

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA CƠ KHÍ GIAO THÔNG

# ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

ĐỀ TÀI:

**THIẾT KẾ PHƯƠNG TIỆN BỀ MẶT  
KHÔNG NGƯỜI LÁI LOẠI CATAMARAN**

*Giáo viên hướng dẫn:* TS. Nguyễn Tiến Thừa

*Sinh viên thực hiện:* Nguyễn Thị Hồng Nhung

*Lớp:* 18KTTT

*Đà Nẵng, 2023*

## TÓM TẮT

Tên đề tài: Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran.

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Thị Hồng Nhung

Số thẻ sinh viên: 103180213    Lớp: 18KTTT

### **Đề án tốt nghiệp gồm:**

❖ Nội dung bản thuyết minh bao gồm 5 chương:

Chương 1: Giới thiệu các loại phương tiện không người lái loại Catamaran.

Chương 2: Thiết lập mô hình tính toán ổn định và chuyển động của phương tiện không người lái loại Catamaran.

Chương 3: Tính toán đặc trưng ổn định và chuyển động của phương tiện không người lái loại Catamaran trên sóng điều hòa.

Chương 4: Mô phỏng, đánh giá kết quả mô hình bằng phương pháp toán tử biên độ dao động - Response of Amplitude Operator (RAOs).

Chương 5: Kết luận và hướng phát triển.

❖ Bản vẽ:

- Bản vẽ tuyến hình (1A0).
- Bản vẽ đồ thị biên độ dao động tàu (A3).

## NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ tên sinh viên: Nguyễn Thị Hồng Nhung      Số thẻ sinh viên: 103180213

Lớp: 18KTTT      Khoa: Cơ khí Giao thông      Ngành: Kỹ thuật Tàu thủy

### 1. Tên đề tài đồ án:

- Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran.

2. Đề tài thuộc diện:  Có ký kết thỏa thuận sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện

### 3. Các số liệu và dữ liệu ban đầu:

- Các thông số chủ yếu của tàu mẫu.
- Bản vẽ tuyến hình của tàu Delft 372 Catamaran.

### 4. Nội dung các phần thuyết minh và tính toán:

#### Chương 1: Giới thiệu các loại phương tiện không người lái loại catamaran

- 1.1. Đặt vấn đề
- 1.2. Giới thiệu tổng quan phương tiện không người lái loại Catamaran
- 1.3. Thông số kích thước cơ bản

#### Chương 2: Thiết lập mô hình tính toán ổn định và chuyển động của phương tiện không người lái loại catamaran

- 2.1. Mô hình và đặc điểm tàu Catamaran
- 2.2. Điều kiện thiết kế

#### Chương 3: Tính toán đặc trưng ổn định và chuyển động của phương tiện không người lái loại catamaran trên sóng điều hòa

- 3.1. Cơ sở lý thuyết
- 3.2. Ổn định tàu chuyển động nguyên vẹn

## **Chương 4: Mô phỏng, đánh giá kết quả mô hình bằng phương pháp toán tử biên độ dao động - RAO**

- 4.1. Giới thiệu tổng quan về phần mềm Ansys Workbench
- 4.2. Giới thiệu tổng quan về các phương pháp phần tử biên
- 4.3. Mô phỏng mô hình, phân bố các lực trên mô hình bằng phần mềm Ansys Aqwa
- 4.4. Kết quả mô phỏng

## **Chương 5: Kết luận và hướng phát triển**

- 5.1. Kết luận
- 5.2. Hướng phát triển

### **5. Các bản vẽ, đồ thị (ghi rõ các loại và kích thước bản vẽ):**

- Bản vẽ tuyến hình (1A0)
- Bản vẽ đồ thị biên độ dao động tàu (6A3)

<b>6. Họ tên người hướng dẫn:</b>	<b>Phần/ Nội dung:</b>
TS. Nguyễn Tiến Thừa	Phần mềm Ansys tính toán ổn định
TS. Nguyễn Tiến Thừa	Lý thuyết ổn định tàu

7. Ngày giao nhiệm vụ đồ án: 22/08/2022

8. Ngày hoàn thành đồ án: 1/12/2022

*Đà Nẵng, ngày 21 tháng 8 năm 2022*

**Trưởng Bộ môn**

**Người hướng dẫn**

## LỜI NÓI ĐẦU

Trong thời kỳ sơ khai của ngành công nghiệp đóng tàu, đặc tính khí động học và ổn định của tàu thường chỉ đóng vai trò thứ yếu so với những vấn đề kỹ thuật, kinh tế khác. Tuy nhiên, trong bối cảnh nguồn năng lượng thế giới ngày càng khan hiếm như hiện nay, đồng thời vấn đề ô nhiễm môi trường ngày càng tăng cao thì việc thiết kế hình dáng hợp lý nhằm giảm tiêu hao nhiên liệu, tăng hiệu suất của phương tiện là một trong những vấn đề cấp thiết. Những năm gần đây nhân loại đã phải quan tâm nhiều đến vấn đề ô nhiễm môi trường không khí đó là: sự biến đổi của khí hậu – nóng lên toàn cầu, sự suy giảm tầng ôzôn và mưa axit và nguy hiểm nhất là ảnh hưởng trực tiếp tới hệ hô hấp của con người.

Bên cạnh đó, trong quá trình đánh giá đặc tính khí động học và ổn định của tàu, một vấn đề khó khăn đặt ra là sự ma sát với dòng chảy khi hoạt động trong môi trường nước biển. Chính vì vậy việc nghiên cứu các yếu tố từ hình dạng ảnh hưởng đến đặc tính khí động học và ổn định của tàu, từ đó đưa ra các đánh giá về lực cản, sự phân bố trường áp suất, ổn định và vận tốc của tàu, sự hình thành các xoáy.

Trên cơ sở đó đề xuất các phương pháp cải tiến để nâng cao tính năng ổn định của tàu, giảm lực cản, giúp tiết kiệm nhiên liệu, thân thiện với môi trường là một hướng đi chính trong việc nghiên cứu về tàu hiện nay. Từ lý do trên em chọn đề tài: “**Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran**” để làm đề án tốt nghiệp.

Lĩnh vực lực mô phỏng là một lĩnh vực còn khá mới mẻ vậy nên trong quá trình nghiên cứu, đánh giá của em không thể tránh khỏi sai sót vì vậy rất mong được sự thông cảm và đóng góp ý kiến của quý thầy cô giáo và các bạn

Trong quá trình nghiên cứu và thực hiện đề án em đã nhận được sự hỗ trợ rất lớn từ các thầy cô, em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy giáo **TS. Nguyễn Tiến Thừa** cùng toàn thể các thầy cô giáo trong khoa Cơ khí Giao thông cũng như các bạn đã giúp đỡ em rất nhiều trong quá trình thực hiện đề án lần này.

Sinh viên thực hiện

## **CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan rằng đồ án tốt nghiệp với đề tài “THIẾT KẾ PHƯƠNG TIỆN BỀ MẶT KHÔNG NGƯỜI LÁI LOẠI CATAMARAN” là quá trình nghiên cứu cũng như mô phỏng của tôi trong thời gian vừa qua. Các số liệu, dữ liệu trong quá trình tìm hiểu và thiết kế được tham khảo giáo viên hướng dẫn hoặc có tham khảo tài liệu rõ ràng.

Tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm trước nhà trường nếu trường hợp phát hiện ra bất cứ sai phạm trong đề tài đồ án tốt nghiệp này.

Sinh viên thực hiện

## MỤC LỤC

<b>TÓM TẮT .....</b>	<b>i</b>
<b>NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP .....</b>	<b>ii</b>
<b>LỜI NÓI ĐẦU.....</b>	<b>iii</b>
<b>CAM ĐOAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>MỤC LỤC .....</b>	<b>v</b>
<b>DANH SÁCH CÁC BẢNG, HÌNH VẼ.....</b>	<b>vi</b>
<b>DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT .....</b>	<b>vii</b>
<b>Chương 1: GIỚI THIỆU CÁC LOẠI PHƯƠNG TIỆN KHÔNG NGƯỜI LÁI LOẠI CATAMARAN.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Đặt vấn đề.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Giới thiệu tổng quan tàu Catamaran.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.1. Định nghĩa .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2. Một số phương tiện không người lái trên bề mặt nước .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.3. Sơ lược thiết kế phương tiện không người lái loại Catamaran .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.4. Tính ưu việt, ứng dụng và vùng hoạt động .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. Các thông số kích thước cơ bản thiết kế Delf 372 Catamaran.....</b>	<b>7</b>
<b>Chương 2: THIẾT LẬP MÔ HÌNH TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH VÀ CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU CATAMARAN .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Mô hình và đặc điểm tàu Catamaran .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.1. Mô hình.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.2. Đặc điểm phần vỏ của tàu Catamaran .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Điều kiện thiết kế .....</b>	<b>9</b>
<b>Chương 3: CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ TÍNH TOÁN ĐẶC TRƯNG ỔN ĐỊNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU TRÊN SÓNG ĐIỀU HÒA .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Cơ sở lý thuyết .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.1. Phương trình chuyển động tổng quát và hệ tọa độ của tàu.....</b>	<b>11</b>

3.1.3.	Toán tử biên độ đáp ứng.....	16
3.2.	Ổn định tàu nguyên vẹn .....	16
3.3.1.	Định nghĩa và phân loại .....	16
3.3.2.	Tính toán ổn định tàu .....	16
<b>Chương 4: MÔ PHỎNG, ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ MÔ HÌNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP TOÁN TỬ BIÊN ĐỘ DAO ĐỘNG – RAO .....</b>		<b>19</b>
4.1.	Gới thiệu tổng quan về phần mềm Ansys Workbench .....	19
4.1.1.	Định nghĩa Ansys Workbench.....	19
4.1.2.	Lợi thế của Ansys Workbench .....	19
4.1.3.	Ứng dụng của Ansys Workbench trong lĩnh vực tàu thủy .....	19
4.1.4.	Các bước quá trình mô phỏng.....	22
4.2.	Gới thiệu tổng quan về các phương pháp phần tử biên.....	24
4.2.1.	Phương pháp phần tử biên Boundary Element Method .....	24
4.2.2.	Phương pháp phần tử biên Boundary Element Method .....	26
4.3.	Mô phỏng mô hình, phân bố các lực trên mô hình bằng phần mềm Ansys Aqwa .....	27
4.3.1.	Xây dựng mô hình .....	27
4.3.2.	Các giả thiết và giới hạn nghiên cứu của bài toán mô phỏng.....	27
4.3.3.	Tính toán, thiết lập các thông số bài toán mô phỏng trên phần mềm Ansys Aqwa .....	28
4.4.	Kết quả mô phỏng.....	43
<b>Chương 5: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN .....</b>		<b>84</b>
5.1.	Kết luận nghiên cứu cho phép rút ra một số kết luận sau.....	84
5.2.	Hướng phát triển .....	84
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>		<b>86</b>
<b>PHỤ LỤC .....</b>		<b>87</b>

## **DANH SÁCH CÁC BẢNG, HÌNH VẼ**

### **DANH SÁCH BẢNG:**

Bảng 1.1 Thông số kích thước cơ bản của Delft 372 Catamaran

### **DANH SÁCH HÌNH VẼ**

Hình 1.1 Tàu cao tốc hai thân tại Việt Nam.

Hình 1.2 Phương tiện bề mặt không người lái USV.

Hình 1.3 Tàu tuần tra không người lái Piranha.

Hình 1.4 Tàu đa nhiệm Starfish.

Hình 1.5 Các bộ phận chính của phương tiện bề mặt không người lái.

Hình 2.1 Mô hình Delft 372 Catamaran.

Hình 2.2 Phần hông của mô hình Delft 372 Catamaran.

Hình 2.3 Hình dạng mô hình đối xứng.

Hình 2.4 Phổ sóng Pierson Moskowitz.

Hình 2.5 Mô tả định nghĩa hướng sóng của tàu.

Hình 3.1 Các hệ toạ độ và thành phần chuyển động của tàu.

Hình 3.2 Điều kiện biên.

Hình 3.3 Các thành phần tác động lên tàu.

Hình 3.4 Sáu bậc tự do.

Hình 4.1 Mô hình Delft 372 Catamaran trong Ansys Aqwa.

Hình 4.2 Ứng dụng Ansys Workbench trong các lĩnh vực.

Hình 4.3 Ứng dụng Ansys Workbench trong kết cấu cơ học.

Hình 4.4 Ứng dụng Ansys Workbench trong nhiệt.

Hình 4.5 Ứng dụng Ansys Workbench trong động lực học dòng chảy.

Hình 4.6 Ứng dụng Ansys Workbench trong vũ trụ hàng không.

Hình 4.7 Sơ đồ khối của giao diện phân tích thủy động lực học Ansys.

- Hình 4.8 Ứng dụng phương pháp phần tử biên BME trong cơ học.
- Hình 4.9 Mô hình Delft 372 Catamaran trong Ansys Aqwa.
- Hình 4.10 Sơ đồ làm việc của Ansys Aqwa.
- Hình 4.11 Cây bộ giải AQWA.
- Hình 4.12 Mô hình Delft 372 Catamaran trong phần mềm AutoCad.
- Hình 4.13 Lưu file dưới dạng đuôi IGES.
- Hình 4.14 Các modul Ansys Workbench.
- Hình 4.15 ToolBox của Ansys Workbench.
- Hình 4.16 Thành phần giao diện Hydrodynamic Diffraction.
- Hình 4.17 Thay đổi đơn vị chiều dài.
- Hình 4.18 Hệ tọa độ của mô hình trong phần mềm Ansys.
- Hình 4.19 Chọn XYPlane làm mặt thoáng.
- Hình 4.20 Nhấn chọn Generate hoàn thiện
- Hình 4.21 Mô hình tại mặt phẳng ZX.
- Hình 4.22 Tại BodyOp1 nhập giá trị các thông số cần thiết.
- Hình 4.23 Thành phần Model trong môi trường Ansys Aqwa.
- Hình 4.24 Thiết lập các thông số vật lý.
- Hình 4.25 Hệ tọa độ làm việc trong môi trường Ansys Aqwa.
- Hình 4.26 Giá trị thiết lập hệ tọa độ Part 3 Axes.
- Hình 4.27 Gán khối lượng cho mô hình.
- Hình 4.28 Nhập giá trị khối lượng, momen.
- Hình 4.29 Nhập giá trị Mesh.
- Hình 4.30 Chia lưới mô hình.
- Hình 4.31 Thay đổi đơn vị trong quá trình điền giá trị.
- Hình 4.32 Các thông số thiết lập phân tích trong mục Analysis Settings.
- Hình 4.33 Lựa chọn kết cấu trong mục Structure Selection.
- Hình 4.34 Thiết lập hướng sóng trong mục Wave Direction.
- Hình 4.35 Thiết lập các giá trị trong mục Wave Frequencies.

Hình 4.36 Giá trị tần số sóng.

Hình 4.37 Chuyển động tàu theo phương Y vận tốc 3 m/s, tần số 2.6 rad/s.

Hình 4.38 Chuyển động tàu theo phương Z vận tốc 3 m/s, tần số 2.6 rad/s.

Hình 4.39 Đồ thị biểu thị chuyển động tần số sóng  $F = 2.6$  rad/s.

Hình 4.40 Kết quả các giá trị chuyển động.

Hình 4.41 Kết quả các yếu tố thủy tĩnh của Delft 372 Catamaran.

Hình 4.42 So sánh kết quả chuyển động dập dềnh với  $F_n=0.3$  và  $\mu=180^\circ$ .

Hình 4.43 So sánh kết quả chuyển động lắc ngang với  $F_n=0.3$  và  $\mu=180^\circ$ .

Hình 4.44 Chuyển động tiến lùi theo các hướng sóng khác nhau.

Hình 4.45 Chuyển động dạt ngang theo các hướng sóng khác nhau.

Hình 4.46 Chuyển động dập dềnh theo các hướng sóng khác nhau.

Hình 4.47 Chuyển động lắc dọc theo các hướng sóng khác nhau.

Hình 4.48 Chuyển động lắc ngang theo các hướng sóng khác nhau.

Hình 4.49 Chuyển động quay trở theo các hướng sóng khác nhau.

Hình 4.50 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $0^\circ$ .

Hình 4.51 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $45^\circ$ .

Hình 4.52 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $90^\circ$ .

Hình 4.53 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $135^\circ$ .

Hình 4.54 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $180^\circ$ .

Hình 4.55 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $0^\circ$ .

Hình 4.56 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $45^\circ$ .

Hình 4.57 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $90^\circ$ .

Hình 4.58 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $135^\circ$ .

Hình 4.59 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $180^\circ$ .

Hình 4.60 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $0^\circ$ .

Hình 4.61 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $45^\circ$ .

Hình 4.62 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $90^\circ$ .

Hình 4.63 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $135^\circ$ .

Hình 4.64 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $180^\circ$ .

Hình 4.65 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $0^\circ$ .

Hình 4.66 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $45^\circ$ .

Hình 4.67 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $90^\circ$ .

Hình 4.68 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $135^\circ$ .

Hình 4.69 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $180^\circ$ .

Hình 4.70 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $0^\circ$ .

Hình 4.71 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $45^\circ$ .

Hình 4.72 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $90^\circ$ .

Hình 4.73 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $135^\circ$ .

Hình 4.74 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $180^\circ$ .

Hình 4.75 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $0^\circ$ .

Hình 4.76 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $45^\circ$ .

Hình 4.77 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $90^\circ$ .

Hình 4.78 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $135^\circ$ .

Hình 4.79 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $180^\circ$ .

## **DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT**

### **CHỮ VIẾT TẮT:**

- RAO – Response of Amplitude Operator.
- BME – Boundary Element Method.
- USV – Unmanned surface vehicle.

## MỞ ĐẦU

### I. Mục đích của đề tài

Catamaran (tàu hai thân) sử dụng phổ biến trên thế giới, nó hiệu quả về tính năng, kinh tế và thẩm mỹ. Tính năng hàng hải ưu việt của tàu hai thân, đặc biệt tính ổn định và tốc độ vượt trội so với tàu một thân cùng kích cỡ. Những năm gần đây ở Việt Nam, đã xuất hiện và có xu hướng tăng dần nhu cầu sử dụng tàu hai thân trong giao thông thủy. Từ thực tế trên em xin đề xuất được thực hiện đồ án tốt nghiệp với đề tài: **“Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran”**. Em mong muốn các kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ góp phần tạo ra cơ sở lý thuyết cho sự phát triển của các công nghệ tương tự và sẽ được phục vụ cho giảng dạy và thí nghiệm.

### II. Phương án thiết kế

Phương án được em lựa chọn là thiết kế phương tiện không người lái với những ưu điểm sau:

- Tiết kiệm không gian và chi phí khi thiết kế.
- Không ảnh hưởng đến môi trường.
- Dễ thiết kế, giá cả phải chăng và có thể sử dụng trong quân sự, khảo sát,..

### III. Đối tượng thiết kế

Phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran.

### IV. Phạm vi nghiên cứu

Trong phạm vi đồ án, em tập trung thiết kế mô hình không người lái loại catamaran với tiêu chí đánh giá các thông số ổn định của mô hình khi thực nghiệm trên môi trường sóng.

### V. Phương án nghiên cứu

Qua tìm hiểu em nhận thấy các xu hướng nghiên cứu gần đây của các tác giả trên thế giới thường ứng dụng những thành tựu của phương pháp nghiên cứu lý thuyết vào thực nghiệm hoặc ngược lại để nâng cao hiệu quả trong việc giải quyết những vấn đề của bài toán khí động học.

Nếu như trước đây, các nhà nghiên cứu thường sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn trong nghiên cứu của mình thì giờ đây đã có thêm các phương pháp khác như phần tử hữu hạn, thể tích hữu hạn. Đây là phương pháp sử dụng rất phổ biến trong nghiên cứu tàu. Các phần mềm chuyên dụng cũng được sử dụng ngày càng nhiều hơn trong các nghiên cứu lý thuyết.

*Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran*

Sau khi phân tích, đánh giá, nhóm lựa chọn: *Phương án mô phỏng bằng phần mềm chuyên dụng kết hợp với thực nghiệm.*

- a) Về lý thuyết:
- b) Sử dụng nguồn tài liệu có sẵn có trên Internet: các nguồn tài liệu công khai của NASA, các báo cáo, giáo trình,.....
- c) Về thực nghiệm:
  - Chế tạo phương tiện không người lái cỡ nhỏ.

## **Chương 1: GIỚI THIỆU CÁC LOẠI PHƯƠNG TIỆN KHÔNG NGƯỜI LÁI LOẠI CATAMARAN**

### **1.1. Đặt vấn đề**

Trong bối cảnh của sự phát triển nhanh chóng của nền thương mại thế giới, khía cạnh quan trọng nhất của thiết kế tàu là cải thiện an toàn và hiệu quả của tàu trong việc ứng phó với môi trường va chạm. Do nhu cầu tối ưu hoá hoạt động của những con tàu về các đặc tính chống chịu và di chuyển ngày càng trở nên cấp thiết. Vì vậy, Catamaran hiện nay là giải pháp hữu hiệu để giải quyết những vấn đề trên. Bên cạnh đó, cần có thêm các mô tả chi tiết hơn về các tính năng thủy động lực học nổi bật của chúng.

