015.
- [46] Y. Jen and H.-B. Lin, “Temperature-dependent monotonic and fatigue bending strengths of adhesively bonded aluminum honeycomb sandwich beams,” *Mater. Des.*, vol. 45, pp. 393–406, Mar. 2013.
- [47] W. Lin, T. Yoda, and N. Taniguchi, “Fatigue tests on straight steel-concrete composite beams subjected to hogging moment,” *J. Constr. Steel Res.*, vol. 80, pp. 42–56, 2013.
- [48] S. J. Park and H. W. Lee, “A study on the fatigue strength characteristics of ship structural steel with gusset welds,” *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 132–140, 2012.
- [49] T. Kukkanen and T. P. J. J. Mikkola, “Fatigue assessment by spectral approach for the ISSC comparative study of the hatch cover bearing pad,” *Mar. Struct.*, vol. 17, no. 1, pp. 75–90, Jan. 2004.
- [50] H. Li, Z. Hu, J. Wang, and X. Meng, “Short-term fatigue analysis for tower base of a spar-type wind turbine under stochastic wind-wave loads,” *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, 2017.
- [51] O. Adedipe, F. Brennan, and A. Kolios, “Corrosion fatigue load frequency sensitivity analysis,” *Mar. Struct.*, vol. 42, pp. 115–136, 2015.
- [52] A. Suyuthi, B. J. Leira, and K. Riska, “Fatigue damage of ship hulls due to local ice-induced stresses,” *Appl. Ocean Res.*, vol. 42, pp. 87–104, 2013.
- [53] K. Doshi, T. Roy, and Y. S. Parihar, “Reliability based inspection planning using fracture mechanics based fatigue evaluations for ship structural details,” *Mar. Struct.*, vol. 54, pp. 1–22, 2017.
- [54] Y. Hu, W. Cui, P. Terndrup Pedersen, and P. Terndrupsedersen, “Maintained ship hull xcgirxceder ultimate strength reliability considering corrosion and fatigue,” *Mar. Struct.*, vol. 17, no. 2, pp. 91–123, Apr. 2004.
- [55] W. Fricke *et al.*, “Comparative fatigue strength assessment of a structural detail in a containership using various approaches of classification societies,” *Mar. Struct.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–13, Jan. 2002.
- [56] M. Tarifa, X. X. Zhang, G. Ruiz, and E. Poveda, “Full-scale fatigue tests of precast reinforced concrete slabs for railway tracks,” *Eng. Struct.*, vol. 100, pp. 610–621, 2015.
- [57] I. Fernandez, J. M. Bairán, and A. R. Marí, “Mechanical model to evaluate steel reinforcement corrosion effects on σ - ϵ and fatigue curves. Experimental calibration and validation,” *Eng. Struct.*, vol. 118, pp. 320–333, 2016.
- [58] H. Mivehchi and a. Varvani-Farahani, “The effect of temperature on fatigue strength and cumulative fatigue damage of FRP composites,” *Procedia Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 2011–2020, Apr. 2010.
- [59] H. Ahmadi, M. A. Lotfollahi-Yaghin, and M. H. Aminfar, “Effect of stress concentration factors on the structural integrity assessment of multi-planar offshore tubular DKT-joints based on the fracture mechanics fatigue reliability approach,” *Ocean Eng.*, vol. 38, no. 17–18, pp. 1883–1893, 2011.
- [60] S. Kainuma, M. Yang, Y. S. Jeong, S. Inokuchi, A. Kawabata, and D. Uchida, “Experiment

- on fatigue behavior of rib-to-deck weld root in orthotropic steel decks," *J. Constr. Steel Res.*, vol. 119, pp. 113–122, 2016.
- [61] N. Li, A. A. A. Molenaar, A. C. Pronk, M. F. C. Van De Ven, and S. Wu, "Application of the partial healing model on laboratory fatigue results of asphalt mixture," *Constr. Build. Mater.*, vol. 95, pp. 842–849, 2015.
- [62] T. Li, S. T. Lie, and Y. B. Shao, "Fatigue and fracture strength of a multi-planar circular hollow section TT-joint," *J. Constr. Steel Res.*, vol. 129, pp. 101–110, 2017.
- [63] D. Z. Carvalho *et al.*, "Excessive daytime sleepiness and fatigue may indicate accelerated brain aging in cognitively normal late middle-aged and older adults," *Sleep Med.*, vol. 32, pp. 236–243, 2017.
- [64] Lê Việt Trung, Phạm Văn Chất, 2016. *Tổng quan về ngành công nghiệp dầu khí Việt Nam*, Tạp chí dầu khí - số 4/2016.
- [65] Phạm Văn Sỹ, 2010, *Hướng dẫn phân tích và thiết kế công trình biển*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải Số 23 – 8/2010
- [66] Pham Khắc Hùng , 2010, *Xây dựng điều kiện bền mở rộng để xác định độ tin cậy tổng thể đánh giá an toàn của kết cấu công trình biển có định bằng thép, áp dụng cho điều kiện biển sâu Việt Nam*, Tạp chí khoa học và công nghệ biển T10/2010. số 3. tr 15 – 32
- [67] Hung Chien Do, Wei Jiang, Jianxin Jin (2013), *Estimation of Ultimate Limit State for Stiffened-Plates Structures: Applying for a Very Large Ore Carrier Structures Designed by IACS Common Structural Rules*, Applied Mechanics and Materials
- [68] Hung Chien Do, Wei Jiang, Jianxin Jin, Xuedong Chen (2013), *Ultimate Limit State Assessment of Stiffened Panel Structures for Very Large Ore Carrier via Nonlinear Finite Element Method*, International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering (IJMECH) Vol.2, No.2, May 2013
- [69] Hung Chien Do, Wei Jiang, Jianxin Jin, Xuedong Chen (2013), *An Investigation of Ultimate Strength for VLOC Stiffened Panel Structures*, Modern Transportation June 2013, Volume 2, Issue 2, PP.23-38
- [70] Hung-Chien Do, Vo Trong Cang (2015), An assessment of MSC solutions for ship structural design and analysis, International Journal of Mechanical Engineering and Applications; Volume 3 (1-3), PP. 47-53
- [71] Đỗ Hùng Chiến (2015), *Nghiên cứu phương pháp đánh giá độ bền giới hạn cho kết cấu tấm có nẹp già cường vùng đáy tàu*, Tạp chí KHCN ĐH GTVT
- [72] Đỗ Hùng Chiến (2015), *Nghiên cứu sự tập trung ứng suất tại một số kết cấu cục bộ tiêu biểu trên tàu thủy và công trình nổi*, Báo cáo KH tại hội nghị Khoa học Công nghệ lần thứ 14 ĐH Bách Khoa TPHCM
- [73] Hung-Chien Do, Phan Van Quan (2016), Ngo Thi Mai Ka, *Nonlinear Buckling Analysis of a Pressure Hull Structure*, Proceeding in TEAM 2016, Mokpo South Korea
- [74] Nguyễn Thị Thanh Điện, Đỗ Hùng Chiến (2017), *Ứng dụng kỹ thuật phân tích phần tử hữu hạn trong đánh giá độ bền dọc thân tàu đi biển*, Tạp chí KHCN ĐH GTVT
- [75] Phan Văn Khôi, Đào Như Mai (2008), *Tính toán tôn thương mới của giàn tư nâng ở thêm lục địa Việt Nam*. Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học-công nghệ Viện Dầu khí Việt Nam 30 năm phát triển và hội nhập, Quyển 2, tr. 307-313. Hà Nội 5/2008
- [76] Phan Văn Khôi, Nguyễn Ngọc Vinh, Bùi Tuấn Anh (2006). *Xác định chiều cao sóng khi thiết kế công trình ngoài biển Việt Nam*. Tạp chí Dầu khí, Số 8/2006, tr. 16-21.
- [77] Phan Văn Khôi, Nguyễn Ngọc Vinh, Bùi Tuấn Anh, Bùi Xuân Thông (2006). *Xác định các giá trị tốc độ gió và chiều cao sóng khi thiết kế công trình ngoài biển Việt Nam*. Tuyển tập báo cáo Hội thảo khoa học, công nghệ và kinh tế biển, Hải Phòng 10/2006, tr. 105-114
- [78] Phan Văn Khôi, 1997. *Tuổi thọ mới của kết cấu thép ngoài biển*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [79] Trần Công Nghị, 2008, Cơ học kết cấu, NXB Đại học Quốc gia TP.HCM
- [80] Trần Công Nghị, 2008, *Tính toán, thiết kế kết cấu tàu*, NXB Đại học Quốc gia TP.HCM