Sự phân tách giữa các phần vỏ bên của Catamaran sẽ tạo nên tính ổn định tốt, đồng thời sự thanh mảnh của vỏ tàu tạo nên đặc tính sức cản hiệu quả. Sự phân chia lượng chiếm nước và diện tích mặt đường nước giữa hai vỏ dẫn đến hình thành mặt boong rộng, chất lượng ổn định tốt và kết quả là tốc độ lắt và góc lắt nhỏ. Ngoài ra, Catamaran được sử dụng phổ biến trên thế giới, nó hiệu quả về tính năng, kinh tế và thẩm mỹ. Tính năng hàng hải ưu việt của tàu hai thân đặc biệt là tính ổn định và tốc độ vượt trội so với tàu một thân cùng kích cỡ. Những năm gần đây tại Việt Nam, đã xuất hiện và có xu hướng tăng dần nhu cầu sử dụng tàu hai thân trong giao thông thủy.

### **1.2. Giới thiệu tổng quan tàu Catamaran**

#### **1.2.1. Định nghĩa**

**Catamaran** là một chiếc thuyền có hai thân. Hai thân tàu này được nối với nhau bằng một sàn cầu. Nhiều người sẽ quen thuộc hơn với du thuyền một thân thường được sử dụng ở những vùng môn nước sâu và sóng lặng. Nhưng ngày nay, tàu hai thân catamaran ngày càng phổ biến và chiếm ưu thế hơn từ không gian, tiện ích, chạy êm và có thể neo ở môn nước cạn.



Hình 1.1 Tàu cao tốc hai thân tại Việt Nam.

**Phương tiện bề mặt không người lái** là phương tiện vận hành trên mặt nước bằng phương thức điều khiển từ xa, tự động hoặc bán tự. Còn được gọi là tàu bề mặt không người lái (USV) hoặc phương tiện bề mặt tự hành (ASV).



Hình 1.2 Phương tiện bề mặt không người lái USV.

### ***1.2.2. Một số phương tiện không người lái trên bề mặt nước***

Trong những thập niên gần đây, Catamaran đã phát triển một cách nhanh chóng và trở thành một dạng giao thông biển khá phổ biến.

Phương tiện không người lái mặt nước đầu tiên trên thế giới do *Nikola Tesla* phát minh và chế tạo năm 1898 mang tên “*Người máy vô tuyến*”.

***USV Piranha*** do Công ty Công nghệ Zyvex chế tạo, là loại tàu tuần tra không người lái hiện đại nhất của Mỹ hiện nay, thực hiện nhiệm vụ chống cướp biển và giám sát hàng hải tầm xa. Năm 2011, chiếc USV Piranha đầu tiên xuất xưởng và được biên chế cho Hải quân Mỹ.



Hình 1.3 Tàu tuần tra không người lái Piranha.

*USV Starfish* là loại đa nhiệm do Tập đoàn Công nghiệp Hàng không I-xra-en nghiên cứu chế tạo được trang bị hệ thống pháo, tên lửa và các vũ khí khác, như vòi rồng, thiết bị gây chói mắt, chói tai; có khả năng trinh sát, giám sát, tìm kiếm và tấn công tiêu diệt các mục tiêu trên biển.



Hình 1.4 Tàu đa nhiệm Starfish.

### ***1.2.3. Sơ lược thiết kế phương tiện không người lái loại Catamaran***

Có thể thấy, phương tiện không người lái mặt nước có nhiều ưu điểm và tiềm năng rất lớn trong lĩnh vực quân sự. Theo các nhà sản xuất, một phương tiện không người lái sẽ có những bộ phận như sau:

1. *USV's platform*: Nền tảng của USV.
2. *Boat load measurement and control system*: Hệ thống đo lường và điều khiển tải trọng.  
→ Hệ thống có chức năng quyết định đến công năng, chất lượng và hiệu quả của việc điều khiển tải trọng của tàu.
3. *Meteorological measurement system*: Hệ thống đo lường khí tượng.  
→ Hệ thống có chức năng đo các thông số trạng thái trong không khí tại các chỗ có độ phân giải cao, chính xác (áp suất, nhiệt độ,...).
4. *Water quality monitoring system*: Hệ thống quan trắc môi trường.  
→ Hệ thống có chức năng phân tích chất lượng nước ở môi trường sông, ao, biển. Bên cạnh đó, hệ thống được kết nối với máy tính để xử lý lượng nước thải.
5. *Electric outboard*: Điện ở phía ngoài tàu.  
→ Nguồn điện có chức năng sử dụng khi có vấn đề khẩn cấp xảy ra.

6. *Spectral measurement system*: Hệ thống đo quang phổ.

→ Hệ thống có chức năng đo và xác định được những phổ sóng.

7. *Water sample collection system*: Hệ thống lấy mẫu nước.

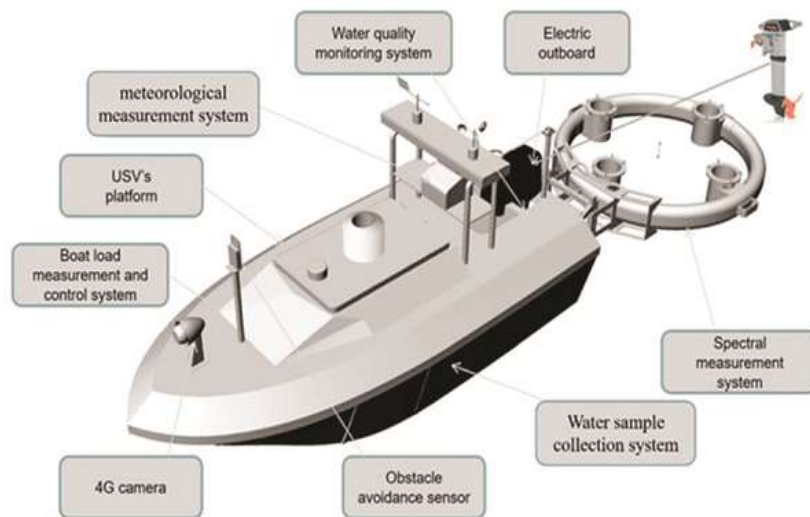
→ Hệ thống có chức năng giám sát chất lượng nước, dòng chảy và điều kiện thủy văn trong môi trường biển.

8. *Obstacle avoidance sensor*: Cảm biến

→ Cảm biến giúp mô hình tránh được các vật cản, các chướng ngại vật.

9. *4G camera*: Máy ảnh 4G.

→ Máy ảnh 4G có chức năng ghi hình lại những khung cảnh, cảnh vật, vật cảnh và cũng như môi trường mà mô hình hoạt động.



Hình 1.5 Các bộ phận chính của phương tiện bề mặt không người lái.

❖ Cơ chế hoạt động của phương tiện bề mặt không người lái:

- Trên tàu: bố trí máy tính để có thể nhận được tín hiệu do con người truyền đến để điều khiển mô hình.
- Trên đất liền: con người sẽ truyền tín hiệu bằng bộ phận điều khiển thông qua máy tính bố trí trên tàu để điều khiển và thực hiện các hoạt động đã được thiết lập.

#### 1.2.4. Tính ưu việt, ứng dụng và vùng hoạt động

❖ Tính ưu việt

- Khác với loại một thân, sự tồn tại của hai thân sẽ tạo nên thành phần sức cản bổ sung. Từ đó, làm tăng độ nhớt chất lỏng giữa hai vỏ dẫn đến ảnh hưởng đến:
- Sự gia tăng độ nhớt chất lỏng làm tăng ma sát bề mặt

- Sự không đối xứng của dòng chảy bên dưới mỗi thân vỏ tạo nên dòng chảy ngang, dẫn đến hình thành lực ngang và gây thêm một thành phần sức cản.

❖ Ứng dụng

- Thu thập dữ liệu để lập bản đồ, xác định độ sâu đáy sông hồ, biển....
- Khảo sát, kiểm tra chất lượng nước ở sông hồ, những khu vực khó tiếp cận và phức tạp.

- ❖ Vùng hoạt động: khu vực phát triển loại tàu này là các tuyến biển ngắn, cự ly biểu thị tính ưu việt vượt trội của Catamaran.

### 1.3. Các thông số kích thước cơ bản thiết kế Delft 372 Catamaran

Bảng 1.1 Thông số kích thước cơ bản của Delft 372 Catamaran.

Đại lượng	Ký tự	Thông số	Thứ nguyên
Chiều dài giữa các đường nước vuông góc	$L_{PP}$	10.43	m
Chiều dài đường nước	$L_{wl}$	10.00	m
Bề rộng toàn bộ	B	3.152	m
Bề rộng nửa tàu	b	0.8	m
Số Froude	$F_n$	0.3	-
Mớn nước	T	0.55	m
Cao độ trọng tâm	KG	1.02	m
Hoành độ trọng tâm	LCG	4.72	m
Gia tốc trọng trường	g	9.81	$m^2/s$
Bán kính quay	Lắc dọc	$K_{xx}$	1.208
	Lắc ngang	$K_{yy}$	2.712
	Quay trở	$K_{zz}$	3.113
Góc xoay		0, 45, 90, 135, 180	độ

## Chương 2: THIẾT LẬP MÔ HÌNH TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH VÀ CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU CATAMARAN

### 2.1. Mô hình và đặc điểm tàu Catamaran

#### 2.1.1. Mô hình

Ngày nay, Catamaran được sử dụng rất rộng rãi và phổ biến cho nhiều mục đích khác nhau. Đảm bảo về độ an toàn, khả năng điều động, khả năng chống chịu, độ ổn định ngang ổn định. Mọi quan tâm toàn cầu đối với vấn đề bảo vệ môi trường luôn là vấn đề chưa có hồi kết. Hiện có hơn 1000 phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran chuyển đổi được cấp bằng sáng chế trên toàn thế giới.

Delft 372 Catamaran là một trong những loại tàu nhiều thân, về mặt hình học bao gồm hai nửa thân tàu. Cấu hình này mang lại nhiều lợi thế hơn so với các loại tàu một thân xét về tính khả thi của thiết kế và hoạt động của nó.



Hình 2.1 Mô hình Delft 372 Catamaran.

#### 2.1.2. Đặc điểm phần vỏ của tàu Catamaran

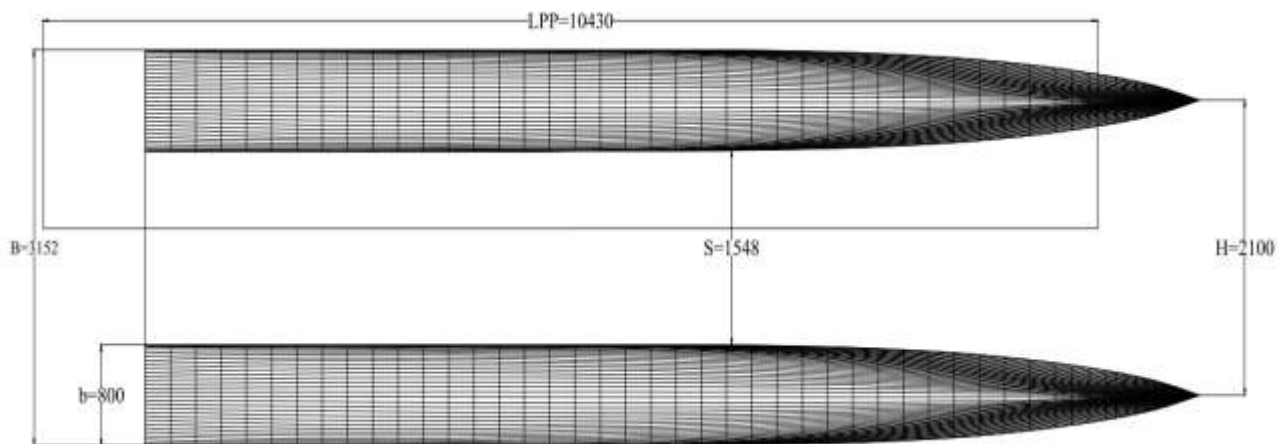
##### a) Đặc điểm hình học

- Hình dạng phần vỏ: dạng hông tròn – phần chuyển động giữa đáy và mạn có góc lượn khá lớn. Loại này thường dùng với các Catamaran có lượng chiếm nước, tốc độ thấp.



Hình 2.2 Phần hông của mô hình Delft 372 Catamaran.

- Bố trí vỏ: Catamaran đối xứng có hai nửa vỏ đối xứng qua đường tâm của nó.



Hình 2.3 Hình dạng mô hình đối xứng.

### b) Đặc điểm động học

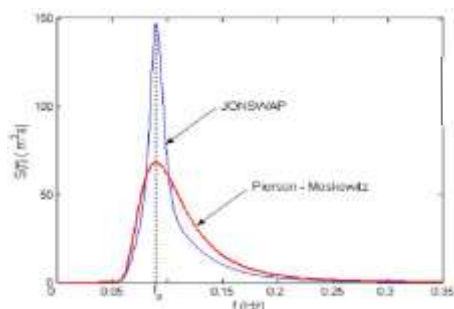
- Catamaran hoạt động ở chế độ Froude thấp ( $F_n < 0,7$ ) thuộc loại tàu thông thường.
- Delft 372 Catamaran sử dụng trong Ansys Aqwa với vận tốc  $v=3\text{m/s}$  và  $F_n=0,3$  được chọn cho Delft 372 Catamaran để tính toán trong trường hợp này.

### 2.2. Điều kiện thiết kế

Khi xem xét thiết kế của Delft 372 Catamaran là xem xét các lực tác động lên tàu khi tàu di chuyển trên nước tĩnh.

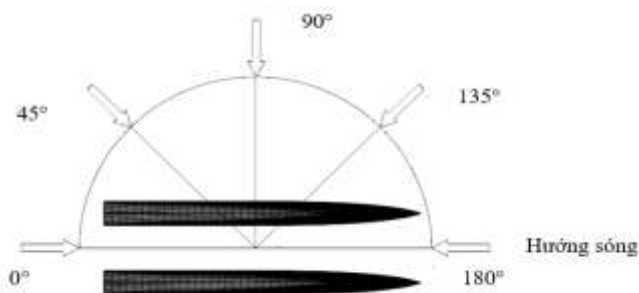
Trong đồ án này, em thực hiện nghiên cứu chuyển động của tàu hai thân trên sóng điều hoà và tính toán ổn định của tàu. Ngoài ra, em sử dụng phương pháp phần tử biên có trong phần mềm Ansys Aqwa để phân tích sự tương tác giữa tàu và sóng. Các thành phần tác động lên tàu bao gồm: sóng tới, sóng nhiễu xạ và sóng phản xạ. Thông qua phương trình chuyển động ở trên các thành phần chuyển động của tàu sẽ được xác định.

Điều kiện tính toán và tần số sóng được lựa chọn dựa trên phổ sóng Pierson - Moskowitz được sử dụng trong trường hợp này. Tại phổ sóng này, năng lượng sóng có giá trị phù hợp với điều kiện hoạt động của tàu trong điều kiện vùng biển cạn. Trong trường hợp này, tác giả lựa chọn tần số sóng nằm trong khoảng  $[\omega_1, \omega_2] = [0.2, 3.2]$  (rad/s) chọn làm khu vực xem xét chuyển động của tàu.



Hình 2.4 Phổ sóng Pierson Moskowitz.

- ❖ Hướng sóng: là sự kết hợp giữa phương chuyển động của tàu và phương chuyển động của sóng.
  - Xác định hệ thống ba trục tọa độ như hình:
  - + Trục  $x_0$  đặt theo hướng di chuyển của tàu.
  - + Hệ trục  $(x_0, y_0, z_0)$  được sử dụng để xác định sóng tới
  - + Mặt phẳng ZY thẳng hàng với mực nước tĩnh và z hướng lên trên.
  - + Đối với hướng sóng tới từ phía trước ( $\mu=180^\circ$ ) thì tần số gặp nhau lớn hơn tần số tuyệt đối .
  - + Ở hướng sóng vùng đuôi ( $\mu=0^\circ$ ) tần suất va chạm thấp hơn và có thể bằng 0 khi vận tốc tàu bằng vận tốc pha của sóng.
  - + Hướng sóng:  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$ .



Hình 2.5 Mô tả định nghĩa hướng sóng của tàu.

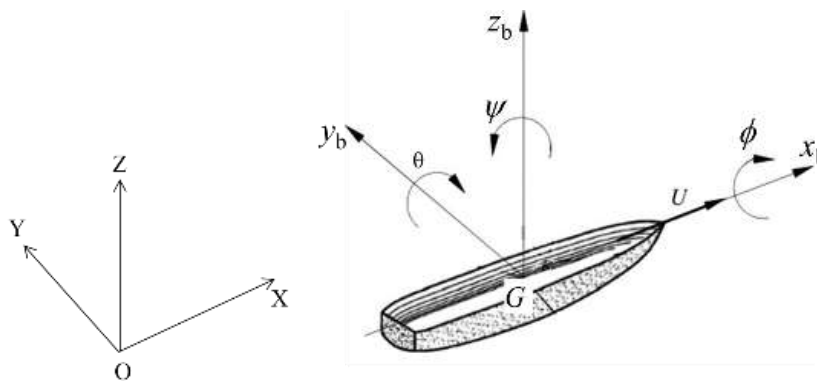
### Chương 3: CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ TÍNH TOÁN ĐẶC TRƯNG ỔN ĐỊNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU TRÊN SÓNG ĐIỀU HÒA

#### 3.1. Cơ sở lý thuyết

##### 3.1.1. Phương trình chuyển động tổng quát và hệ tọa độ của tàu

Khảo sát chuyển động tàu trong hệ tọa độ cố định OXYZ và hệ tọa độ Gxyz gắn vào thân tàu. Các thành phần chuyển động của tàu bao gồm có ba thành phần chuyển động tịnh tiến  $x_b, y_b, z_b$  và thành phần chuyển động quay  $\phi, \theta, \psi$  tương ứng với các trục  $x, y, z$ .

$$\vec{X} = [x \ y \ z \ \phi \ \theta \ \psi]^T \quad (3.1)$$



Hình 3.1 Các hệ tọa độ và thành phần chuyển động của tàu.

❖ Trong đó:

- + O: gốc tọa độ nằm trên mặt thoáng của chất lỏng.
- + X: trục hướng theo hướng di chuyển của tàu.
- + Y: trục hướng sang trái.
- + Z: trục hướng thẳng đứng lên trên.
- + G: trọng tâm tàu.
- + Gx: trục dọc theo phương chuyển động tịnh tiến của tàu.
- + Gy: trục ngang hướng sang mạn phải tàu.
- + Gz: trục đứng hướng lên trên.

- + O: gốc toạ độ nằm trên mặt thoáng của chất lỏng.
- + X: trục hướng theo hướng di chuyển của tàu.
- + Y: trục hướng sang trái.
- + Z: trục hướng thẳng đứng lên trên.

Chuyển động tàu là chuyển động điều hoà tuyến tính và có sự tác động của lực kích thích vì vậy ta có phương trình vi phân chuyển động tổng quát của tàu:

$$\sum_{k=1}^6 [(M_{jk} + A_{jk})\ddot{X} + B_{jk}\dot{X} + C_{jk}X] = F_j e^{i\omega t}; j=1\div 6 \quad (3.2)$$

Tại trường hợp này, Delft 372 Catamaran có thân tàu đối xứng qua mặt phẳng XZ với toạ độ trọng tâm tại  $G(0,0,Z_G)$ . Vì vậy, lần lượt ta có ma trận khối lượng, ma trận hệ số khối lượng nước kèm và ma trận hệ số cản có dạng như sau:

$$M_{jk} = \begin{bmatrix} M & 0 & 0 & 0 & M_{Z_G} & 0 \\ 0 & M & 0 & -M_{Z_G} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & M & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -M_{Z_G} & 0 & I_4 & 0 & I_{46} \\ M_{Z_G} & 0 & 0 & 0 & I_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -I_{46} & 0 & I_6 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

$$A_{jk} (B_{jk}) = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & A_{13} & 0 & A_{15} & 0 \\ 0 & A_{22} & 0 & A_{24} & 0 & A_{26} \\ A_{31} & 0 & A_{33} & 0 & A_{35} & 0 \\ 0 & A_{42} & 0 & A_{44} & 0 & A_{46} \\ A_{51} & 0 & A_{53} & 0 & A_{55} & 0 \\ 0 & A_{62} & 0 & A_{64} & 0 & A_{66} \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Trong trường hợp này Delft 372 Catamaran chuyển động trên mặt thoáng vì vậy hệ số phục hồi thủy tĩnh có dạng:

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_{33} & C_{34} & C_{35} & 0 \\ 0 & 0 & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46} \\ 0 & 0 & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

### 3.1.2. Các phương trình chuyển động cơ bản và điều kiện biên của tàu

- Các phương trình chuyển động cơ bản của tàu trên sóng điều hoà dựa trên lý thuyết dòng thế và các giả thiết sau để giải được phương trình chuyển động trên. Điều cần thiết để giải được phương trình trên thì cần phải tính toán các thành phần lực giảm chấn, lực tự do sóng tới và khối lượng nước kèm. Dòng thế là một trong những phương pháp tính có độ chính xác cao và thời gian tính toán ngắn và nhanh chóng.
- Các giả thiết được sử dụng dựa trên lý thuyết dòng thế:
  - + Tàu chịu dao động cưỡng bức của sóng dưới dạng là sóng điều hoà có biên độ nhỏ so với chiều dài của nó.
  - + Chất lỏng không nhớt, không nén được và dòng chảy không xoáy.
- Trong trường hợp khi tàu chuyển động với vận tốc khác không thì vec tơ dao động tàu dưới tác động của sóng kích thích có dạng:

$$\vec{X} = \vec{U}t + \vec{x} \quad (3.6)$$

❖ Trong đó:

- +  $\vec{U} = (U_1, U_2, 0)$ : vận tốc chuyển động tiến của tàu so với hệ toạ độ cố định.
- +  $\vec{X}$ : toạ độ của điểm trong hệ toạ độ cố định.
- +  $\vec{x}$ : toạ độ của điểm trong hệ toạ độ di động.
- Phương trình (điều khiển) Laplace (trong miền chất lỏng  $\Omega$ ):

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0 \quad (3.7)$$

- Điều kiện biên tại mặt thoáng  $z=0$ :

$$(-i\omega_e + \vec{U} \cdot \nabla)^2 \varphi + g \frac{\partial \varphi}{\partial z} = 0 \quad (3.8)$$

$$\omega_e = \omega - \frac{\omega^2 U}{g} \cos \beta \quad (3.9)$$

❖ Trong đó:

- +  $\omega$ : tần số góc.
- +  $U = |\vec{U}|$ : vận tốc tàu.
- +  $\beta$ : góc giữa phương chuyển động của tàu và phương của sóng tới.