- [81] Trần Công Nghị, Đỗ Hùng Chiến, 2009, Phương pháp tính cơ học kết cấu tàu thủy, NXB Đại học Giao thông vận tải TP.HCM
- [82] Trần Công Nghị, 2012, Động lực học các công trình ngoài khơi, NXB Đại học Quốc gia TP.HCM
- [83] Trần Công Nghị, 2014, Sức bền tàu thủy, NXB Đại học Quốc gia TP.HCM
- [84] Trần Công Nghị, Trần Ngọc Dân 2015, Công nghệ chế tạo, vận chuyển, lắp ráp giàn khoan ngoài khơi, NXB Đại học Quốc gia TP.HCM
- [85] Trần Công Nghị, Đỗ Hùng Chiến, 2016, Thiết kế giàn khoan di động, FPSO, tàu dịch vụ ngoài khơi, NXB Đại học Quốc gia TP.HCM.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Sản phẩm - các công bố khoa học và kết quả đào tạo sau đại học:

Công bố khoa học - Publications:

1. Hung Chien Do , Ngoc Bich Vu (2018), *Investigation on hull girder ultimate bending moment of catamaran structures*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ giao thông vận tải
2. Phạm Nguyên Vũ, Đỗ Hùng Chiến (2108), *Nghiên cứu, phân tích và thiết kế quá trình hạ thủy cầu kiện giàn khoan trên phuơng tiện thuỷ*, Hội nghị KHCN lần thứ IV
3. Huỳnh Thanh Bình, Đỗ Hùng Chiến (2018), *Phân tích tính toán thủy động lực học tác dụng lên vỏ tàu chịu tải trọng sóng*, Hội nghị KHCN lần thứ IV.
4. Đỗ Hùng Chiến, Lê Hồng Bang, *Phân tích độ bền dọc giới hạn của ụ nổi dưới tác dụng của tải trọng môi trường*, Hội nghị Khoa học toàn quốc Cơ học Vật rắn lần thứ XIV, Đại học Trần Đại Nghĩa, Thành phố Hồ Chí Minh, 19-20/7/2018 (đã phản biện xong, đang chờ đăng)
5. Hung Chien Do, Jianh-Horng Chen, Phan Van Quan, *Dynamic analysis of Jack-up platform structure in environment loads*, 4th The Asian Wave and Tidal Energy Conference (AWTEC), Taipei,Taiwan, 2018 September 9-13 (đang chỉnh sửa để gửi đăng tạp chí Journal of Marine Science & Engineering)

Đào tạo sau đại học - Graduated educations:

1. Học viên: Phạm Phú Quốc, cao học khóa 2014, bảo vệ thành công luận văn Thạc sĩ kỹ thuật tàu thủy, đề tài “Phân tích độ bền trực tiếp kết cấu tàu hàng rời theo hướng dẫn của IACS bằng phương pháp phân tư hữu hạn”, ngày 31 tháng 1 năm 2018
2. Học viên: Huỳnh Thanh Bình, cao học khóa 2015, đã nộp luận văn Thạc sĩ kỹ thuật tàu thủy, đề tài “Phân tích thủy động lực học vỏ tàu dưới tác dụng của tải trọng sóng”
3. Học viên: Nguyễn Văn Cường, cao học khóa 2014, đã nộp luận văn Thạc sĩ kỹ thuật tàu thủy, đề tài “Phân tích độ bền Ụ nổi vỏ thép theo phương pháp trực tiếp”.

Phụ lục 2. Các đoạn mã chương trình – The programing codes:

Chương trình tính toán tải trọng do gió - MATLAB:

```
clear all
close all
clc

%=====
==%
%   CHUONG TRINH TINH TOAN LUC DO GIO TAC DUNG LEN TAU BIEN
%=====

==%
%           NHAP CAC THONG SO CO BAN
Ac = 173.5*(12-4); % Dien tich mat hung gio doc tam phan than chinh (m2)
As = 35*10;          % Dien tich mat hung gio doc tam phan thuong tang (m2)
Bc = 25*(12-4);     % Dien tich hinh chieu canh mat hung gio phan than chinh (m2)
Bs = 14*14;          % Dien tich hinh chieu canh mat hung gio phan thuong tang (m2)
V   = 49;             % Van toc gio (m/s)
rho = 1.2;            % Khoi luong rieng cua khong khi (kg/m3)
alpha = 45;           % Goc giua huong tac dung cua luc gio so voi truc doc cua tau (do)
g   = 9.81;            % Gia toc trong truong (m/s2)
%=====

==%
% Tra do thi xac dinh he so can Cx phu thuoc vao goc thoi cua gio
psi    = [0.00 15.00 30.00 45.00 60.00 75.00 90.00 105.0 120.00 135.00 150.00 165.00 180.00];
Cx    = [-0.65 -0.92 -0.75 -0.40 -0.30 -0.20  0.00  0.21  0.42  0.61  0.83  0.89  0.76];

psix=0:1:180;
Cx1 = spline(psi,Cx,psix);

plot(psix,Cx1,'-b')
title('XAC DINH HE SO CAN Cx PHU THUOC GOC THOI CUA GIO')
xlabel('\psi (\circ)')
ylabel('Cx')
legend('Cx - He so can gio')
grid on

A = Ac+As;          % Dien tich hinh chieu phan ket cau than tau phia tren mat nuoc len mat phang
doc tam tau (m2)
B = Bs+0.3*Bc;      % Dien tich hinh chieu canh phan hung gio (m2)

psil = 0;             % Goc gio tac dung tai goc 0 do
Cx_0 = spline(psix,Cx1,psil);
Fw    = 0.5*Cx_0*rho*V.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 0 do = %3.2f',Fw);
disp(Fw1);

psil = 10;            % Goc gio tac dung tai goc 10 do
Cx_10 = spline(psix,Cx1,psil);
```

```

Fw10      = 0.5*Cx_10*rho*v.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 10 do = %3.2f',Fw10);
disp(Fw1);

psi1 = 20;          %Goc gio tac dung tai goc 20 do
Cx_20 = spline(psix,Cx1,psi1);
Fw20      = 0.5*Cx_20*rho*v.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 20 do = %3.2f',Fw20);
disp(Fw1);

psi1 = 30;          %Goc gio tac dung tai goc 30 do
Cx_30 = spline(psix,Cx1,psi1);
Fw30      = 0.5*Cx_30*rho*v.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 30 do = %3.2f',Fw30);
disp(Fw1);

psi1 = 40;          %Goc gio tac dung tai goc 40 do
Cx_40 = spline(psix,Cx1,psi1);
Fw40      = 0.5*Cx_40*rho*v.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 40 do = %3.2f',Fw40);
disp(Fw1);

psi1 = 50;          %Goc gio tac dung tai goc 50 do
Cx_50 = spline(psix,Cx1,psi1);
Fw50      = 0.5*Cx_50*rho*v.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 50 do = %3.2f',Fw50);
disp(Fw1);

psi1 = 60;          %Goc gio tac dung tai goc 60 do
Cx_60 = spline(psix,Cx1,psi1);
Fw60      = 0.5*Cx_60*rho*v.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 60 do = %3.2f',Fw60);
disp(Fw1);

psi1 = 70;          %Goc gio tac dung tai goc 70 do
Cx_70 = spline(psix,Cx1,psi1);
Fw70      = 0.5*Cx_70*rho*v.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 70 do = %3.2f',Fw70);
disp(Fw1);

psi1 = 80;          %Goc gio tac dung tai goc 80 do
Cx_80 = spline(psix,Cx1,psi1);
Fw80      = 0.5*Cx_80*rho*v.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));

```

```

Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 80 do = %3.2f',Fw80);
disp(Fw1);

psil = 90;           %Goc gio tac dung tai goc 90 do
Cx_90 = spline(psix,Cx1,psil);
Fw90    = 0.5*Cx_90*rho*V.^2*(A*(sin(psil*pi/180))^2+B*(cos(psil*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psil)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 90 do = %3.2f',Fw90);
disp(Fw1);

psil = 100;          %Goc gio tac dung tai goc 100 do
Cx_100 = spline(psix,Cx1,psil);
Fw100   = 0.5*Cx_100*rho*V.^2*(A*(sin(psil*pi/180))^2+B*(cos(psil*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psil)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 100 do = %3.2f',Fw100);
disp(Fw1);

psil = 110;          %Goc gio tac dung tai goc 110 do
Cx_110 = spline(psix,Cx1,psil);
Fw110   = 0.5*Cx_110*rho*V.^2*(A*(sin(psil*pi/180))^2+B*(cos(psil*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psil)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 110 do = %3.2f',Fw110);
disp(Fw1);

psil = 120;          %Goc gio tac dung tai goc 120 do
Cx_120 = spline(psix,Cx1,psil);
Fw120   = 0.5*Cx_120*rho*V.^2*(A*(sin(psil*pi/180))^2+B*(cos(psil*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psil)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 120 do = %3.2f',Fw120);
disp(Fw1);

psil = 130;          %Goc gio tac dung tai goc 130 do
Cx_130 = spline(psix,Cx1,psil);
Fw130   = 0.5*Cx_130*rho*V.^2*(A*(sin(psil*pi/180))^2+B*(cos(psil*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psil)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 130 do = %3.2f',Fw130);
disp(Fw1);

psil = 140;          %Goc gio tac dung tai goc 140 do
Cx_140 = spline(psix,Cx1,psil);
Fw140   = 0.5*Cx_140*rho*V.^2*(A*(sin(psil*pi/180))^2+B*(cos(psil*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psil)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 140 do = %3.2f',Fw140);
disp(Fw1);

psil = 150;          %Goc gio tac dung tai goc 150 do
Cx_150 = spline(psix,Cx1,psil);
Fw150   = 0.5*Cx_150*rho*V.^2*(A*(sin(psil*pi/180))^2+B*(cos(psil*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psil)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 150 do = %3.2f',Fw150);
disp(Fw1);

```

```

psil = 160;           %Goc gio tac dung tai goc 160 do
Cx_160 = spline(psix,Cx1,psil);
Fw160 = 0.5*Cx_160*rho*V.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 160 do = %3.2f',Fw160);
disp(Fw1);
psil = 170;           %Goc gio tac dung tai goc 170 do
Cx_170 = spline(psix,Cx1,psil);
Fw170 = 0.5*Cx_170*rho*V.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 170 do = %3.2f',Fw170);
disp(Fw1);
psil = 180;           %Goc gio tac dung tai goc 180 do
Cx_180 = spline(psix,Cx1,psil);
Fw180 = 0.5*Cx_180*rho*V.^2*(A*(sin(psi1*pi/180))^2+B*(cos(psi1*pi/180))^2)/(cos((alpha-
psi1)*pi/180));
Fw1 = sprintf('Luc gio tac dung len ket cau khoi lon Fw (kg) tai goc 180 do = %3.2f',Fw180);
disp(Fw1);
Fw_max =
max([abs(Fw10),abs(Fw20),abs(Fw30),abs(Fw40),abs(Fw50),abs(Fw60),abs(Fw70),abs(Fw80),abs(Fw
90),abs(Fw100),abs(Fw110),abs(Fw120),abs(Fw130),abs(Fw140),abs(Fw150),abs(Fw160),abs(Fw170)
,abs(Fw180)]);
Fw_max1 = sprintf('Luc gio lon nhat tac dung len ket cau khoi lon Fw_max (kg) = %3.2f',Fw_max);
disp(Fw_max1);
Fw_maxkN = Fw_max*g/1000;
Fw_max2 = sprintf('Luc gio lon nhat tac dung len ket cau khoi lon Fw_max (kN)
= %3.2f',Fw_maxkN);
disp(Fw_max2);