- Điều kiện biên trên bề mặt vật thể

$$\frac{\partial \varphi_r}{\partial n} = -i\omega_e n_j + U m_j \quad (3.10)$$

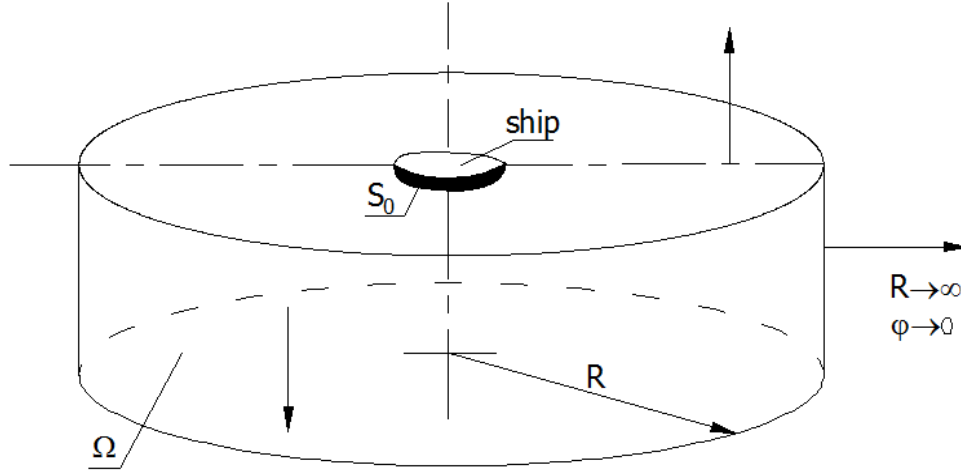
$$(m_1, m_2, m_3) = (0, 0, 0), (m_4, m_5, m_6) = -\frac{1}{U} \vec{U} \times \vec{n} \quad (3.11)$$

$$\frac{\partial \varphi_d}{\partial n} = -\frac{\partial \varphi_l}{\partial n} \quad (3.12)$$

- Điều kiện biên tại đáy vùng nước có chiều sâu d:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial z} = 0 \text{ tại } z = -d \quad (3.13)$$

- Thế vận tốc sóng bị triệt tiêu ở vùng rất xa so với vị trí tàu.



Hình 3.2 Điều kiện biên.

- Thế vận tốc của trường dòng chảy bao quanh thân tàu bao gồm có thế vận tốc của sóng tới, thế vận tốc của sóng nhiễu xạ và thế vận tốc của sóng phản xạ là:

$$\left. \begin{aligned} \Phi(\vec{X}, t) &= A\varphi(\vec{X})e^{-i\omega_e t} \\ \varphi(\vec{X})e^{-i\omega_e t} &= \left[ (\varphi_l + \varphi_d) + \sum_{j=1}^6 \varphi_{\sigma_j} \square x_j \right] e^{-i\omega_e t} \end{aligned} \right\} \quad (3.14)$$

❖ Trong đó:

- + A: biên độ của sóng tới.
- +  $\omega$ : tần số góc của sóng tới.
- +  $\varphi_I$ : thế vận tốc sóng tới.
- +  $\varphi_d$  là thế vận tốc của sóng nhiễu xạ.
- +  $\varphi_{rj}$  là thế vận tốc sóng phản xạ do thành phần chuyển động thứ j tạo nên.
- Áp suất thủy động được xác định theo phương trình Bernoulli:

$$p = \rho \left[ i\omega_e \varphi(\vec{x}) + \vec{U} \cdot \nabla \varphi(\vec{x}) \right] e^{-i\omega_e t} \quad (3.15)$$

- Lực Froude-Krylov, lực phản hồi và lực bức xạ được xác định:

$$F_{Ij} = -\rho \int_{S_0} \left\{ (i\omega_e + \vec{U} \cdot \nabla) \varphi_I(\vec{x}) \right\} n_j dS \quad (3.16)$$

$$F_{dj} = -\rho \int \left\{ (i\omega_e + \vec{U} \cdot \nabla) \varphi_d(\vec{x}) \right\} n_j dS \quad (3.17)$$

$$F_{rjk} = \omega_e^2 A_{jk} + i\omega_e B_{jk} = -i\omega_e \rho \int_{S_0} \left( n_j + \frac{i}{\omega_e} \vec{U} \cdot \nabla n_j \right) \varphi_{rk}(\vec{x}) dS \quad (3.18)$$

❖ Trong đó:

- +  $S_0$  là diện tích mặt ướt trung bình của vỏ tàu.
- Các vec tơ đơn vị trong các phương trình dao động được định nghĩa như sau:

$$\left( n_1, n_2, n_3 \right) = \vec{n} \quad ; \quad \left( n_4, n_5, n_6 \right) = \vec{r} \times \vec{n} \quad (3.19)$$

❖ Trong đó:

- +  $\vec{r} = \vec{X} - \vec{X}_g$ : vec tơ tọa độ của một điểm trên bề mặt vỏ tàu so với trọng tâm tàu.

Trường hợp  $\vec{U} = 0$  và  $\omega_e = \omega$ , thay vào phương trình (3.9) đến (3.19) sẽ xác định được các phương trình điều khiển, điều kiện biên, áp suất và lực thủy động khi tàu đứng yên chịu dao động cưỡng bức của sóng nước.

### 3.1.3. Toán tử biên độ đáp ứng

❖ Phương pháp dao động tuyến tính theo miền tần số:

$$\begin{bmatrix} x_{jm} \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} F_j \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

$$H = \left\{ -\omega_e^2 \left( M_{jk} + A_{jk} \right) - i\omega_e B_{jk} + C_{jk} \right\}^{-1} \quad (3.21)$$

➤ Trong đó: H: hàm truyền

$$\begin{pmatrix} x_{pm}, y_{pm}, z_{pm} \end{pmatrix}^T = T \begin{bmatrix} x_{jm} \end{bmatrix} \quad (3.22)$$

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (Z_{pm} - Z_{gm}) & -(Y_{pm} - Y_{gm}) \\ 0 & 0 & 0 & (Z_{pm} - Z_{gm}) & 0 & (X_{pm} - X_{gm}) \\ 0 & 0 & 0 & (Y_{pm} - Y_{gm}) & -(X_{pm} - X_{gm}) & 0 \end{bmatrix} \quad (3.23)$$

## 3.2. Ổn định tàu nguyên vẹn

### 3.3.1. Định nghĩa và phân loại

➤ Định nghĩa

- Ổn định tàu là khả năng của tàu chống lại các tác động của ngoại lực đã đẩy tàu khỏi vị trí cân bằng ban đầu để đưa tàu trở lại vị trí cân bằng, khi ngoại lực không còn tác động.

➤ Phân loại

- Ổn định tĩnh: khi momen gây nghiêng thay đổi từ từ trong thời gian tác động thì coi là momen tĩnh, ổn định trong trường hợp này gọi là ổn định tĩnh.
- Ổn định động: khi momen gây nghiêng thay đổi đột ngột trong thời gian tác động thì coi momen động, ổn định trong trường hợp này gọi là ổn định động.

### 3.3.2. Tính toán ổn định tàu



❖ Trong đó:

- + KG: chiều cao trọng tâm.
- + KM: chiều cao tâm nghiêng.
- + G: trọng tâm tàu.
- + M: tâm nghiêng ngang.
- + B: tâm nổi.
- + BM: bán kính tâm nghiêng ngang.
- GM là thước đo độ dốc của đường cong ổn định.
- + GM càng lớn, thì  $M_{ph}$  tăng nhanh, tàu trở lại vị trí ổn định nhanh chóng.
- + GM càng bé, diễn biến đồ thị sẽ diễn ra chậm, khả năng chống trả ngoại lực không lớn  $M_{ph}$  nhanh chóng trở về 0 hoặc âm.

## Chương 4: MÔ PHỎNG, ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ MÔ HÌNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP TOÁN TỬ BIÊN ĐỘ DAO ĐỘNG – RAO

### 4.1. Giới thiệu tổng quan về phần mềm Ansys Workbench

#### 4.1.1. Định nghĩa Ansys Workbench

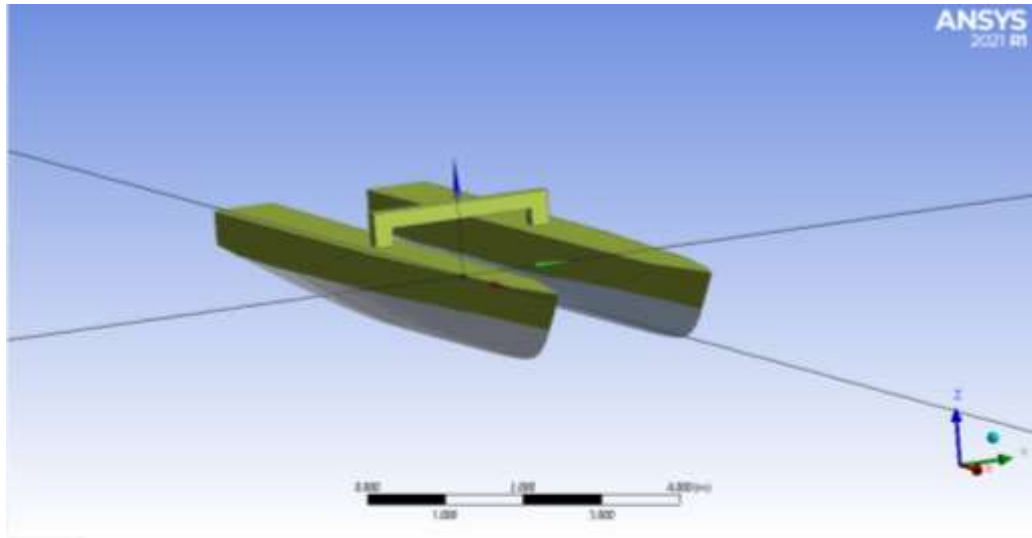
Ansys Workbench là một trong nhiều chương trình phần mềm công nghiệp sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích bài toán vật lý – cơ học, chuyển các phương trình vi phân, phương trình đạo hàm riêng về dạng số. Bên cạnh đó, Ansys Workbench là một phần mềm mạnh được phát triển và ứng dụng rộng rãi, nó có thể đáp ứng các yêu cầu nói trên của cơ học.

#### 4.1.2. Lợi thế của Ansys Workbench

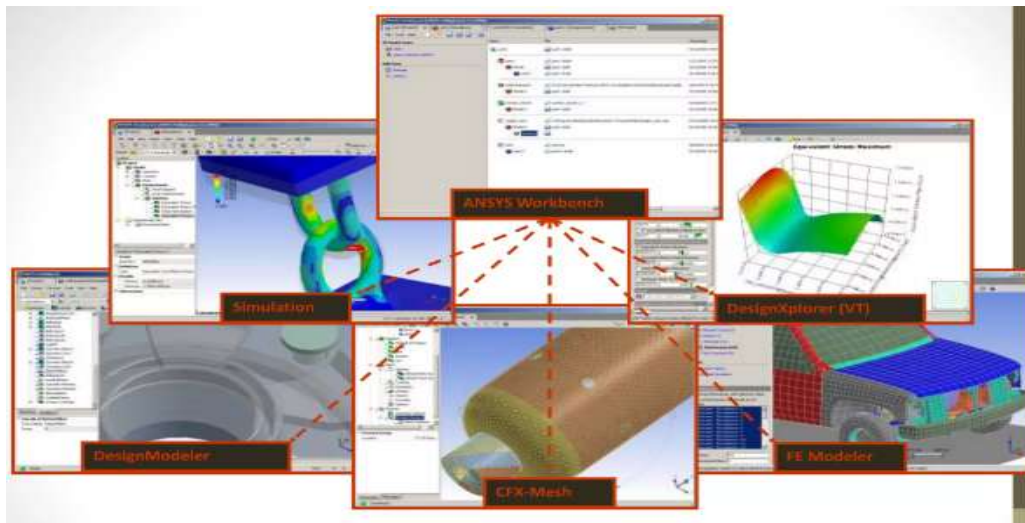
- Khả năng nhập mô hình hình học: Ansys Workbench cho phép xây dựng các mô hình học 2D và 3D với các kích thước, hình dạng đơn giản hóa. Bên cạnh đó, Ansys Workbench có khả năng mô phỏng theo mô hình học với các điểm, đường, mô hình phần tử hữu hạn với các nút và các phần tử.
- Khả năng chia lưới tốt: Ansys Workbench cho phép chia lưới phần tử do người sử dụng hoặc tự động chia lưới. Số lượng nút và phần tử quyết định đến độ chính xác của bài toán nên cần chia lưới càng nhỏ càng tốt.
- Tích hợp các công cụ.
- Khả năng kết hợp theo hai hướng với Autocad, Rhino, ...

#### 4.1.3. Ứng dụng của Ansys Workbench trong lĩnh vực tàu thủy

- Phần mềm Ansys có nhiều ứng dụng để nghiên cứu trong lĩnh vực kỹ thuật tàu thủy như:
  - + CFD được sử dụng để tính toán lực và mômen tác động lên bề mặt vỏ tàu
  - + Ansys Aqwa sử dụng mô phỏng thủy động lực học chuyển động của tàu.



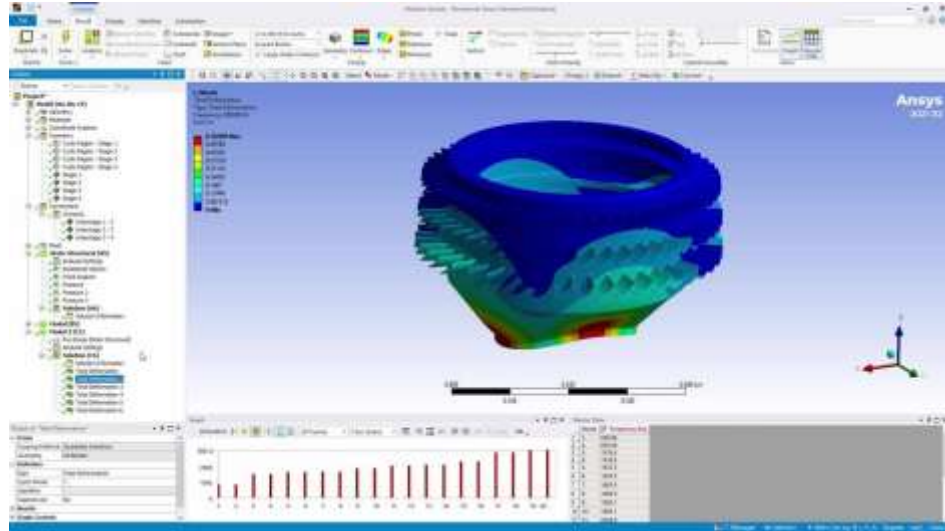
Hình 4.1 Mô hình Delft 372 Catamaran trong Ansys Aqwa.



Hình 4.2 Ứng dụng Ansys Workbench trong các lĩnh vực.

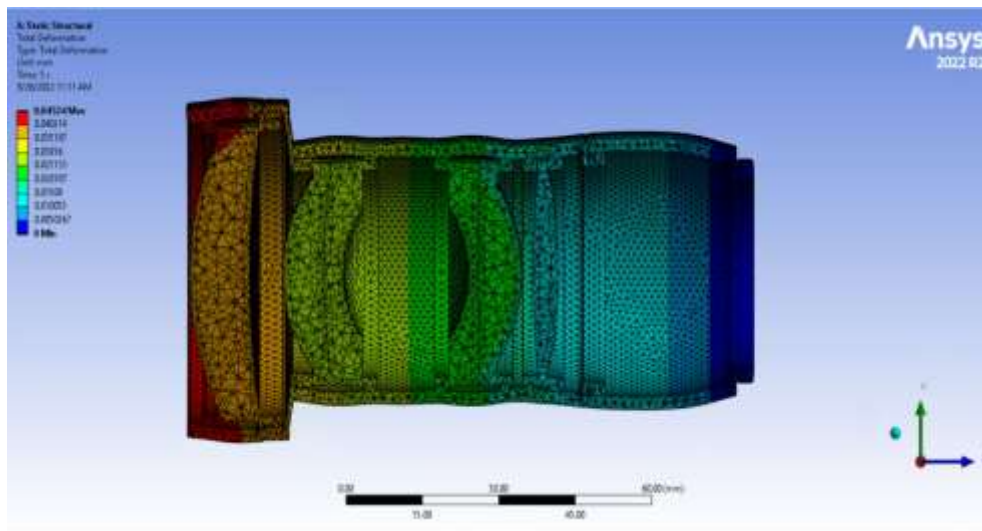
Ansys Workbench là phần mềm được dùng để mô phỏng, tính toán, thiết kế công nghiệp, đã và đang sử dụng trên toàn thế giới trong hầu hết các lĩnh vực kỹ thuật:

- Kết cấu – Cơ học – *Structural*.



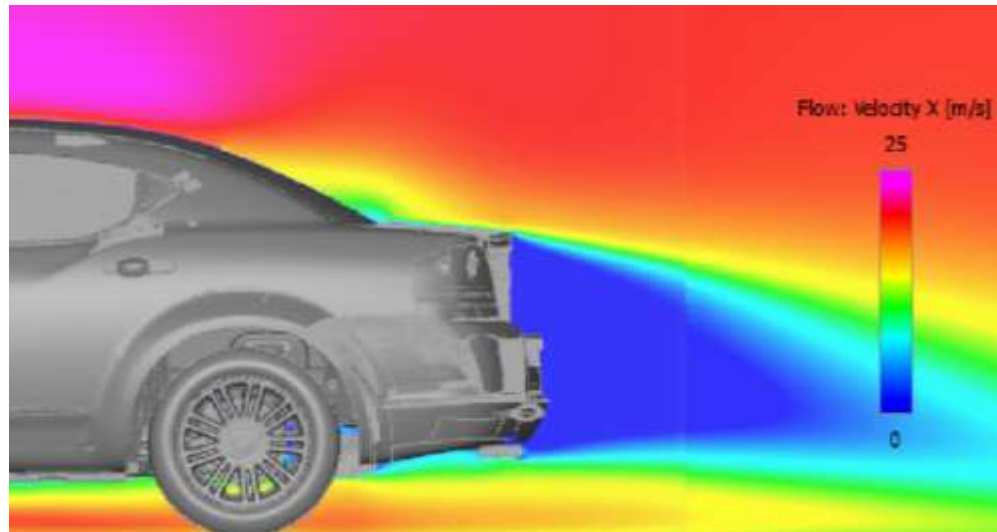
Hình 4.3 Ứng dụng Ansys Workbench trong kết cấu cơ học.

- Nhiệt – *Thermal*.



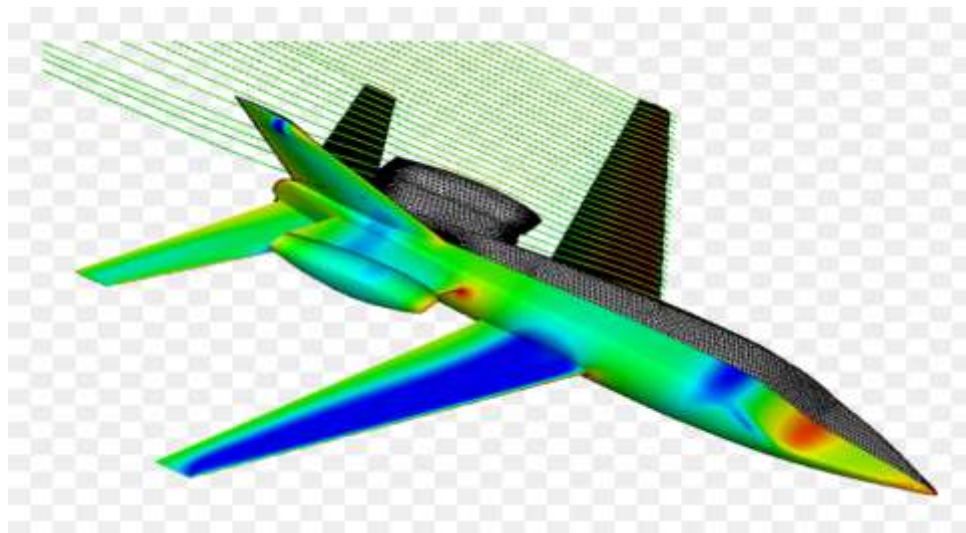
Hình 4.4 Ứng dụng Ansys Workbench trong nhiệt.