```

Chương trình tính toán tải trọng dòng chảy - MATLAB:

```

clear all
close all
clc

%=====
%   CHUONG TRINH TINH TOAN LUC DO DONG CHAY TAC DUNG LEN TAU BIEN
%=====

%           NHAP CAC THONG SO CO BAN
Am = 173.5*(2*4+25);    %Tong dien tich be mat uot cua ket cau noi (m2)
Ap = 25*4;                %Dien tich phan hinh chieu cua Am len mat phang
                           %vuong goc voi dong chay (m2)
Vc = 0.5;                  %Van toc dong chay (m/s)
rho = 1025;                 %Khoi luong rieng cua nuoc (kg/m3)
g = 9.81;                   %Gia toc trong truong (m/s2)
%=====

Fc = 0.5*rho*Vc*(3/1000*Am+1.2*Ap);

Vc1 = sprintf('Tai toc do dong chay Vc (m/s2) = %3.2f',Vc);

```

```

disp(Vc1);

Fc1 = sprintf('Luc dong chay tac dung len ket cau khoi lon Fc (kg) = %3.2f',Fc);
disp(Fc1);

FckN = 0.5*rho*Vc*(3/1000*Am+1.2*Ap)*g/1000;
Fc2 = sprintf('Luc dong chay tac dung len ket cau khoi lon Fc (kN) = %3.2f',FckN);
disp(Fc2);

```

Chương trình tính toán lực đặt – MATLAB:

```

clear all
close all
clc
=====
%CHUONG TRINH TINH TOAN LUC TROI DAT TAC DUNG LEN TAU BIEN
=====
%
%NHAP CAC THONG SO CO BAN
L = 173.5; %Chieu dai tinh toan (m)
B = 25; %Be rong ket cau (m)
Dh = 4; %Mon nuoc tinh toan (m)
Hs1 = 4.45; %Chieu cao song tinh toan (m)
=====
disp('CHUONG TRINH TINH TOAN LUC TROI DAT TRUNG BINH TAC DUNG LEN TAU BIEN')
L1 = sprintf('L (m) = %3.2f',L);
disp(L1);
B1 = sprintf('B (m) = %3.2f',B);
disp(B1);
Dh1 = sprintf('Dh (m) = %3.2f',Dh);
disp(Dh1);
%Do thi tra gia tri he so troi dat trung binh Cde theo Ts va Th
Ts = [6.00 6.50 7.00 7.50 8.00 8.50 9.00 9.50 10.00 10.50 11.00];
Cde60 = [0.72 0.75 0.70 0.61 0.50 0.40 0.30 0.23 0.179 0.142 0.105];
Cde65 = [0.51 0.55 0.55 0.49 0.40 0.32 0.26 0.21 0.168 0.135 0.095];
Cde70 = [0.35 0.40 0.40 0.36 0.31 0.26 0.22 0.185 0.155 0.125 0.090];
Cde75 = [0.22 0.26 0.30 0.31 0.28 0.235 0.20 0.17 0.145 0.115 0.085];
Cde80 = [0.15 0.20 0.25 0.26 0.245 0.21 0.18 0.155 0.130 0.108 0.080];
Cde85 = [0.08 0.13 0.16 0.16 0.15 0.14 0.13 0.115 0.10 0.088 0.075];
Cde90 = [0.03 0.045 0.054 0.062 0.07 0.07 0.065 0.062 0.06 0.058 0.053];
Tsx=6:0.1:11;
Th60 = spline(Ts,Cde60,Tsx); %Ham hoa duong cong Th
Th65 = spline(Ts,Cde65,Tsx);
Th70 = spline(Ts,Cde70,Tsx);
Th75 = spline(Ts,Cde75,Tsx);
Th80 = spline(Ts,Cde80,Tsx);
Th85 = spline(Ts,Cde85,Tsx);
Th90 = spline(Ts,Cde90,Tsx);

figure(1) % Tra do thi xac dinh he so Cde theo Th va Ts
plot(Tsx,Th60,'-r',Tsx,Th65,'-b',Tsx,Th70,'--c',Tsx,Th75,'-g',Tsx,Th80,'-+b',Tsx,Th85,'-dg',Tsx,Th90,'-*r')

```

```

title('HE SO LUC TROI DAT TRUNG BINH Cde theo Th va Ts')
xlabel('Ts (s)')
ylabel('Cde (N.m^-^5)')
legend('Th6.0(s)', 'Th6.5(s)', 'Th7.0(s)', 'Th7.5(s)', 'Th8.0(s)', 'Th8.5(s)', 'Th9.0(s)')
grid on
% Tra do thi xac dinh chu ky song theo song gio va song lung
Hs = [0.00 2.50 5.00 7.50 10.00 12.50 15.00];

Tsg = [0.00 5.00 8.50 11.00 12.50 13.60 15.00]; %Chu ky song do gio
Tsl = [0.00 8.00 12.2 14.50 16.50 18.20 20.00]; %Chu ky song lung
Hsx=0:0.1:15;
Ts_sg = spline(Hs,Tsg,Hsx);
Ts_sl = spline(Hs,Tsl,Hsx);

figure(2)
plot(Hsx,Ts_sg,'-r',Hsx,Ts_sl,'-b')
title('XAC DINH CHU KY SONG Ts THEO CHIEU CAO SONG Hs')
xlabel('Hs (m)')
ylabel('Ts (s)')
legend('Song do gio','Song lung')
grid on
Ts_sg1 = spline(Hs,Tsg,Hs1);
Ts_sl1 = spline(Hs,Tsl,Hs1);

Hs1 = sprintf('Voi chieu cao song Hs = %3.4f',Hs1);
disp(Hs1);
%Ts_sg1 = sprintf('Chu ky song do gio Ts_sg1 = %3.4f',Ts_sg1);
%disp(Ts_sg1);
%Ts_sl1 = sprintf('Chu ky song do gio Ts_sl1 = %3.4f',Ts_sl1);
%disp(Ts_sl1);

%=====
%TINH TOAN LUC TROI DAT NGANG THEO SONG DO GIO
disp('=====')
disp('          TINH TOAN LUC TROI DAT NGANG THEO SONG DO GIO')
Ts1 = Ts_sg1;

Cde_60 = spline(Ts,Cde60,Ts1);
Cde_65 = spline(Ts,Cde65,Ts1);
Cde_70 = spline(Ts,Cde70,Ts1);
Cde_75 = spline(Ts,Cde75,Ts1);
Cde_80 = spline(Ts,Cde80,Ts1);
Cde_85 = spline(Ts,Cde85,Ts1);
Cde_90 = spline(Ts,Cde90,Ts1);

Ts1 = sprintf('Tinh toan song do gio voi chu ky song Ts = %3.4f',Ts1);
disp(Ts1);
Thx1 = sprintf('Chu ky dac trung cua song Th = %3.4f',Th_ngang);
disp(Thx1);
if Th_ngang >=6 & Th_ngang <=6.5