- Dòng chảy, bao gồm cả mô phỏng số động lực học dòng chảy – *Computation Fluid Dynamics*.



Hình 4.5 Ứng dụng Ansys Workbench trong động lực học dòng chảy.

- Vũ trụ hàng không



Hình 4.6 Ứng dụng Ansys Workbench trong vũ trụ hàng không.

- Ngoài ra, Ansys Workbench được ứng dụng trong lĩnh vực điện, tĩnh điện – *electric*, điện từ - *magnetic*, thủy khí – *fluid*.

#### 4.1.4. Các bước quá trình mô phỏng

❖ Trình tự quá trình giải bài toán trong Ansys Workbench bao gồm các bước sau:

➤ *Bước 1: Tiền xử lý – Phân tích vấn đề.*

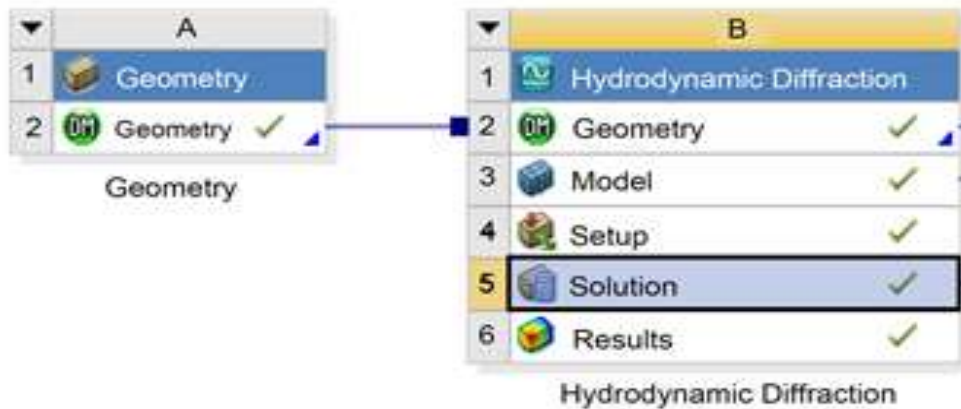
- Xác định loại bài toán: Bài toán dòng chất khí hay bài toán nhiệt, ...

- Chọn mô hình tính toán 2D hay 3D.
  - Tùy vào hình dạng của mô hình tính toán mà chọn kiểu phân tử thích hợp.
- *Bước 2: Tạo mô hình và chia lưới*
- Đây là bước quan trọng vì kết quả tính toán phụ thuộc nhiều vào việc tạo mô hình và chia lưới.
  - Mô hình hóa hình học 3D bằng các phần mềm chuyên dụng để tạo mô hình như: AutoCad, Solidwork, Catia, .... Sau đó, chuyển về đuôi phù hợp chuyên mô hình vào Ansys Workbench, nếu dựng trực tiếp trên Ansys Workbench thì có thể chuyển phân tích ngay.
  - Chia lưới:
    - + Chia lưới tự động hay thủ công: Chia lưới tự động có ưu điểm là nhanh nhưng đôi khi không chính xác ở những chỗ có biên dạng thay đổi đột ngột. Ngược lại, chia lưới thủ công sẽ tốn rất nhiều thời gian, nhưng có kết quả chính xác. Vì vậy cần kết hợp chúng lại để tạo ra một lưới mong muốn.
    - + Bên cạnh đó, số lượng nút và phần tử quyết định đến độ chính xác của bài toán. Lưới càng dày sẽ cho ra kết quả chính xác, nhưng ngược lại sẽ tốn nhiều thời gian để giải và đòi hỏi máy tính phải có cấu hình cao.
    - + Kiểm tra lưới.
- *Bước 3: Đặt tải và điều kiện biên*
- Xác định tải trọng đầu vào ảnh hưởng đến quá trình tính toán: Trọng lực, áp suất, nhiệt độ, vận tốc...Chỉ xét những thành phần tải ảnh hưởng đến bài toán.
  - Kết hợp với các điều kiện biên đã được thảo luận ở trên: điều kiện tiếp xúc, điều kiện không trượt...
- *Bước 4: Chạy chương trình*
- Sau khi thực hiện hết 3 bước trên, ta tiến hành giải bài toán:
    - + Thiết lập thuộc tính dòng chảy.

- + Thiết lập bước lặp cho lời giải: giảm sai số trong khoảng cho phép.
- + Chạy chương trình để giải bài toán.

➤ *Bước 5: Kết quả*

- Các kết quả được lưu vào file dữ liệu.
- Xuất dữ liệu được tính toán và lưu trữ: dữ liệu có thể xuất ra dưới dạng đồ thị, ảnh...
- Để mô hình hóa và tính toán mô hình Delft 372 Catamaran ta sử dụng mục Hydrodynamic Diffraction trong môi trường Ansys Workbench và phần mềm hỗ trợ xây dựng mô hình là AutoCad. Trình tự quá trình giải bài toán trong Ansys Workbench bao gồm các bước sau:



Hình 4.7 Sơ đồ khối của giao diện phân tích thủy động lực học Ansys.

## 4.2. Giới thiệu tổng quan về các phương pháp phần tử biên

### 4.2.1. Phương pháp phần tử biên *Boundary Element Method*

- Phương pháp phần tử biên (BEM – Boundary Element Method) là một phương pháp tính toán số để giải các phương trình vi phân đạo hàm riêng tuyến tính.
- ❖ Phương trình phân tích chuyển động chất lỏng
- Dựa trên lý thuyết tích phân biên Green loại 2

$$\int_{SHB} (G(i\omega w) - \phi \frac{\partial G}{\partial n}) dS + \frac{1}{2} \phi(x, z) = \frac{1}{2} \phi_n(x, z) \quad (4.1)$$

- Phương trình trên được viết dưới dạng ma trận BEM

$$X^T(K - \omega^2 M)X\zeta = -i\omega\rho X^T L_2 \Phi \quad (4.2)$$

- Các thành phần H và G được xác định sau:

$$H_{ij} = \int_S \frac{\partial G(x_i, y_i, z_i, \xi_j, \eta_j, \zeta_j)}{\partial n} dS \quad (4.3)$$

$$G_{ij} = \int_S G(x_i, y_i, z_i, \xi_j, \eta_j, \zeta_j) dS \quad (4.4)$$

❖ Trong đó:

+  $i, j=1 \dots$  Tổng số panel mặt đáy kết cấu, mặt đáy biên.

- Phương trình kết cấu:

$$X^T(K - \omega^2 M)X\zeta = -i\omega\rho X^T L_2 \Phi \quad (4.5)$$

- Biên của các mode dao động:

$$\Phi = (A\Phi - \rho\omega^2 B(K - \omega^2 M)^{-1} \frac{1}{2} \Phi_{ic} \quad (4.6)$$

$$\zeta = -i\omega\rho(K - \omega^2 M)^{-1} L_2 \Phi \quad (4.7)$$

❖ Ưu, nhược điểm và ứng dụng của phương pháp phân tử biên BME

➤ Ưu điểm

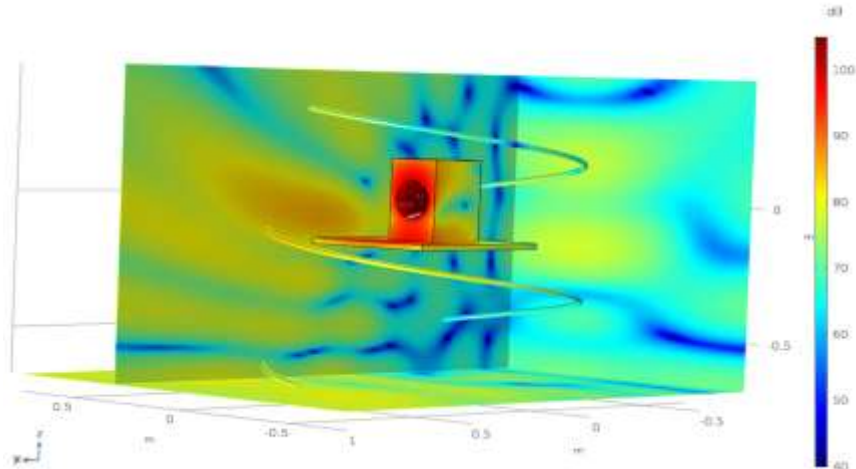
- Giảm độ phức tạp về kích thước giúp giảm thời gian tính toán.
- Phân tích và giải tốt các bài toán tuyến tính, bài toán rập trung ứng suất liên quan đến vật liệu kỹ thuật, trạng thái ổn định.

➤ Nhược điểm

- Không gian ba chiều phải đồng nhất.
- Không hiệu quả đối với các bài toán phi tuyến.

➤ Ứng dụng

- Được sử dụng bao gồm trong cơ học chất lỏng, âm học, điện tử...



Hình 4.8 Ứng dụng phương pháp phần tử biên BME trong cơ học.

#### 4.2.2. Phương pháp phần tử biên *Response of Amplitude Operator*

- Response of Amplitude Operator (RAO) là một thống kê kỹ thuật, có chức năng chuyển giao một cách hiệu quả được sử dụng để xác định tác động mà một trạng thái biển sẽ gây ra đối với chuyển động của một con tàu trong nước. Một RAO chuyển động cho thấy thân tàu di chuyển bao nhiêu trong mỗi bậc tự do.

❖ Ví dụ:

- Một RAO chuyển động pháp phòng sẽ cho thấy một thân tàu sẽ di chuyển lên và xuống bao nhiêu trong một loạt các chu kỳ sóng biển. Sẽ có một đường cong RAO khác nhau cho mỗi bậc tự do của thân tàu.
- Trong trường hợp tàu chở hàng, việc bổ sung hàng hóa lên tàu cần thực hiện các biện pháp cải thiện ổn định và năng hàng hóa dịch chuyển trong tàu. Thì việc tạo ra các RAO ở giai đoạn thiết kế cho phép công ty đóng tàu xác định được cách sửa đổi cần thiết vì lý do an toàn hoặc cải thiện hiệu suất.

❖ Phương pháp dao động tuyến tính theo miền tần số:

$$\left[ x_{jm} \right] = H \left[ F_j \right] \quad (4.8)$$

$$H = \left\{ -\omega_e^2 \left( M_{jk} + A_{jk} \right) - i\omega_e B_{jk} + C_{jk} \right\}^{-1} \quad (4.9)$$

➤ Trong đó: H: hàm truyền

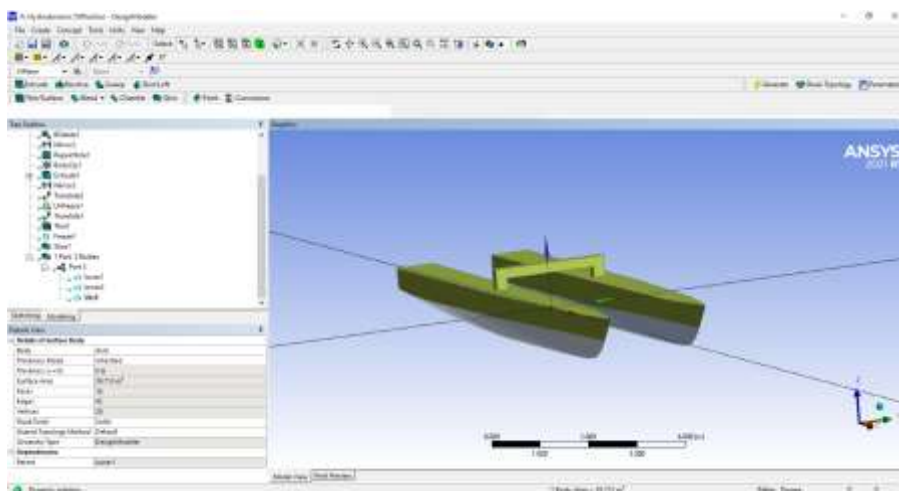
$$(x_{pm}, y_{pm}, z_{pm})^T = T [x_{jm}] \quad (4.10)$$

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (Z_{pm} - Z_{gm}) & -(Y_{pm} - Y_{gm}) \\ 0 & 0 & 0 & (Z_{pm} - Z_{gm}) & 0 & (X_{pm} - X_{gm}) \\ 0 & 0 & 0 & (Y_{pm} - Y_{gm}) & -(X_{pm} - X_{gm}) & 0 \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

### 4.3. Mô phỏng mô hình, phân bố các lực trên mô hình bằng phần mềm Ansys Aqwa

#### 4.3.1. Xây dựng mô hình

Mô hình tàu Delft 372 Catamaran có hình dạng đối xứng. Mặc dù hình học tương đối đơn giản nhưng vẫn thể hiện được đầy đủ tính năng của một con tàu.



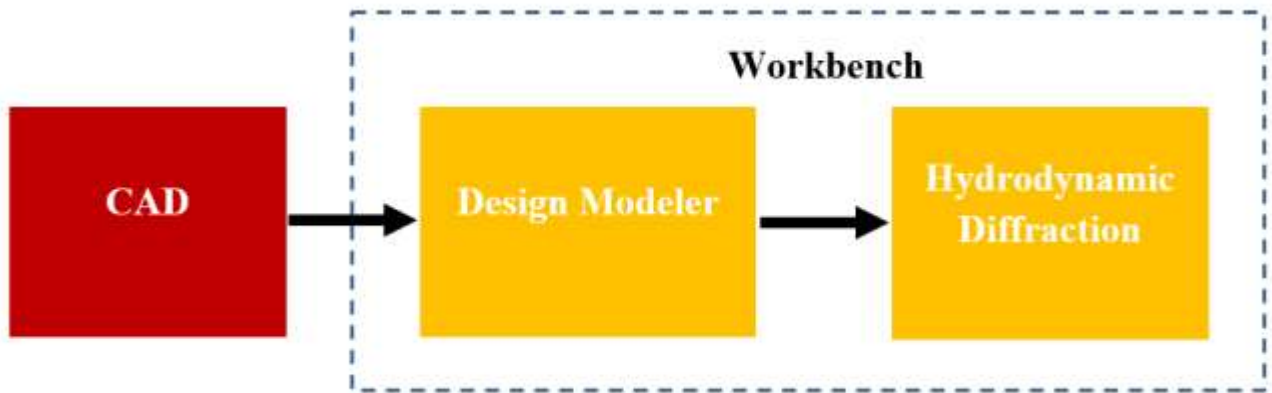
Hình 4.9 Mô hình Delft 372 Catamaran trong Ansys Aqwa.

#### 4.3.2. Các giả thiết và giới hạn nghiên cứu của bài toán mô phỏng

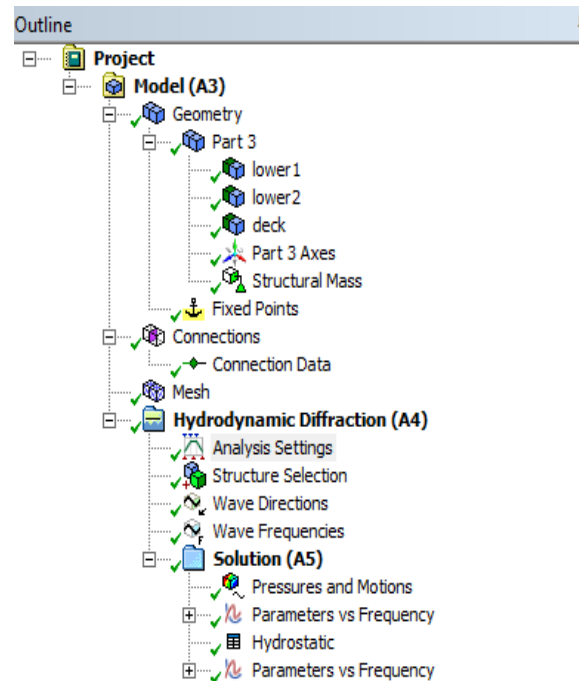
- Khi thực hiện mô phỏng, để phù hợp với khả năng tính toán của máy tính nhưng vẫn đảm bảo được tính đúng đắn, độ tin cậy và sự tương thích của bài toán nghiên cứu với thực tế, đề án sử dụng các giả thiết sau đây:
  - + Mô hình vỏ tàu là tuyệt đối cứng, không xảy ra sự biến dạng của vỏ tàu trong suốt quá trình mô phỏng.
  - + Bỏ qua quá trình ma sát giữa vỏ tàu và nước biển.

### 4.3.3. Tính toán, thiết lập các thông số bài toán mô phỏng trên phần mềm Ansys Ansys

#### 4.3.3.1. Xây dựng mô hình mô phỏng



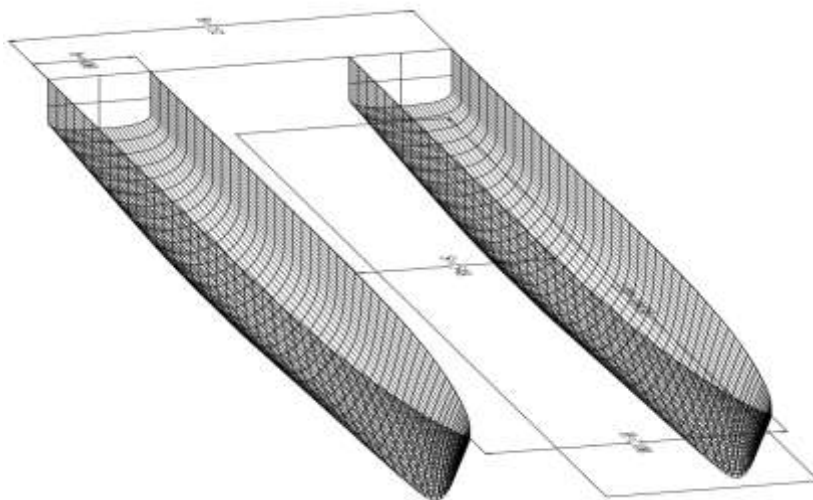
Hình 4.10 Sơ đồ làm việc của Ansys Aqwa.



Hình 4.11 Cây bộ giải AQWA.

- Ansys Aqwa sử dụng các mô hình phẳng (2D) và mô hình không gian (3D) trong mô phỏng.
- Mô hình 2D có ưu điểm là xây dựng mô hình, chia lưới, chạy bài toán tốn ít thời gian, không yêu cầu cấu hình máy tính quá mạnh và do đó tiết kiệm được chi phí. Tuy nhiên,

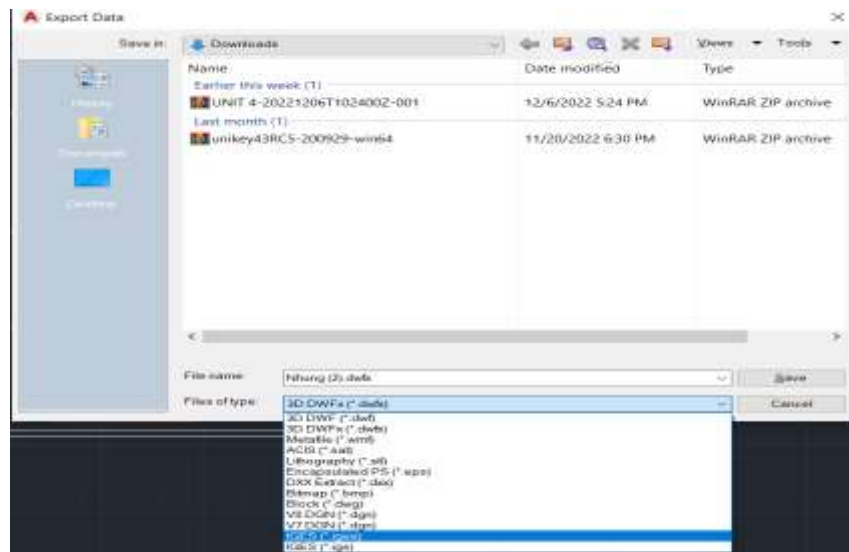
- mô hình này chỉ khuyến cáo sử dụng đối với các kết cấu đơn giản. Hơn nữa, mô hình loại này không mô tả được đầy đủ bản chất của mô hình.
- Trong đại đa số các bài toán mô phỏng, người ta sử dụng mô hình 3D. Mô hình loại này có những ưu điểm sau:
  - + Mô tả đúng bản chất vật lý của mô hình.
  - + Mô tả chi tiết các thông số của dòng chảy trong toàn bộ khu vực mô phỏng.
  - + Áp dụng được cho mọi dạng mô hình hình học.
- Tuy nhiên, mô hình 3D có nhược điểm lớn là số lượng phần tử lớn dẫn đến yêu cầu cấu hình máy tính mạnh, thời gian mô phỏng dài, tốn chi phí nhiều so với mô hình 2D.
- Với những phân tích trên đây, để thực hiện việc mô phỏng tính RAO tàu Delft 372 Catamaran đáp ứng yêu cầu về độ chính xác và độ tin cậy cao sinh viên đã lựa chọn mô hình mô phỏng dạng 3D.
- Mô hình 3D Delft 372 Catamaran mô phỏng được xây dựng dựa trên các thông số kích thước cơ bản ở trên bằng phần mềm AutoCad.
  - + Tiến hành xây dựng trong phần mềm thiết kế tàu AutoCad mô hình tàu dạng hông tròn, bố trí hai nửa vỏ đối xứng qua đường tâm của nó.
  - + Góc tọa độ được đặt tại vị trí đường tâm với các giá trị ở bảng 1.