```

```

Cde_60_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_60);
%disp(Cde_60_1);

Cde_65_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_65);
%disp(Cde_65_1);
Cde_x = Cde_60+(Cde_65-Cde_60)*(Th_ngang-6.0)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_ngang >6.5 & Th_ngang <=7.0
Cde_65_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_65);
%disp(Cde_65_1);
Cde_70_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_70);
%disp(Cde_70_1);
Cde_x = Cde_65+(Cde_70-Cde_65)*(Th_ngang-6.5)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_ngang >7.0 & Th_ngang <=7.5
Cde_70_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_70);
%disp(Cde_70_1);
Cde_75_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_75);
%disp(Cde_75_1);
Cde_x = Cde_70+(Cde_75-Cde_70)*(Th_ngang-7.0)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_ngang >7.5 & Th_ngang <=8.0
Cde_75_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_75);
%disp(Cde_75_1);
Cde_80_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_80);
%disp(Cde_80_1);
Cde_x = Cde_75+(Cde_80-Cde_75)*(Th_ngang-7.5)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_ngang >8.0 & Th_ngang <=8.5
Cde_80_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_80);
%disp(Cde_80_1);
Cde_85_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_85);
%disp(Cde_85_1);
Cde_x = Cde_80+(Cde_85-Cde_80)*(Th_ngang-8.0)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_ngang >8.5 & Th_ngang <=9.0
Cde_85_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_85);
%disp(Cde_85_1);
Cde_90_1 = sprintf('Ung voi Th = 9.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_90);
%disp(Cde_90_1);
Cde_x = Cde_85+(Cde_90-Cde_85)*(Th_ngang-8.5)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

else
    disp('Gia tri Th nam ngoai vung do thi tra')
end

```

```

    disp('KET QUA TINH TOAN');
    Fngang = Cde_x*B.^2*L*Hs1.^2/1000;
    Fngang_out = sprintf('Luc troi dat ngang than tau (kN) = %3.4f',Fngang);
    disp(Fngang_out);
    disp('')
=====
%TINH TOAN LUC TROI DAT NGANG THEO SONG LUNG
disp('=====')
disp('          TINH TOAN LUC TROI DAT NGANG THEO SONG LUNG')
Ts1 = Ts_s1;

Cde_60 = spline(Ts,Cde60,Ts1);
Cde_65 = spline(Ts,Cde65,Ts1);
Cde_70 = spline(Ts,Cde70,Ts1);
Cde_75 = spline(Ts,Cde75,Ts1);
Cde_80 = spline(Ts,Cde80,Ts1);
Cde_85 = spline(Ts,Cde85,Ts1);
Cde_90 = spline(Ts,Cde90,Ts1);
Tsx1 = sprintf('Tinh toan song lung voi chu ky song Ts = %3.4f',Ts1);
disp(Tsx1);

Thx1 = sprintf('Chu ky dac trung cua song Th = %3.4f',Th_ngang);
disp(Thx1);

if Th_ngang >=6 & Th_ngang <=6.5
    Cde_60_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_60);
    %disp(Cde_60_1);

    Cde_65_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_65);
    %disp(Cde_65_1);
    Cde_x = Cde_60+(Cde_65-Cde_60)*(Th_ngang-6.0)/0.5;
    Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
    disp(Cde_out);

elseif Th_ngang >6.5 & Th_ngang <=7.0
    Cde_65_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_65);
    %disp(Cde_65_1);
    Cde_70_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_70);
    %disp(Cde_70_1);
    Cde_x = Cde_65+(Cde_70-Cde_65)*(Th_ngang-6.5)/0.5;
    Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
    disp(Cde_out);

elseif Th_ngang >7.0 & Th_ngang <=7.5
    Cde_70_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_70);
    %disp(Cde_70_1);
    Cde_75_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_75);
    %disp(Cde_75_1);
    Cde_x = Cde_70+(Cde_75-Cde_70)*(Th_ngang-7.0)/0.5;
    Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
    disp(Cde_out);

elseif Th_ngang >7.5 & Th_ngang <=8.0
    Cde_75_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_75);
    %disp(Cde_75_1);

```

```

Cde_80_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_80);
%disp(Cde_80_1);
Cde_x = Cde_75+(Cde_80-Cde_75)*(Th_ngang-7.5)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_ngang >8.0 & Th_ngang <=8.5
Cde_80_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_80);
%disp(Cde_80_1);
Cde_85_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_85);
%disp(Cde_85_1);
Cde_x = Cde_80+(Cde_85-Cde_80)*(Th_ngang-8.0)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_ngang >8.5 & Th_ngang <=9.0
Cde_85_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_85);
%disp(Cde_85_1);
Cde_90_1 = sprintf('Ung voi Th = 9.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_90);
%disp(Cde_90_1);
Cde_x = Cde_85+(Cde_90-Cde_85)*(Th_ngang-8.5)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

else
    disp('Gia tri Th nam ngoai vung do thi tra')
end

disp('KET QUA TINH TOAN');
Fngang = Cde_x*B.^2*L*Hs1.^2/1000;
Fngang_out = sprintf('Luc troi dat ngang than tau (kN) = %3.4f',Fngang);
disp(Fngang_out);

%TINH TOAN LUC TROI DAT DOC
=====
%TINH TOAN LUC TROI DAT DOC THEO SONG DO GIO
=====
disp('=====')
disp('          TINH TOAN LUC TROI DAT DOC THEO SONG DO GIO')
Ts1 = Ts_sg1;

Cde_60 = spline(Ts,Cde60,Ts1);
Cde_65 = spline(Ts,Cde65,Ts1);
Cde_70 = spline(Ts,Cde70,Ts1);
Cde_75 = spline(Ts,Cde75,Ts1);
Cde_80 = spline(Ts,Cde80,Ts1);
Cde_85 = spline(Ts,Cde85,Ts1);
Cde_90 = spline(Ts,Cde90,Ts1);
Tsx1 = sprintf('Tinh toan song do gio voi chu ky song Ts = %3.4f',Ts1);
disp(Tsx1);
Thx1 = sprintf('Chu ky dac trung cua song Th = %3.4f',Th_doc);
disp(Thx1);

if Th_doc >=6 & Th_doc <=6.5
Cde_60_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_60);
%disp(Cde_60_1);