Hình 4.12 Mô hình Delft 372 Catamaran trong phần mềm AutoCad.

#### 4.3.3.2. Nhập mô hình tàu vào Ansys

- Sau khi dựng xong mô hình, tiến hành lưu file dưới dạng đuôi Iges.

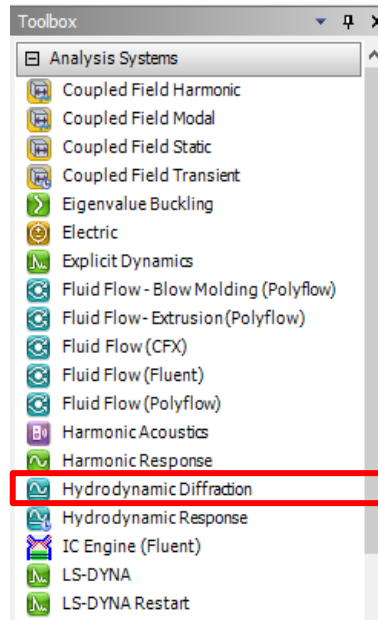


Hình 4.13 Lưu file dưới dạng đuôi IGES.



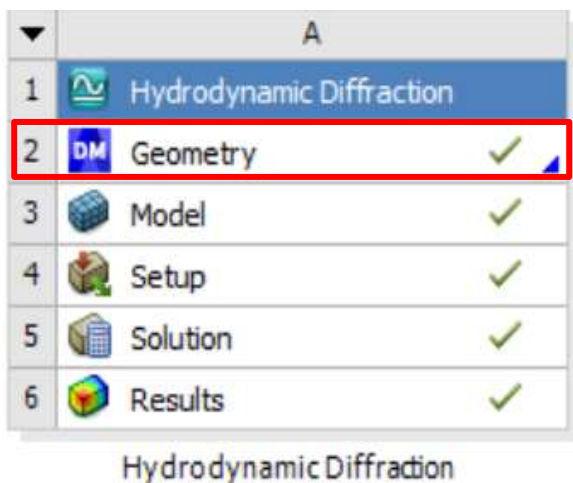
Hình 4.14 Các modul Ansys Workbench.

- Vào Ansys Workbench → Ở vị trí Toolbox - Hộp công cụ chọn mục Hydrodynamic Diffraction – Nhiễu xạ thủy động lực học.

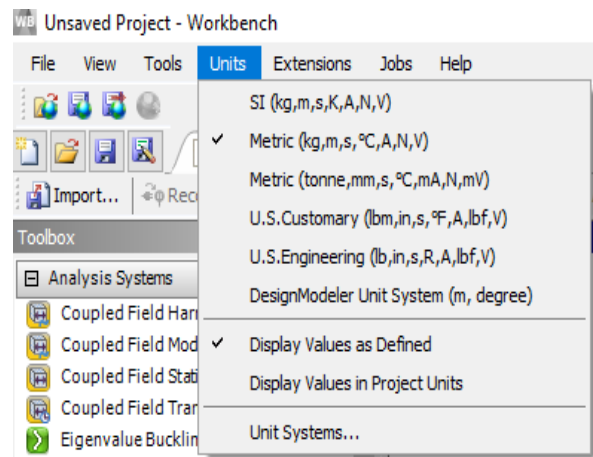


Hình 4.15 ToolBox của Ansys Workbench.

- Nhấp chuột phải vào ô *Geometry – Hình học* → *Import Geometry – Nhập hình học* → *Browse – Tìm kiếm thông tin* → Chọn tập tin mô hình tàu đã dựng trong *AutoCad* → Nhấp *Open – Mở* để mở tập tin này → Nhấp phải ô *Geometry – Hình học* → Chọn mục *Edit Geometry – Chỉnh sửa hình học* để mở *Design Modeler – Thiết kế mô hình* → Chọn *Meter - M* là đơn vị chiều dài → Ok để nhập mô hình tàu vào môi trường *Hydrodynamic Diffraction*.

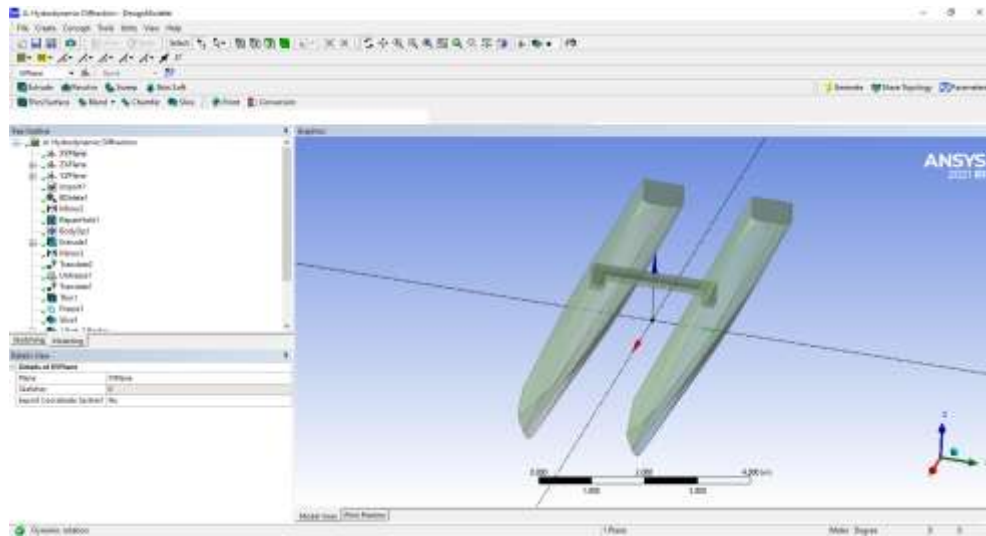


Hình 4.16 Thành phần giao diện Hydrodynamic Diffraction.



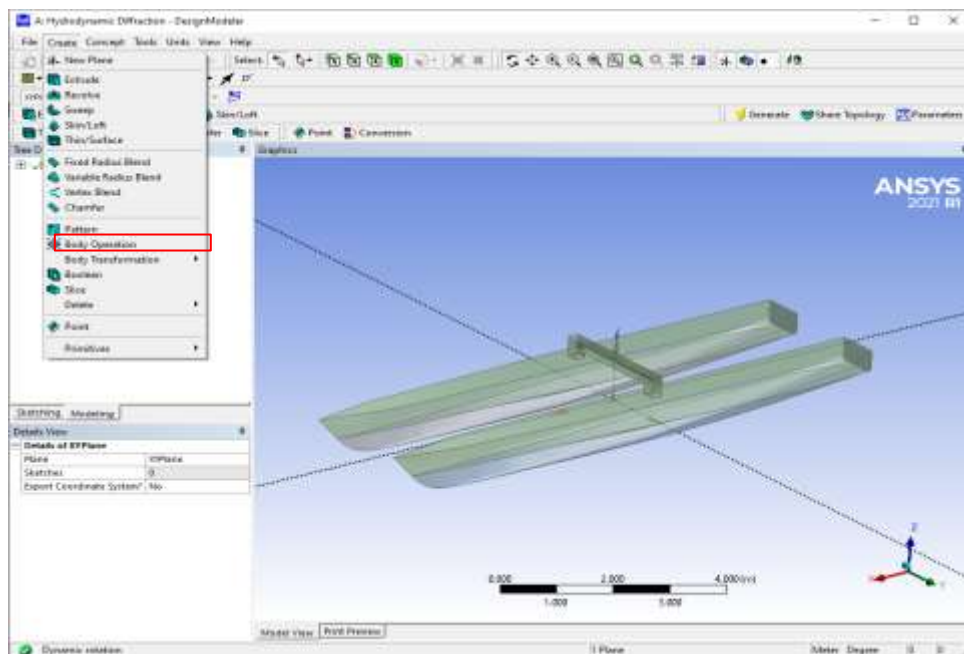
Hình 4.17 Thay đổi đơn vị chiều dài.

### 4.3.3.3. Xác định mặt phẳng đường nước và hệ tọa độ

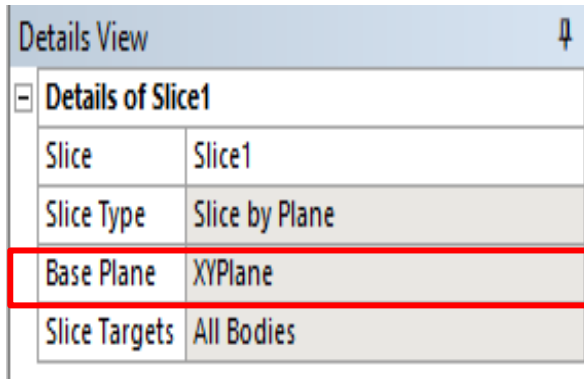


Hình 4.18 Hệ tọa độ của mô hình trong phần mềm Ansys.

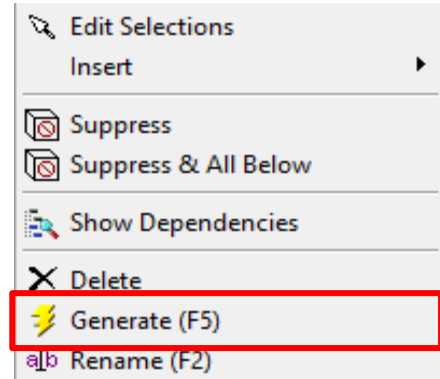
- Định nghĩa mặt nước tàu nhấp *Create – Tạo → Slice – Mặt cắt → Chọn XYPlane – mặt phẳng XY* (chọn mặt phẳng XY làm mặt thoáng nhằm chia mô hình thành hai phần) → Chọn mục *Apply - Ứng dụng* trong ô *Base Plane – Mặt phẳng cơ sở* trong hộp *Detail View – Chi tiết* → Nhấp chọn *Generate – Tạo* để hoàn thiện.



Hình 4.19 Xác định mặt phẳng đường nước.

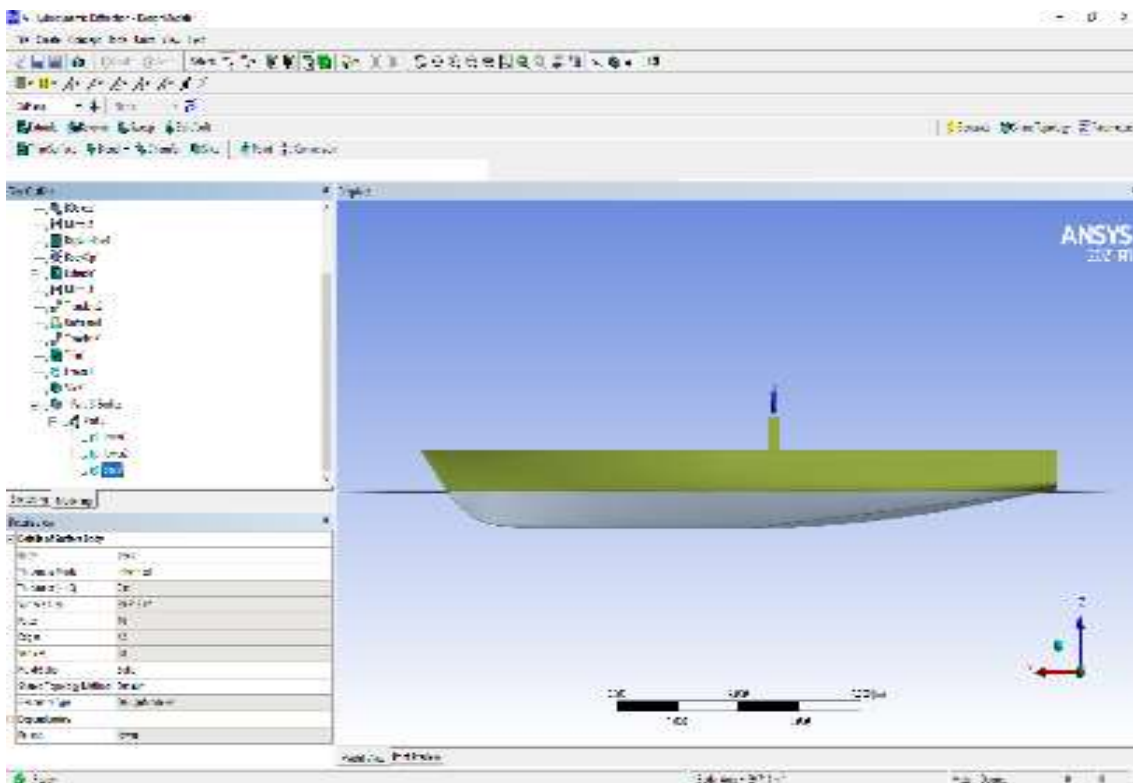


Hình 4.19 Chọn XYPlane làm mặt thoáng.



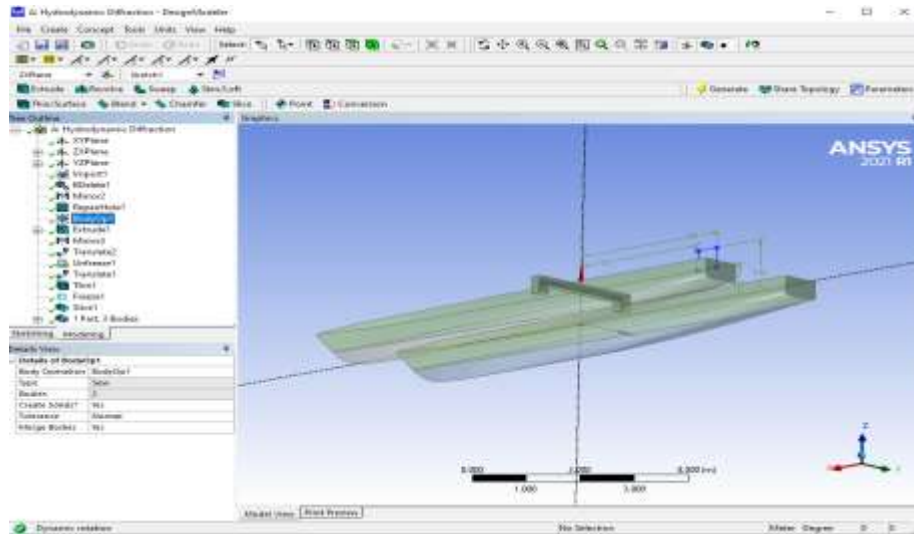
Hình 4.20 Nhấn chọn Generate hoàn thiện.

- Nhấp chuột vào trục Y để đưa tàu về mặt phẳng ZX → Chọn *BodyOp1* trong ô *Tree Outline* – *Phát thảo* → Nhập giá trị vào *FD5 Z* → Xác định vị trí mớn nước chia mô hình tàu thành hai trên mặt nước và dưới mặt nước → Nhấp chọn *Generate* – *Tạo* để hoàn thiện.



Hình 4.21 Mô hình tại mặt phẳng ZX.

## Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran

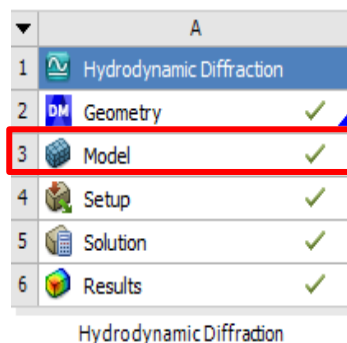


Details View	
Details of BodyOp1	
Body Operation	BodyOp1
Type	Sew
Bodies	2
Create Solids?	Yes
Tolerance	Normal
Merge Bodies	Yes

Hình 4.22 Tại BodyOp1 nhập giá trị các thông số cần thiết.

### 4.3.3.4. Thiết lập các thông số vật lý

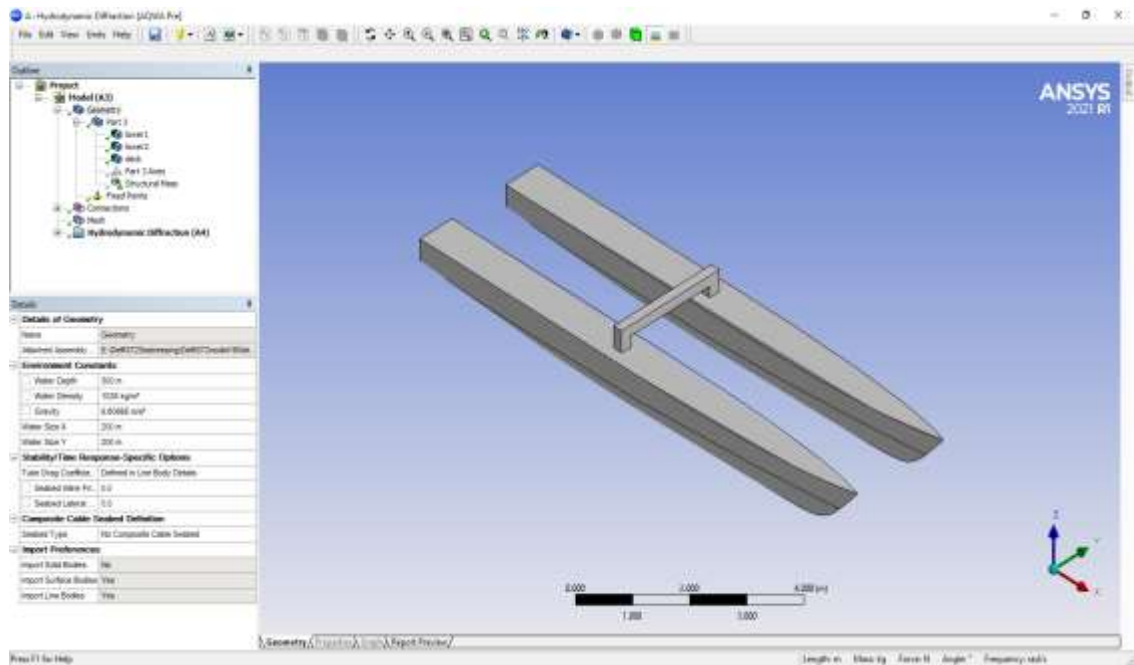
- Trong Hydrodynamic Diffraction nhấp vào mục *Model* để nhập mô hình vào môi trường *Hydrodynamic Diffraction* là *Ansys Aqwa*.



Hình 4.23 Thành phần Model trong môi trường Ansys Aqwa.

Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran

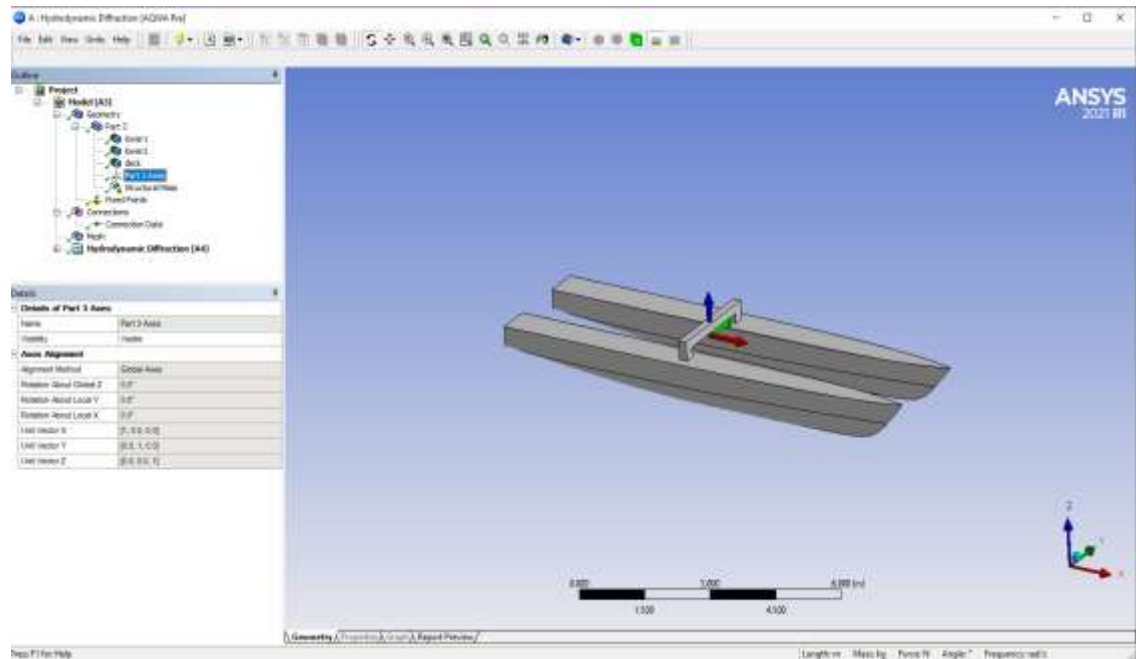
- Thiết lập hoặc bổ sung các thông số vật lý của mô hình tàu đang xét trong ô *Details of Geometry* – *Thông số hình học chi tiết*.



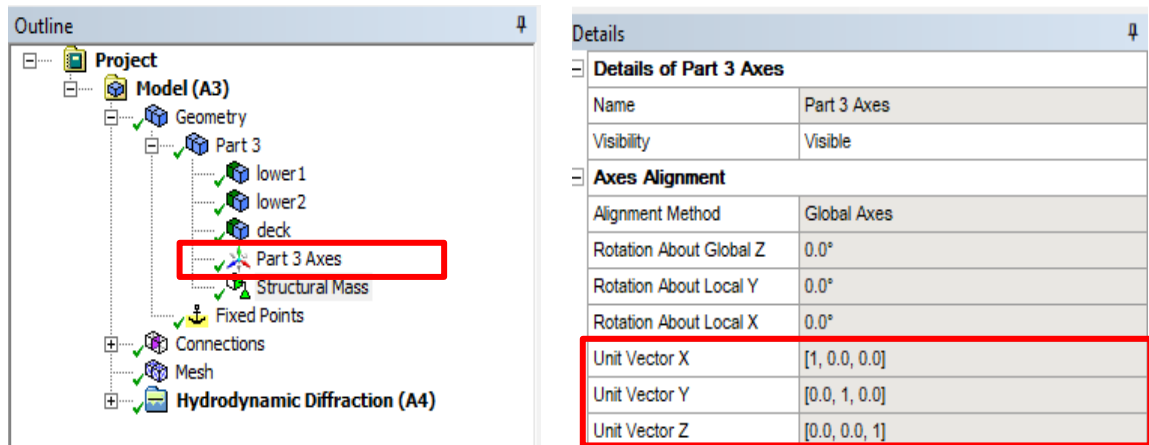
Details	
<b>Details of Geometry</b>	
Name	Geometry
Attached Assembly Path	E:\Delft372Seakeeping\Delft372model180deg...
<b>Environment Constants</b>	
<input type="checkbox"/> Water Depth	300 m
<input type="checkbox"/> Water Density	1025 kg/m <sup>3</sup>
<input type="checkbox"/> Gravity	9.80665 m/s <sup>2</sup>
Water Size X	200 m
Water Size Y	200 m
<b>Stability/Time Response-Specific Options</b>	
Tube Drag Coefficients	Defined in Line Body Details
<input type="checkbox"/> Seabed Inline Friction ...	0.0
<input type="checkbox"/> Seabed Lateral Frictio...	0.0
<b>Composite Cable Seabed Definition</b>	
Seabed Type	No Composite Cable Seabed
<b>Import Preferences</b>	
Import Solid Bodies	No
Import Surface Bodies	Yes
Import Line Bodies	Yes

Hình 4.24 Thiết lập các thông số vật lý.

- Thiết lập tọa độ

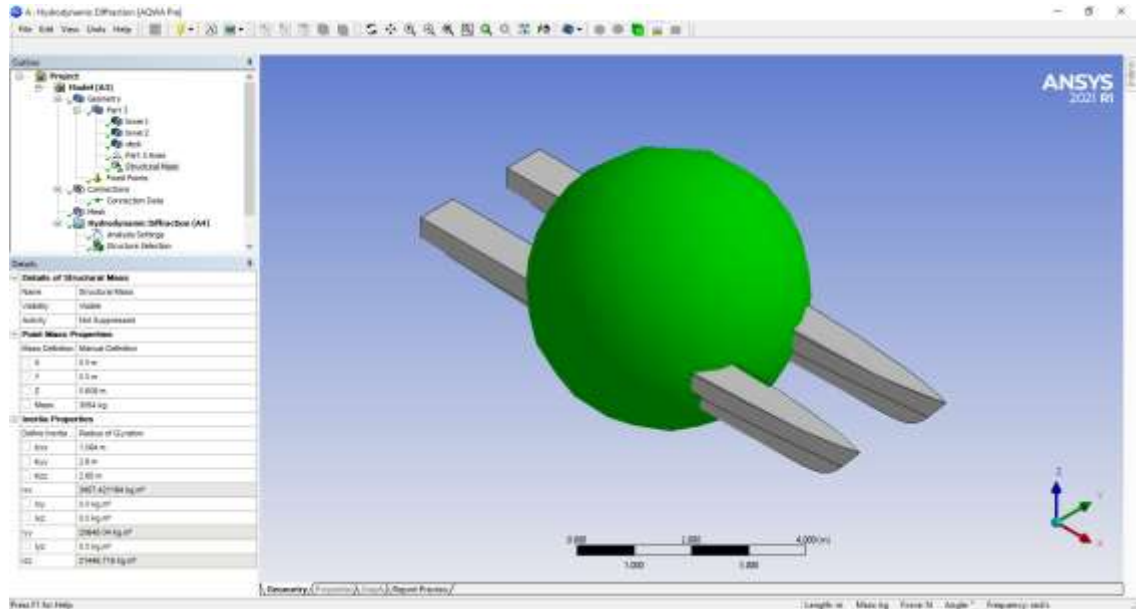


Hình 4.25 Hệ tọa độ làm việc trong môi trường Ansys Aqwa.

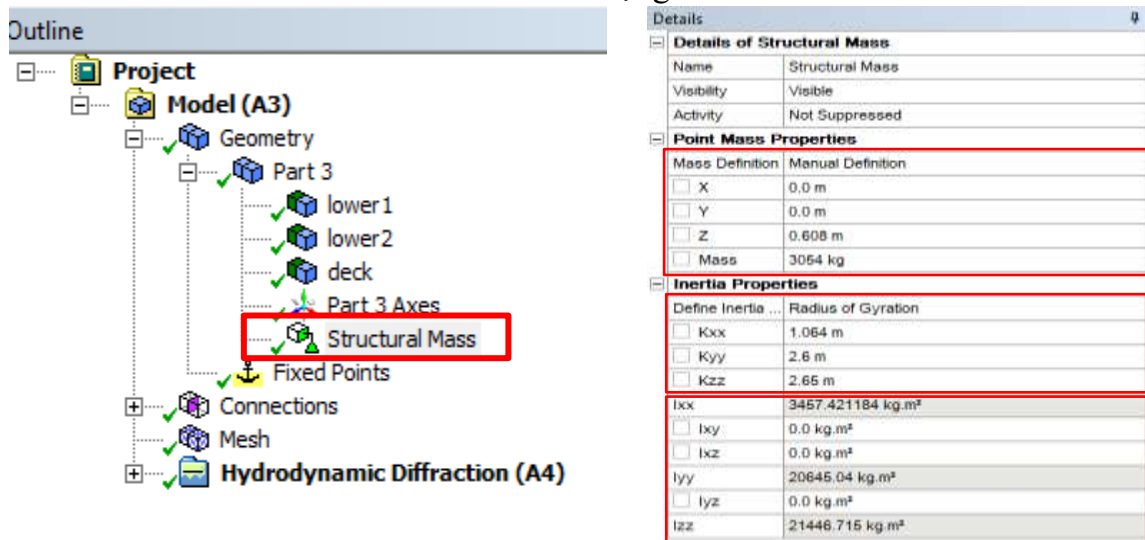


Hình 4.26 Giá trị thiết lập hệ tọa độ Part 3 Axes.

- Thiết lập và gán khối lượng cho mô hình tàu.
- Nhập thông số *Structural Mass* – *Khối lượng kết cấu* để mô tả ma trận khối lượng tàu:



Hình 4.27 Gán khối lượng cho mô hình.



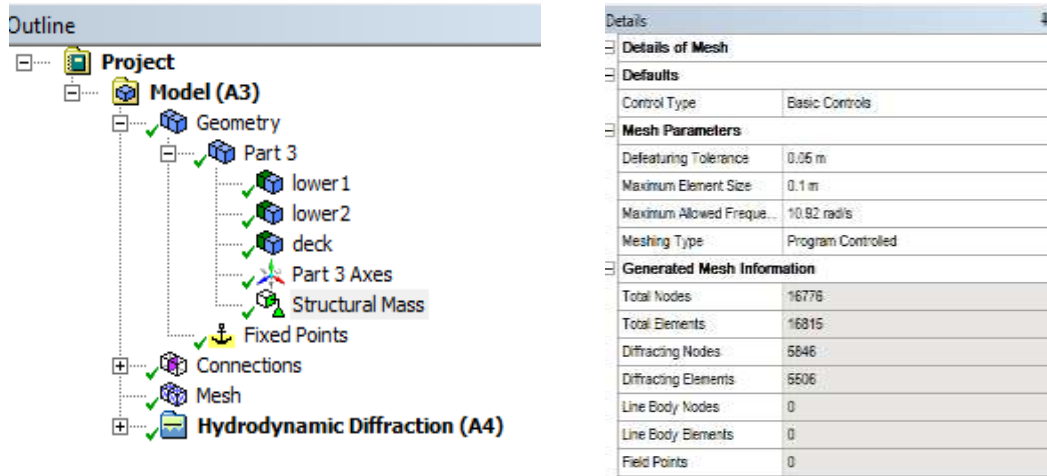
Hình 4.28 Nhập giá trị khối lượng, momen.

- + Điền thông số tọa độ X, Y, Z.
- +  $K_{xx}$ ,  $K_{yy}$ ,  $K_{zz}$ .
- +  $I_{xx}$ ,  $I_{yy}$ ,  $I_{zz}$ .

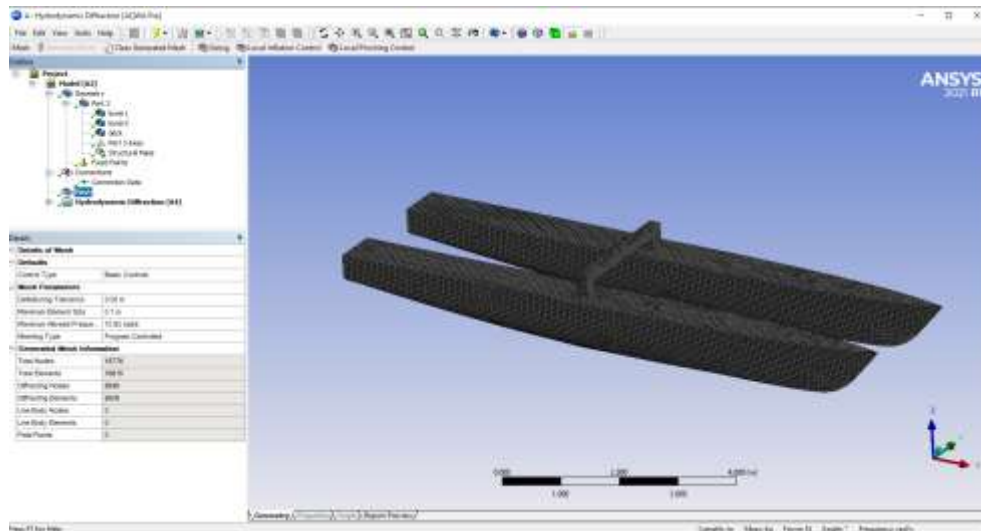
#### 4.3.3.5. Chia lưới

- Thiết lập thông số lưới bằng cách nhấp vào Mesh trong Outline và nhập thông số vào ô *Details of Mesh – Chi tiết về lưới* → Nhập các giá trị *Defeaturing Tolerance*, *Maximum Element Size* – Kích thước phân tử tối đa, *Maximum Allowed Frequency* – Tần số tối đa

- cho phép → Chọn lại Mesh – Lưới là Program Controlled – Kiểm soát chương trình để chương trình tự kiểm soát việc chia lưới. Tiếp tục nhấp mục Mesh – Lưới trong mục Outline → Chọn General Mesh – Tạo lưới để chương trình tự động tạo lưới chia cho mô hình tàu.

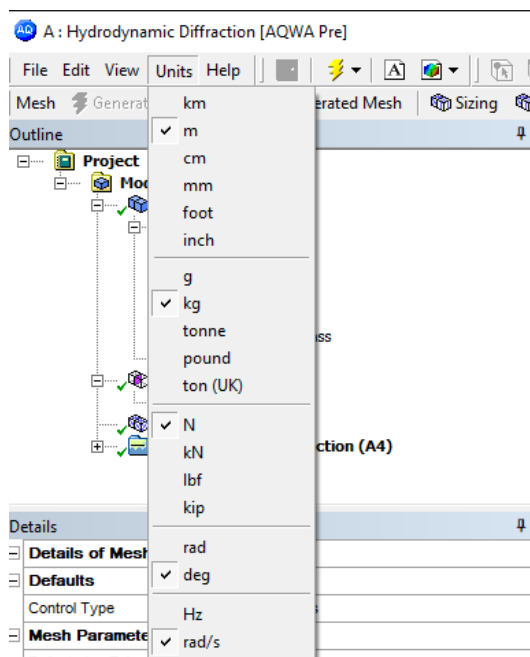


Hình 4.29 Nhập giá trị Mesh.



Hình 4.30 Chia lưới mô hình.

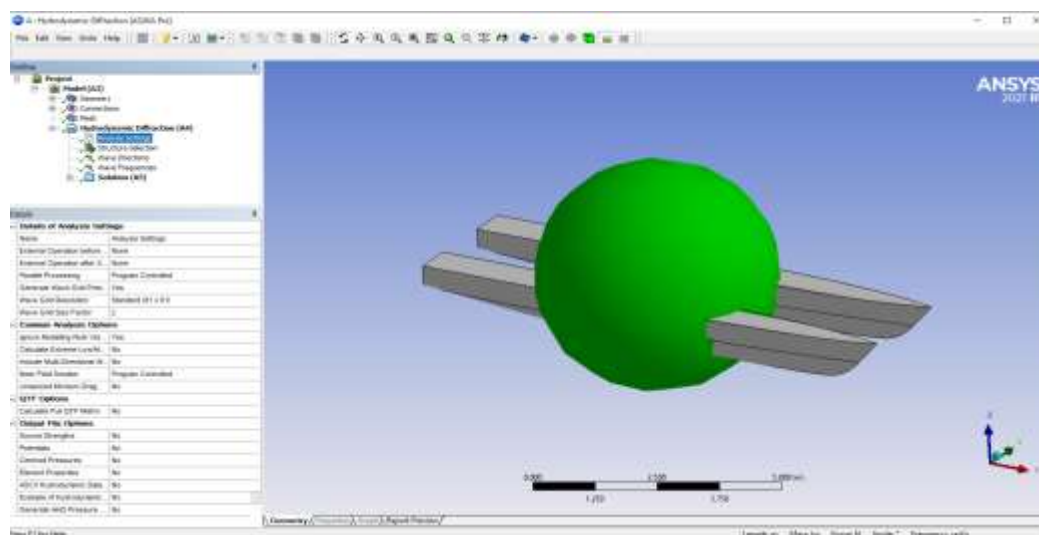
- Có thể thay đổi thông số để tạo lại lưới chia nhưng quá trình tính sẽ rất lâu, do đó nên chọn kích thước lưới chia sao cho phù hợp.
- Nhấp vào mục Units trên thanh công cụ để định dạng lại hệ đơn vị cho bài toán, trong đó lưu ý thay đổi tần số Hz.



Hình 4.31 Thay đổi đơn vị trong quá trình điền giá trị.

#### 4.3.3.6. *Tính toán và phân tích bằng phương pháp toán tử biên độ dao động*

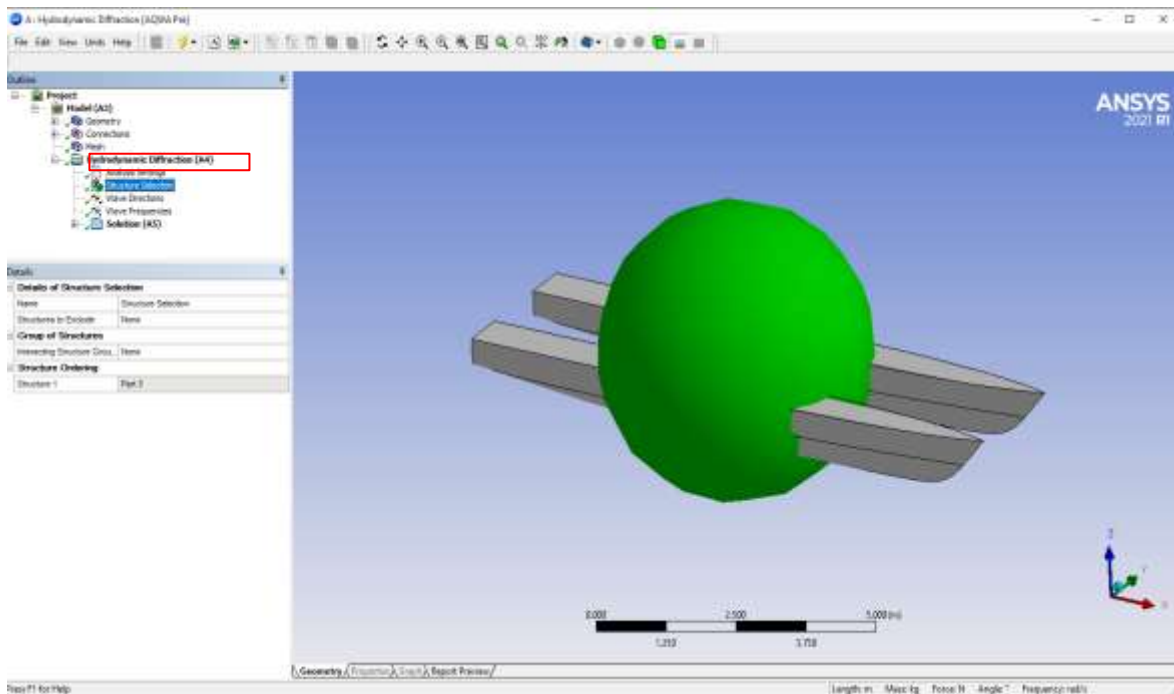
- Đến đây, mô hình tàu khảo sát đã được chuẩn bị sẵn sàng cho việc tính và phân tích thủy động lực học, với các công cụ cần thiết đã có sẵn trong mục *Outline* như *Analysis Settings* - *Thiết lập các phân tích* → *Structure Selection* - *Lựa chọn kết cấu* → *Wave Directions* - *Hướng sóng* → *Wave Frequencies* - *Tần số sóng*.



Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran

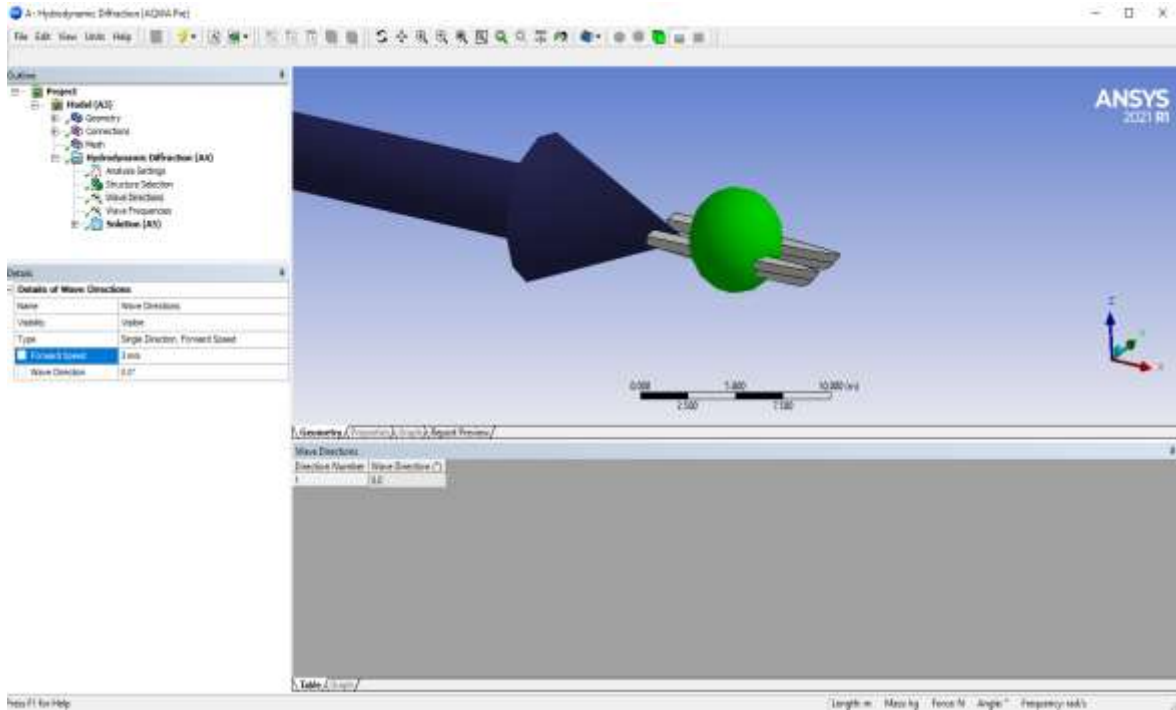
Details	
<b>Details of Analysis Settings</b>	
Name	Analysis Settings
External Operation before ...	None
External Operation after S...	None
Parallel Processing	Program Controlled
Generate Wave Grid Pres...	Yes
Wave Grid Resolution	Standard (81 x 51)
Wave Grid Size Factor	2
<b>Common Analysis Options</b>	
Ignore Modelling Rule Viol...	Yes
Calculate Extreme Low/Hi...	No
Include Multi-Directional W...	No
Near Field Solution	Program Controlled
Linearized Morison Drag	No
<b>QTF Options</b>	
Calculate Full QTF Matrix	No
<b>Output File Options</b>	
Source Strengths	No
Potentials	No
Centroid Pressures	No
Element Properties	No
ASCII Hydrodynamic Data...	No
Example of Hydrodynamic...	No
Generate AHD Pressure ...	No

Hình 4.32 Các thông số thiết lập phân tích trong mục Analysis Settings.