```

```

Cde_65_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_65);
%disp(Cde_65_1);
Cde_x = Cde_60+(Cde_65-Cde_60)*(Th_doc-6.0)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_doc >6.5 & Th_doc <=7.0
Cde_65_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_65);
%disp(Cde_65_1);
Cde_70_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_70);
%disp(Cde_70_1);
Cde_x = Cde_65+(Cde_70-Cde_65)*(Th_doc-6.5)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_doc >7.0 & Th_doc <=7.5
Cde_70_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_70);
%disp(Cde_70_1);
Cde_75_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_75);
%disp(Cde_75_1);
Cde_x = Cde_70+(Cde_75-Cde_70)*(Th_doc-7.0)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_doc >7.5 & Th_doc <=8.0
Cde_75_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_75);
%disp(Cde_75_1);
Cde_80_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_80);
%disp(Cde_80_1);
Cde_x = Cde_75+(Cde_80-Cde_75)*(Th_doc-7.5)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_doc >8.0 & Th_doc <=8.5
Cde_80_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_80);
%disp(Cde_80_1);
Cde_85_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_85);
%disp(Cde_85_1);
Cde_x = Cde_80+(Cde_85-Cde_80)*(Th_doc-8.0)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_doc >8.5 & Th_doc <=9.0
Cde_85_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_85);
%disp(Cde_85_1);
Cde_90_1 = sprintf('Ung voi Th = 9.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_90);
%disp(Cde_90_1);
Cde_x = Cde_85+(Cde_90-Cde_85)*(Th_doc-8.5)/0.5;
Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

else
    disp('Gia tri Th nam ngoai vung do thi tra')
end

disp('KET QUA TINH TOAN');
Fdoc = 0.13*Cde_x*B.^2*L*Hs1.^2/1000;
Fngang_out = sprintf('Luc troi dat doc than tau (kN) = %3.4f',Fdoc);

```

```

        disp(Fngang_out);
        disp('')

%-----

%TINH TOAN LUC TROI DAT DOC THEO SONG LUNG
disp('=====')'
disp('          TINH TOAN LUC TROI DAT DOC THEO SONG LUNG')
Ts1 = Ts_s1;

Cde_60 = spline(Ts,Cde60,Ts1);
Cde_65 = spline(Ts,Cde65,Ts1);
Cde_70 = spline(Ts,Cde70,Ts1);
Cde_75 = spline(Ts,Cde75,Ts1);
Cde_80 = spline(Ts,Cde80,Ts1);
Cde_85 = spline(Ts,Cde85,Ts1);
Cde_90 = spline(Ts,Cde90,Ts1);

Tsx1 = sprintf('Tinh toan song lung voi chu ky song Ts = %3.4f',Ts1);
disp(Tsx1);

Thx1 = sprintf('Chu ky dac trung cua song Th = %3.4f',Th_doc);
disp(Thx1);

if Th_doc >=6 & Th_doc <=6.5
    Cde_60_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_60);
    %disp(Cde_60_1);

    Cde_65_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_65);
    %disp(Cde_65_1);
    Cde_x = Cde_60+(Cde_65-Cde_60)*(Th_doc-6.0)/0.5;
    Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
    disp(Cde_out);

elseif Th_doc >6.5 & Th_doc <=7.0
    Cde_65_1 = sprintf('Ung voi Th = 6.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_65);
    %disp(Cde_65_1);
    Cde_70_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_70);
    %disp(Cde_70_1);
    Cde_x = Cde_65+(Cde_70-Cde_65)*(Th_doc-6.5)/0.5;
    Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
    disp(Cde_out);

elseif Th_doc >7.0 & Th_doc <=7.5
    Cde_70_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_70);
    %disp(Cde_70_1);
    Cde_75_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_75);
    %disp(Cde_75_1);
    Cde_x = Cde_70+(Cde_75-Cde_70)*(Th_doc-7.0)/0.5;
    Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
    disp(Cde_out);

elseif Th_doc >7.5 & Th_doc <=8.0
    Cde_75_1 = sprintf('Ung voi Th = 7.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_75);
    %disp(Cde_75_1);
    Cde_80_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_80);
    %disp(Cde_80_1);
    Cde_x = Cde_75+(Cde_80-Cde_75)*(Th_doc-7.5)/0.5;

```

```

Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
disp(Cde_out);

elseif Th_doc >8.0 & Th_doc <=8.5
    Cde_80_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_80);
    %disp(Cde_80_1);
    Cde_85_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_85);
    %disp(Cde_85_1);
    Cde_x = Cde_80+(Cde_85-Cde_80)*(Th_doc-8.0)/0.5;
    Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
    disp(Cde_out);

elseif Th_doc >8.5 & Th_doc <=9.0
    Cde_85_1 = sprintf('Ung voi Th = 8.5, ta co Cde = %3.4f',Cde_85);
    %disp(Cde_85_1);
    Cde_90_1 = sprintf('Ung voi Th = 9.0, ta co Cde = %3.4f',Cde_90);
    %disp(Cde_90_1);
    Cde_x = Cde_85+(Cde_90-Cde_85)*(Th_doc-8.5)/0.5;
    Cde_out = sprintf('Ket qua tra bang Cde = %3.4f',Cde_x);
    disp(Cde_out);

else
    disp('Gia tri Th nam ngoai vung do thi tra')
end

disp('KET QUA TINH TOAN');
Fdoc = 0.13*Cde_x*B.^2*L*Hs1.^2/1000;
Fngang_out = sprintf('Luc troi dat doc than tau (kN) = %3.4f',Fdoc);
disp(Fngang_out);

```

Chương trình xây dựng mô hình chân đế giàn khoan – ANSYS APDL

```

/prep7
/title,JACK-UP LEG GEOMETRY OF TAM DAO 01

BL = 50          !M - INPUT THE DISTANCE BETWEEN CENTER OF TWO LEGS (AFT)
AL = 54          !M - INPUT THE DISTANCE FROM CENTER OF TWO LEGS TO CENTER OF THIRD LEG
(FWD)
DO = 13.856      !M - INPUT THE DIAMETER OF OUTER OF THREE CHORDS
DI = DO/2
H = 90           !M - INPUT THE DEPTH OF WATER LEVEL
FR = 5969         !MM - FRAME SPACING
NFR = 25          !NUMBER OF FRAME
BF = 2*SQRT((DO*DO/4)-(DO*DO/16))*1000      !THE DISTANCE BETWEEN 2 CHORDS
BA = 1.5*BF/2
HF = 18*FR

!CREATE THE KEYPOINT OF 1ST LEG
*DO,i,1,NFR+1,1
K,i,0,BL/2*1000+DO*1000/2,-H*1000+(i-1)*FR    ! IN MM
K,i+NFR+1,-SQRT((DO*DO/4)-(DO*DO/16))*1000,BL/2*1000-DO*1000/4,-H*1000+(i-1)*FR
K,i+2*(NFR+1),SQRT((DO*DO/4)-(DO*DO/16))*1000,BL/2*1000-DO*1000/4,-H*1000+(i-1)*FR
*ENDDO
*DO,i,1,NFR,1
K,i+3*(NFR+1),0,BL/2*1000-DO*1000/4,-H*1000+(i-1+0.5)*FR

```

```

K,i+4*(NFR+1)-1,-0.5*SQRT((DO*DO/4)-(DO*DO/16))*1000,BL/2*1000+DO*1000/8,-H*1000+(i-
1+0.5)*FR
K,i+5*(NFR+1)-2,0.5*SQRT((DO*DO/4)-(DO*DO/16))*1000,BL/2*1000+DO*1000/8,-H*1000+(i-
1+0.5)*FR
*ENDDO
!CREATE FRAMES OF 1ST LEG
!X-BRACE 1
*DO,i,1,NFR,1
L,i,i+4*(NFR+1)-1
L,i+4*(NFR+1)-1,i+NFR+2
L,i+1,i+4*(NFR+1)-1
L,i+4*(NFR+1)-1,i+NFR+1
!X-BRACE 2
L,i,i+5*(NFR+1)-2
L,i+5*(NFR+1)-2,i+2*(NFR+1)+1
L,i+1,i+5*(NFR+1)-2
L,i+5*(NFR+1)-2,i+2*(NFR+1)
*ENDDO
!X-BRACE 3
*DO,i,1,NFR,1
L,i+NFR+1,i+3*(NFR+1)
L,i+3*(NFR+1),i+2*(NFR+1)+1
L,i+NFR+2,i+3*(NFR+1)
L,i+3*(NFR+1),i+2*(NFR+1)
*ENDDO
!CHORD OF LEGS
*DO,i,1,NFR,1
L,i,i+1
L,i+NFR+1,i+NFR+2
L,i+2*(NFR+1),i+2*(NFR+1)+1
*ENDDO
!DIAFRAME
*DO,i,1,NFR,1
L,i+3*(NFR+1),i+4*(NFR+1)-1
L,i+4*(NFR+1)-1,i+5*(NFR+1)-2
L,i+5*(NFR+1)-2,i+3*(NFR+1)
*ENDDO
!BOTTOM DIAFRAME
L,1,NFR+2
L,NFR+2,2*(NFR+1)+1
L,2*(NFR+1)+1,1
!TOP DIAFRAME
L,NFR+1,2*(NFR+1)
L,2*(NFR+1),3*(NFR+1)
L,3*(NFR+1),(NFR+1)
!CREATE FRAMES OF 2ND LEG
LSEL,ALL
LSYMM,Y,ALL,,0,0
!CREATE THE KEYPOINT OF 3RD LEG
*DO,i,1,NFR+1,1
K,i+12*NFR+6,AL*1000-DO*1000/4,SQRT((DO*DO/4)-(DO*DO/16))*1000,-H*1000+(i-1)*FR ! IN MM

```

```

K,i+13*NFR+7,AL*1000-DO*1000/4,-SQRT((DO*DO/4)-(DO*DO/16))*1000,-H*1000+(i-1)*FR
K,i+14*NFR+8,AL*1000+DO*1000/2,0,-H*1000+(i-1)*FR
*ENDDO
*DO,i,1,NFR,1
K,i+15*NFR+9,AL*1000-DO*1000/4,0,-H*1000+(i-1+0.5)*FR
K,i+16*NFR+9,AL*1000+DO*1000/8,-0.5*SQRT((DO*DO/4)-(DO*DO/16))*1000,-H*1000+(i-1+0.5)*FR
K,i+17*NFR+9,AL*1000+DO*1000/8,0.5*SQRT((DO*DO/4)-(DO*DO/16))*1000,-H*1000+(i-1+0.5)*FR
*ENDDO
!CREATE FRAMES OF 3RD LEG
!X-BRACE 1
*DO,i,1,NFR,1
L,i+12*NFR+6,i+15*NFR+9
L,i+15*NFR+9,i+13*NFR+8
L,i+12*NFR+7,i+15*NFR+9
L,i+15*NFR+9,i+13*NFR+7
*ENDDO
!X-BRACE 2
*DO,i,1,NFR,1
L,i+13*NFR+7,i+16*NFR+9
L,i+16*NFR+9,i+14*NFR+9
L,i+13*NFR+8,i+16*NFR+9
L,i+16*NFR+9,i+14*NFR+8
*ENDDO
!X-BRACE 3
*DO,i,1,NFR,1
L,i+12*NFR+6,i+17*NFR+9
L,i+17*NFR+9,i+14*NFR+9
L,i+12*NFR+7,i+17*NFR+9
L,i+17*NFR+9,i+14*NFR+8
*ENDDO
!CHORD OF LEGS
*DO,i,1,NFR,1
L,i+12*NFR+6,i+12*NFR+7
L,i+13*NFR+7,i+13*NFR+8
L,i+14*NFR+8,i+14*NFR+9
*ENDDO
!DIAFRAME
*DO,i,1,NFR,1
L,i+15*NFR+9,i+16*NFR+9
L,i+16*NFR+9,i+17*NFR+9
L,i+17*NFR+9,i+15*NFR+9
*ENDDO
!BOTTOM DIAFRAME
L,12*NFR+7,13*NFR+8
L,13*NFR+8,14*NFR+9
L,14*NFR+9,12*NFR+7
!TOP DIAFRAME
L,13*NFR+7,14*NFR+8
L,14*NFR+8,15*NFR+9
L,15*NFR+9,13*NFR+7
/VIEW,1,1,1,1