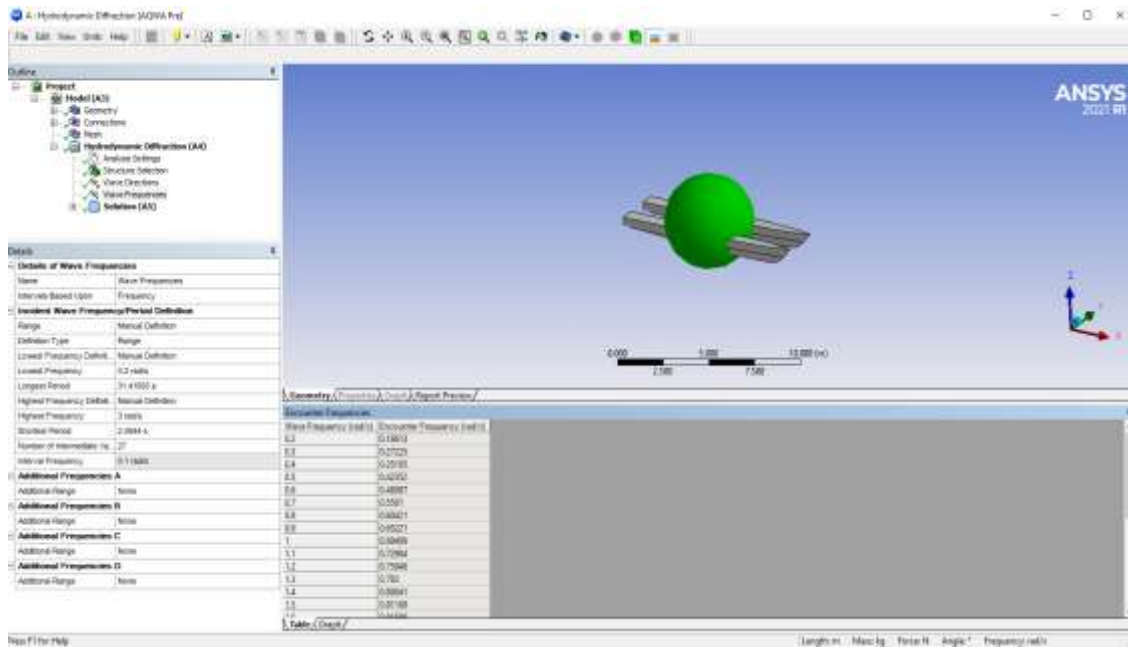


Hình 4.33 Lựa chọn kết cấu trong mục Structure Selection.

Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran



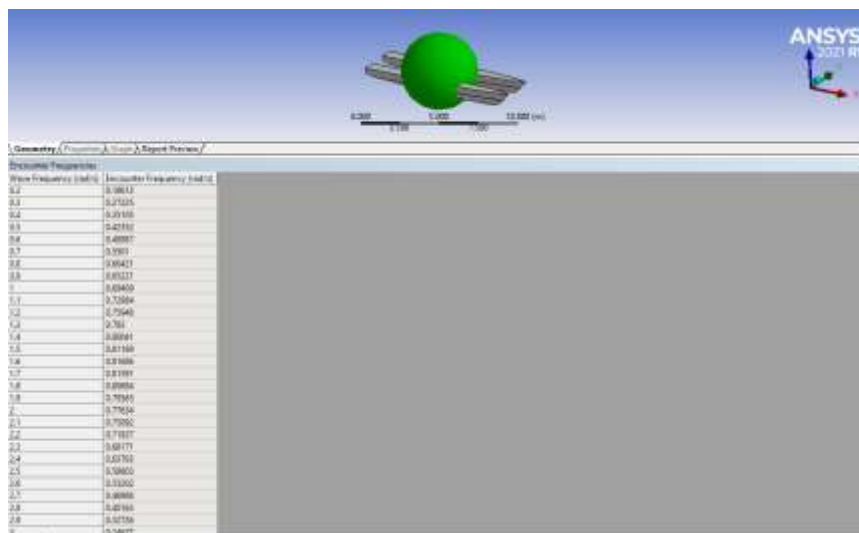
Hình 4.34 Thiết lập hướng sóng trong mục Wave Direction.



Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran

Details	
Details of Wave Frequencies	
Name	Wave Frequencies
Intervals Based Upon	Frequency
Incident Wave Frequency/Period Definition	
Range	Manual Definition
Definition Type	Range
Lowest Frequency Definiti...	Manual Definition
Lowest Frequency	0.2 rad/s
Longest Period	31.41593 s
Highest Frequency Definiti...	Manual Definition
Highest Frequency	3 rad/s
Shortest Period	2.0944 s
Number of Intermediate Va...	27
Interval Frequency	0.1 rad/s
Additional Frequencies A	
Additional Range	None
Additional Frequencies B	
Additional Range	None
Additional Frequencies C	
Additional Range	None
Additional Frequencies D	
Additional Range	None

Hình 4.35 Thiết lập các giá trị trong mục Wave Frequencies.



Hình 4.36 Giá trị tần số sóng.

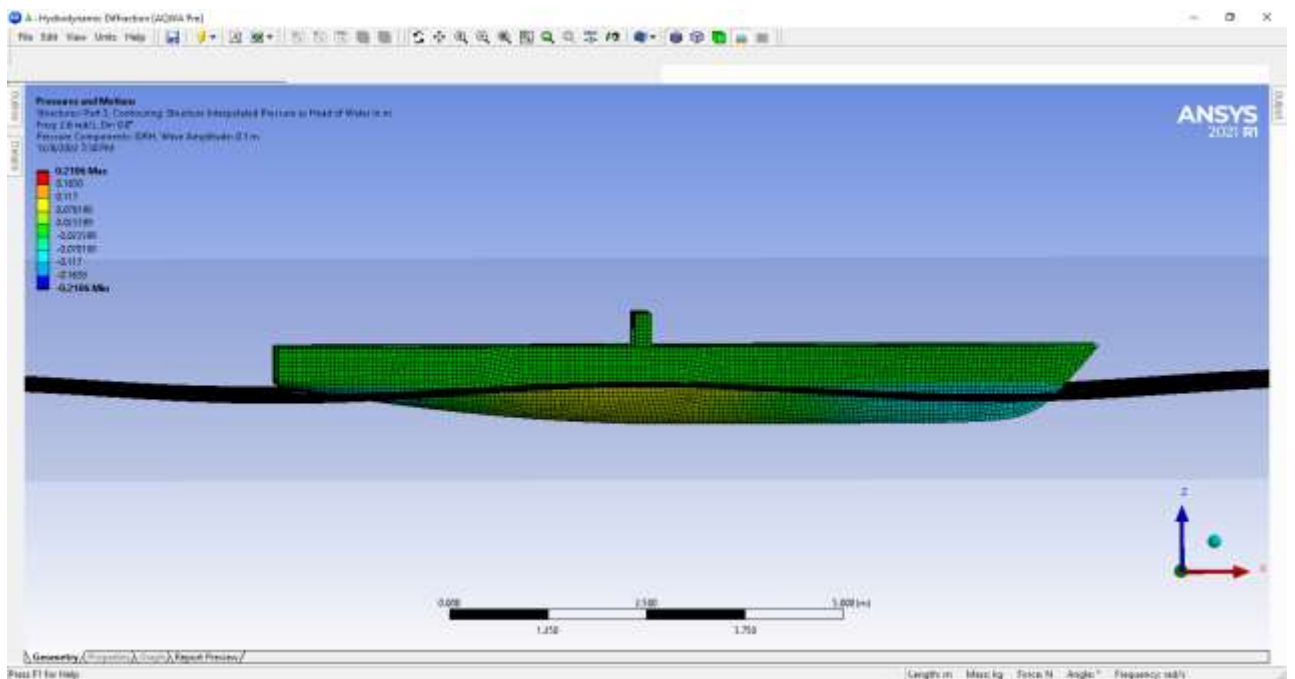
- Sử dụng công cụ *Solve Hydrostatics* – Giải pháp thủy tĩnh hoặc nhập *Hydrodynamic* – Thủy động lực học với hai tùy chọn:
  - + *Calculate hydrostatics* – Tính toán thủy tĩnh dùng để tính toán thủy tĩnh, gồm tính toán lượng chiếm nước và các thông số ổn định ở góc nghiêng nhỏ.
  - + *Compute full hydrodynamic properties and results* – Tính toán đầy đủ các đặc tính thủy động lực học và kết quả dùng tính đầy đủ thủy động lực học.
- Trong quá trình phân tích, chúng ta có thể chèn thêm những tùy chọn để xuất ra các kết quả tính toán. Các kết quả tính có sẵn gồm *Hydrostatic* – Thủy tĩnh, *Hydrodynamic* – Thủy động lực học, *Pressures and Motions* – Áp suất và chuyển động

#### 4.4. Kết quả mô phỏng

- Lựa chọn các tùy chọn xuất kết quả có trên thành *Properties* – Đặc tính và *Hydrodynamic Graphs* – Đồ thị thủy động lực học để xuất ra kết quả tính hoặc các đồ thị và hình ảnh tương ứng.

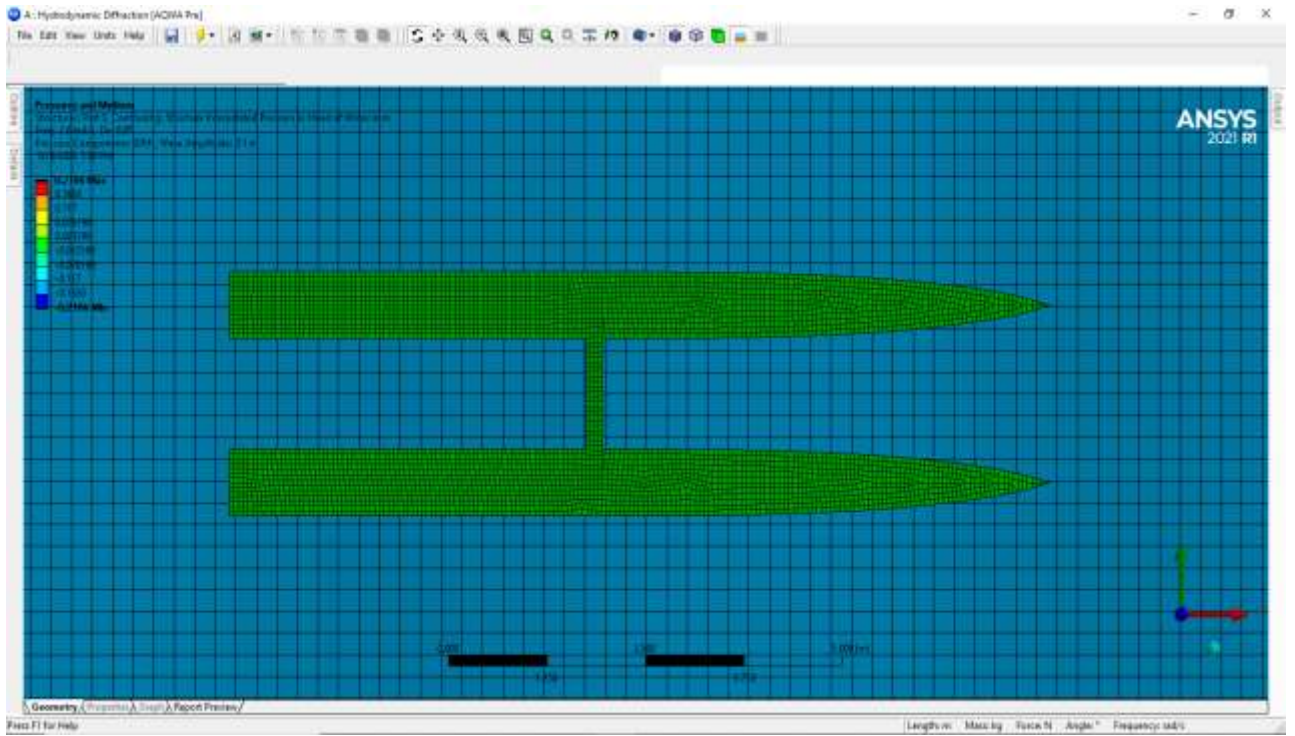
##### ➤ Kết quả

- *Pressures and Motion*: phân bố áp suất và chuyển động của mô hình.

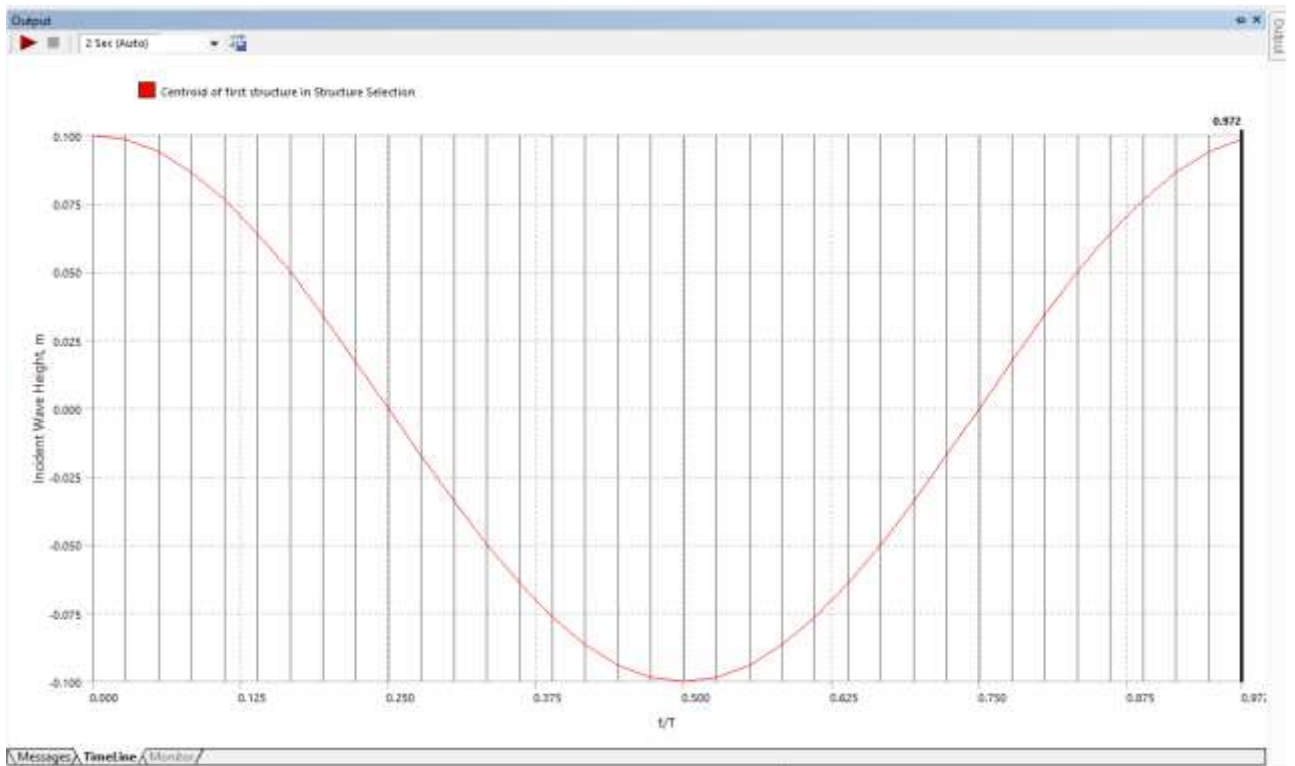


Hình 4.37 Chuyển động tàu theo phương Y vận tốc 3 m/s, tần số 2.6 rad/s.

## Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran



Hình 4.38 Chuyển động tàu theo phương Z vận tốc 3 m/s, tần số 2.6 rad/s.



Hình 4.39 Đồ thị biểu thị chuyển động tần số sóng  $F = 2.6$  rad/s.

Details	
<b>Details of Pressures and Motions</b>	
Name	Pressures and Motions
Structure Selection	Part 3
<b>Result Selection</b>	
Frequency	2.6 rad/s
Direction	0.0°
Incident Wave Amplitude	0.1 m
Result Type	Phase Angle
Wave Position (Phase)	Sequence
Number of Steps	36
<b>Contour Selection</b>	
Contour Type	Structure Interpolated Pressure
Water Elements Shown As	Opaque
Pressure Measurement	Head of Water
<b>Component Selection</b>	
Include Incident Wave	Yes
Include Diffracted Wave	Yes
Include Radiation Wave	Yes
Include Hydrostatic Varying	Yes
<b>Results</b>	
<input type="checkbox"/> Minimum Value	-0.210595249002264 m
<input type="checkbox"/> Maximum Value	0.210595273290474 m

Hình 4.40 Kết quả các giá trị chuyển động.

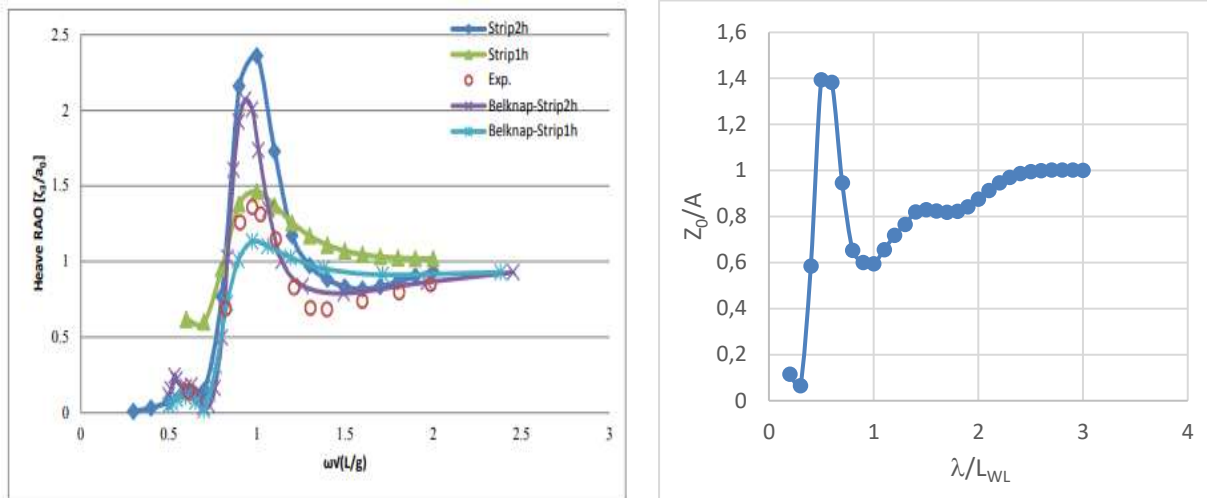
- Parameters and Frequency: thông số và tần số.

Trong quá trình thực hiện đồ án tốt nghiệp với đề tài “thiết kế bề mặt phương tiện không người lái loại Catamaran” em đã trình bày các thành phần chuyển động của Delft 372 Catamaran trên sóng điều hòa ở các tần số và hướng sóng khác nhau. Trong vùng nước cạn, ba thành phần chuyển động các tác động lớn đến hoạt động của tàu nhiều nhất bao gồm lắc ngang, lắc dọc và chuyển động dập dềnh. Những kết quả hình 4.42 – 4.47 trình bày kết quả của các thành phần chuyển động trong các trường hợp hướng sóng 0°, 45°, 90°, 135° và 180°.

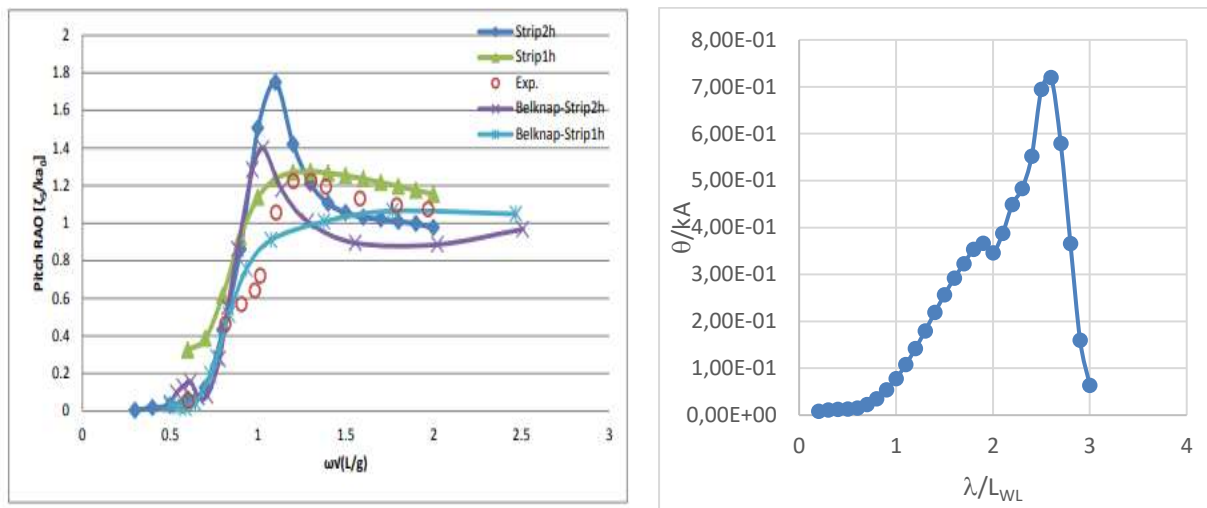
Ngoài ra, để kiểm nghiệm độ chính xác của phương pháp mô phỏng, sau khi quá trình thực hiện đồ án có được kết quả tính toán tiến hành đem so sánh với kết quả thí nghiệm của Debarata Sen và Amresh Negi. Về các chuyển động của Delft 372 Catamaran. Có thể thấy rằng, kết quả của phương pháp RAO khá gần với dữ liệu và kết quả so sánh. Vì vậy, em chọn phương pháp RAO sẽ tiếp tục được sử dụng để mô phỏng chuyển động của Delft 372 Catamaran trên sóng điều hòa ở khu vực nước cạn trong trường hợp nhiều hướng sóng khác nhau.