```

```

BF = 2*SQRT((DO*DO/4)-(DO*DO/16))*1000      !THE DISTANCE BETWEEN 2 CHORDS
BA = 1.5*BF/2                                !1/2 DIMENSION OF BOX ROUND THE LEG
NF = 18                                       !NUMBER OF FRAMES TO THE BOTTOM OF PONTON
HF = NF*FR

K,NF*NFR+10,-4/3*BA,0,HF-H*1000           !1ST KEYPOINT AT BOTTOM OF HULL
K,NF*NFR+11,-4/3*BA,BL*1000/2-BA,HF-H*1000
K,NF*NFR+12,-BA,BL*1000/2+BA,HF-H*1000
K,NF*NFR+13,BA,BL*1000/2+BA,HF-H*1000
K,NF*NFR+14,BA,BL*1000/2-BA,HF-H*1000
K,NF*NFR+15,BA,0,HF-H*1000
K,NF*NFR+16,AL*1000-BA,BA,HF-H*1000
K,NF*NFR+17,AL*1000+BA,BA,HF-H*1000
K,NF*NFR+18,AL*1000+BA,0,HF-H*1000
K,NF*NFR+19,AL*1000+BA,-BA,HF-H*1000
K,NF*NFR+20,AL*1000-BA,-BA,HF-H*1000
K,NF*NFR+21,BA,-BL*1000/2+BA,HF-H*1000
K,NF*NFR+22,AL*1000-BA,0,HF-H*1000
K,NF*NFR+23,BA,-BL*1000/2-BA,HF-H*1000
K,NF*NFR+24,-BA,-BL*1000/2-BA,HF-H*1000
K,NF*NFR+25,-4/3*BA,-BL*1000/2+BA,HF-H*1000

L,NF*NFR+10,NF*NFR+11
L,NF*NFR+11,NF*NFR+12
L,NF*NFR+12,NF*NFR+13
L,NF*NFR+13,NF*NFR+14
L,NF*NFR+13,NF*NFR+17
L,NF*NFR+14,NF*NFR+15
L,NF*NFR+14,NF*NFR+16
L,NF*NFR+15,NF*NFR+22
L,NF*NFR+16,NF*NFR+22
L,NF*NFR+16,NF*NFR+17
L,NF*NFR+17,NF*NFR+18
L,NF*NFR+18,NF*NFR+19
L,NF*NFR+19,NF*NFR+20
L,NF*NFR+20,NF*NFR+22
L,NF*NFR+15,NF*NFR+21
L,NF*NFR+20,NF*NFR+21
L,NF*NFR+19,NF*NFR+23
L,NF*NFR+21,NF*NFR+23
L,NF*NFR+23,NF*NFR+24
L,NF*NFR+24,NF*NFR+25
L,NF*NFR+25,NF*NFR+10
L,NF*NFR+21,NF*NFR+25
L,NF*NFR+10,NF*NFR+15
L,NF*NFR+11,NF*NFR+14
!FOR 1ST LEG
L,NF+1+NFR+1,NF*NFR+11
L,NF+1+NFR+1,NF*NFR+12
L,NF+1,NF*NFR+12
L,NF+1,NF*NFR+13
L,NF+1+2*(NFR+1),NF*NFR+13

```

```

L,NF+1+2*(NFR+1),NF*NFR+14
L,7*(NFR+1)+2*NF+1+NFR+1,NF*NFR+21
L,NF+1+NFR+1,NF*NFR+23
K,NF*NFR+30,-4/3*BA,0,HF-H*1000+FR      ! 2ND KEYPOINT AT BOTTOM OF HULL
K,NF*NFR+31,-4/3*BA,BL*1000/2-BA,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+32,-BA,BL*1000/2+BA,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+33,BA,BL*1000/2+BA,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+34,BA,BL*1000/2-BA,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+35,BA,0,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+36,AL*1000-BA,BA,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+37,AL*1000+BA,BA,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+38,AL*1000+BA,0,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+39,AL*1000+BA,-BA,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+40,AL*1000-BA,-BA,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+41,BA,-BL*1000/2+BA,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+42,AL*1000-BA,0,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+43,BA,-BL*1000/2-BA,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+44,-BA,-BL*1000/2-BA,HF-H*1000+FR
K,NF*NFR+45,-4/3*BA,-BL*1000/2+BA,HF-H*1000+FR
L,NF*NFR+30,NF*NFR+31
L,NF*NFR+31,NF*NFR+32
L,NF*NFR+32,NF*NFR+33
L,NF*NFR+33,NF*NFR+34
L,NF*NFR+33,NF*NFR+37
L,NF*NFR+34,NF*NFR+35
L,NF*NFR+34,NF*NFR+36
L,NF*NFR+35,NF*NFR+42
L,NF*NFR+36,NF*NFR+42
L,NF*NFR+36,NF*NFR+37
L,NF*NFR+37,NF*NFR+38
L,NF*NFR+38,NF*NFR+39
L,NF*NFR+39,NF*NFR+40
L,NF*NFR+30,NF*NFR+42
L,NF*NFR+35,NF*NFR+41
L,NF*NFR+40,NF*NFR+41
L,NF*NFR+39,NF*NFR+43
L,NF*NFR+41,NF*NFR+43
L,NF*NFR+43,NF*NFR+44
L,NF*NFR+44,NF*NFR+45
L,NF*NFR+45,NF*NFR+30
L,NF*NFR+41,NF*NFR+45
L,NF*NFR+30,NF*NFR+35
L,NF*NFR+31,NF*NFR+34
L,7*NFR+NF+6,NF*NFR+11
L,NF+NFR+2,NF*NFR+12
L,NF+1,NF*NFR+12
L,NF+1,NF*NFR+13
L,NF+1+2*(NFR+1),NF*NFR+13
L,NF+1+2*(NFR+1),NF*NFR+14

```

Chương trình xác định hệ số tập trung ứng suất SCF – ANSYS APDL

```
/CLEAR
/FILNAME,SCF_TEST
/TITLE,SCF DEFINITION OF STRUCTURES
/PREP7
a = 10000      !mm
b = 10000      !mm
t = 14         !mm
Ra = 100        !mm
P = -1*t        !N
MP,EX,1,2E5
MP,PRXY,1,0.3
ET,1,SHELL181
R,1,t
BLC4,Ra/2,0,a/2-Ra/2,b/2
BLC4,Ra/2,0,Ra,Ra/2
CYL4,Ra/2,Ra/2,Ra
ASBA,1,2
ASBA,4,3
BLC4,0,1.5*Ra,Ra/2,b/2-1.5*Ra
AADD,ALL
SMRTSIZE,1
!eSIZE,t
!MSHAPE,1
!MSHKEY,0
AMESH,ALL
FINI
/SOLU
NSEL,S,LOC,X
D,ALL,UX
D,ALL,UZ
NSEL,S,LOC,Y
D,ALL,UY
D,ALL,UZ
ALLS
SFL,2,PRES,P
SOLVE
SAVE
FINI
/POST1
PLNSOL,S,X,0,1
FINI
```