Có thể thấy trường hợp chuyển động đập dềnh đạt giá trị cực đại bằng 1.5 trường hợp sóng có chiều dài 3 lần chiều dài tàu. Đối với chuyển động lắc ngang, tại trường hợp này xảy ra trường hợp cộng hưởng tại trạng thái sóng ngang và góc pha của chuyển động lắc ngang lệch  $90^\circ$  so với góc pha của sóng. Chuyển động này đạt giá trị cực đại bằng 0.7 trường hợp sóng có chiều dài 2.6 lần chiều dài tàu. Cuối cùng, chuyển động lắc dọc đạt giá trị cực đại bằng 0.55 trường hợp sóng có chiều dài 2.2 lần chiều dài tàu. Và lệch pha  $90^\circ$  so với pha của sóng trong trường hợp sóng ngang.

Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran

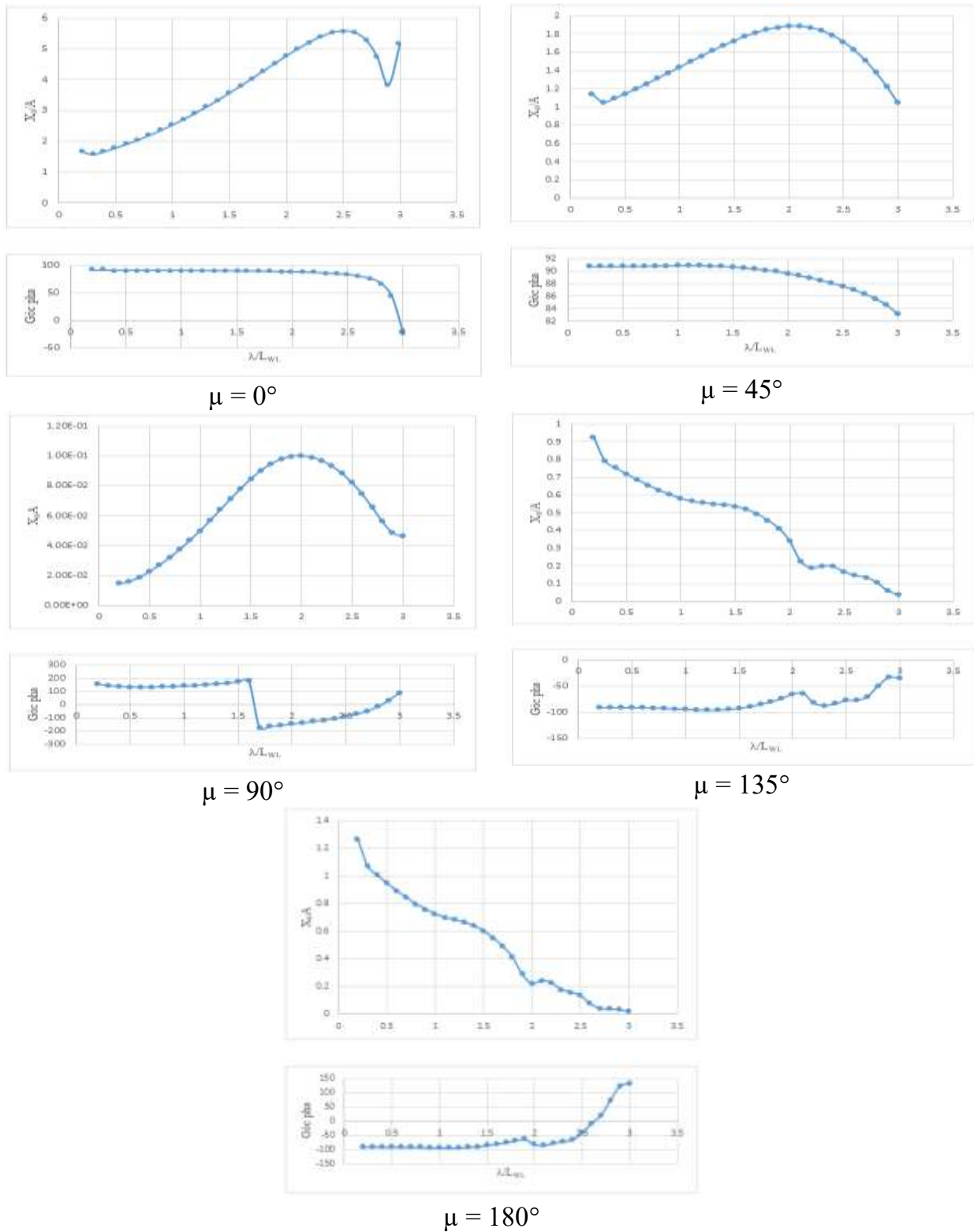


Hình 4.42 So sánh kết quả chuyển động dập dềnh với  $F_n=0.3$  và  $\mu=180^\circ$ .



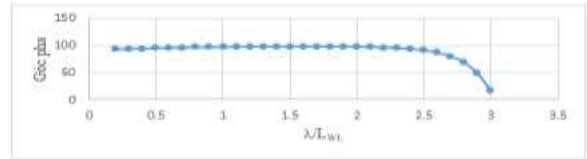
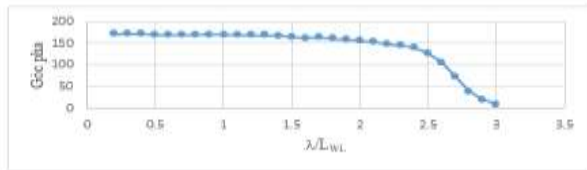
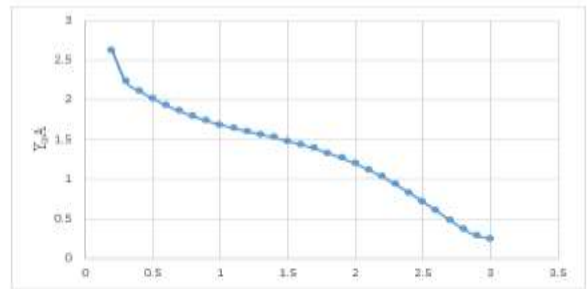
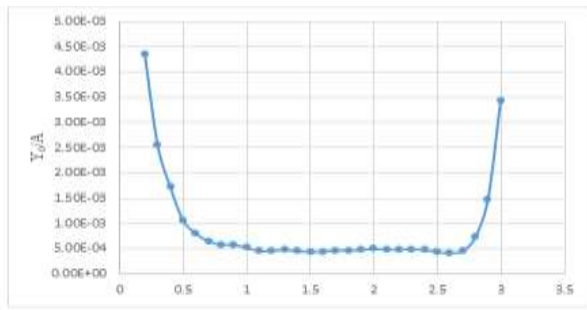
Hình 4.43 So sánh kết quả chuyển động lắc ngang với  $F_n=0.3$  và  $\mu=180^\circ$ .

❖ Chuyển động tiến lùi



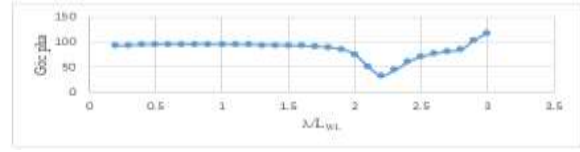
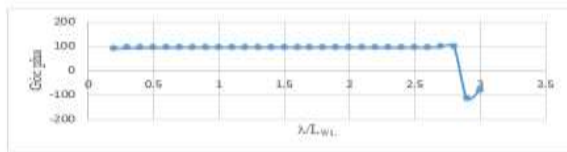
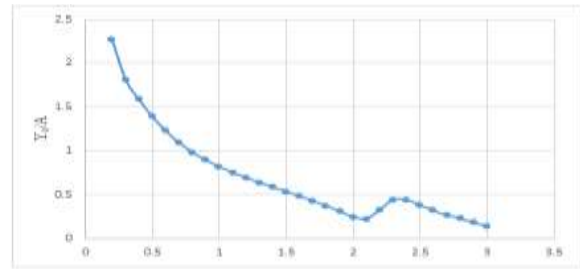
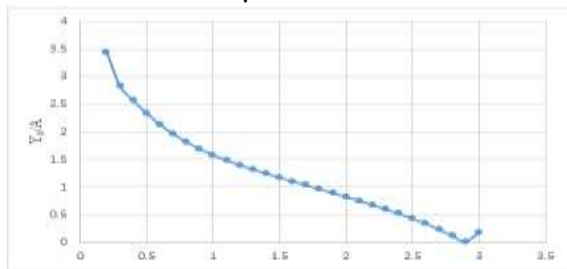
Hình 4.44 Chuyển động tiến lùi theo các hướng sóng khác nhau.

❖ Chuyển động dạt ngang



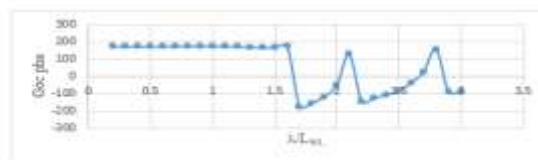
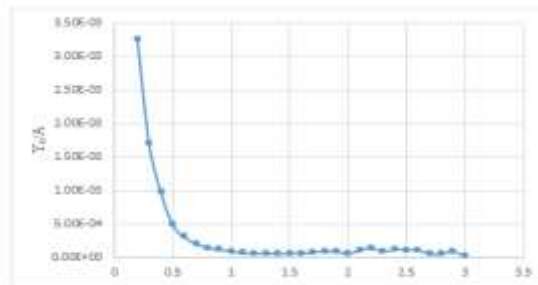
$\mu = 0^\circ$

$\mu = 45^\circ$



$\mu = 90^\circ$

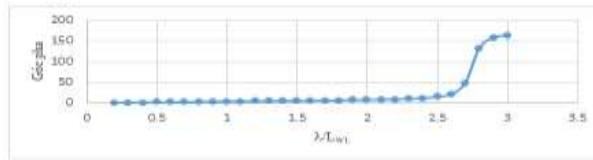
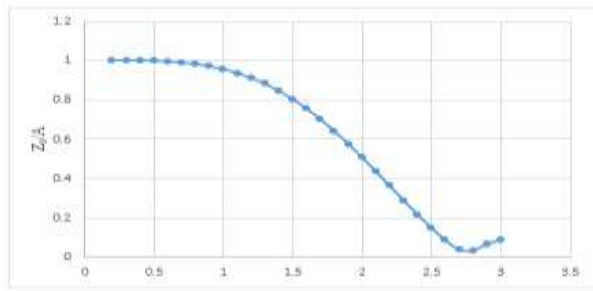
$\mu = 135^\circ$



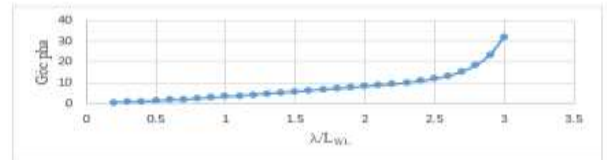
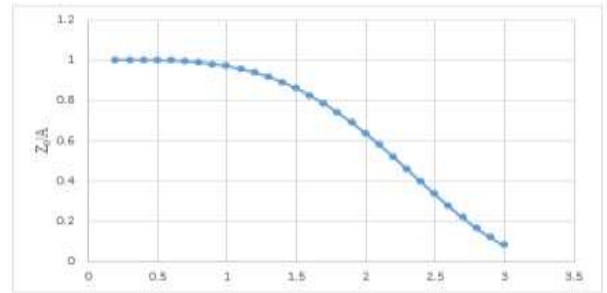
$\mu = 180^\circ$

Hình 4.45 Chuyển động dạt ngang theo các hướng sóng khác nhau.

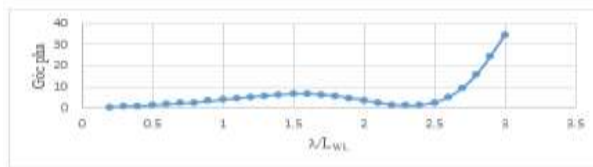
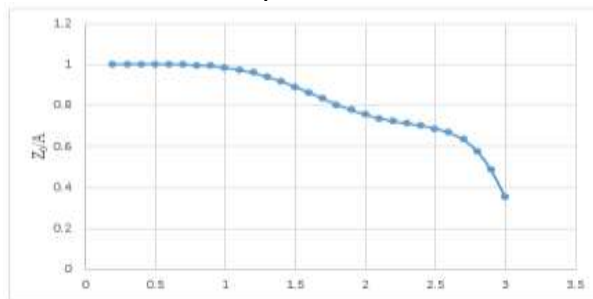
❖ Chuyển động dập dềnh



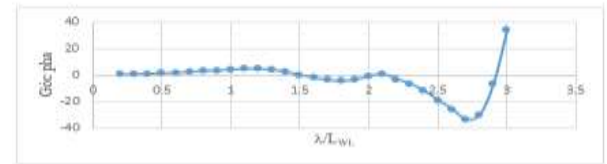
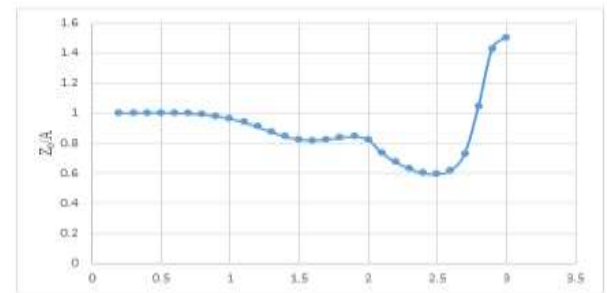
$\mu = 0^\circ$



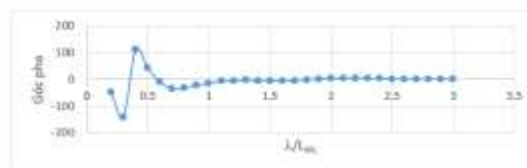
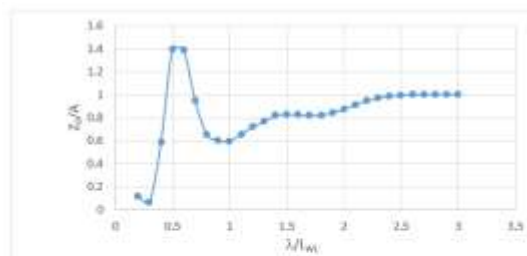
$\mu = 45^\circ$



$\mu = 90^\circ$



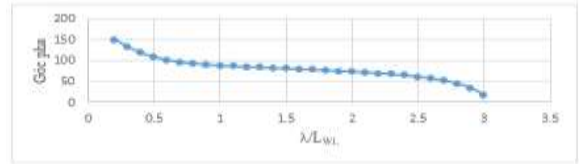
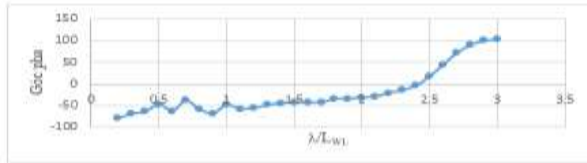
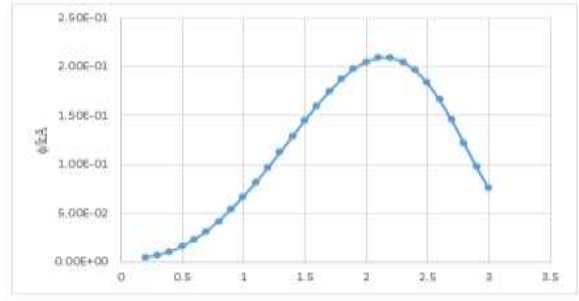
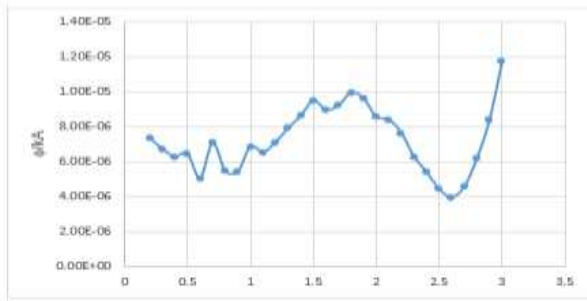
$\mu = 135^\circ$



$\mu = 180^\circ$

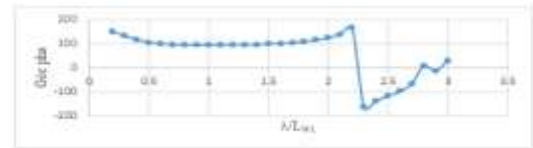
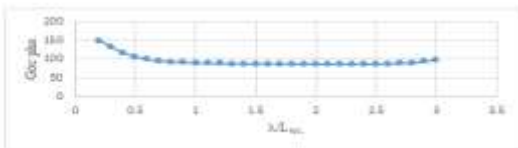
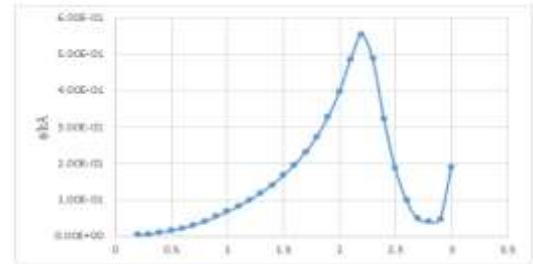
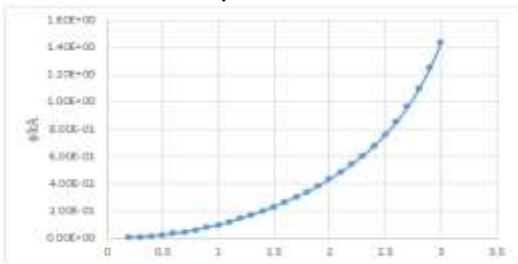
Hình 4.46 Chuyển động dập dềnh theo các hướng sóng khác nhau.

❖ Chuyển động lắc dọc



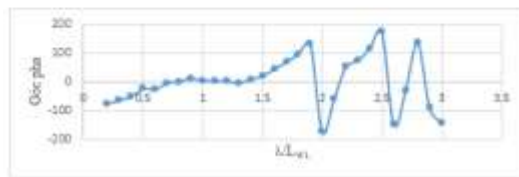
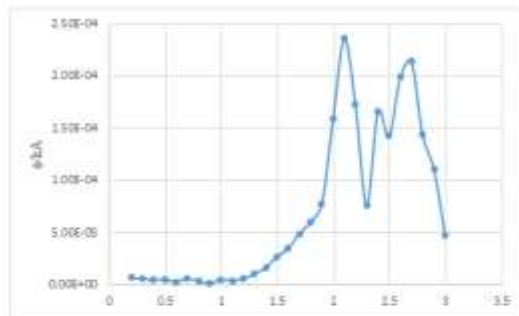
$\mu = 0^\circ$

$\mu = 45^\circ$



$\mu = 90^\circ$

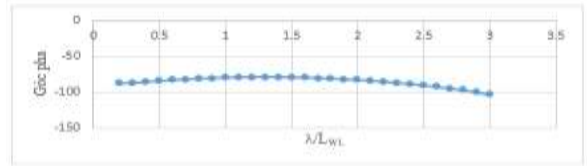
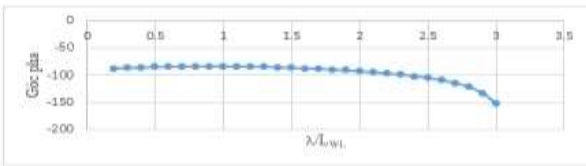
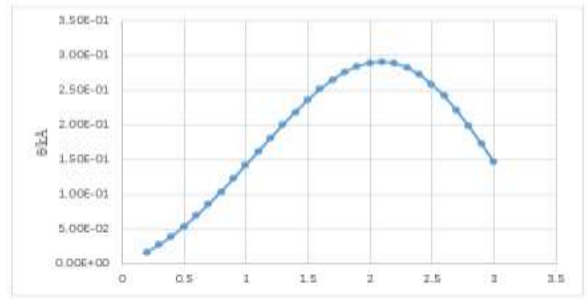
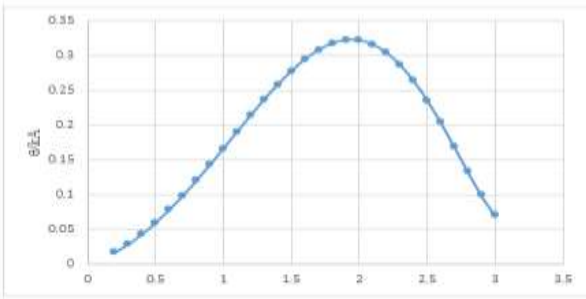
$\mu = 135^\circ$



$\mu = 180^\circ$

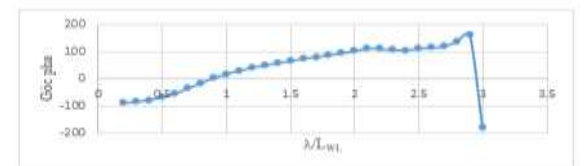
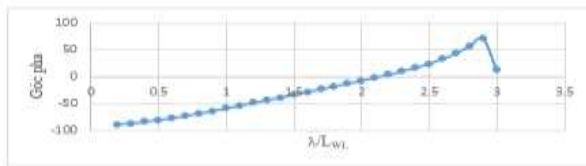
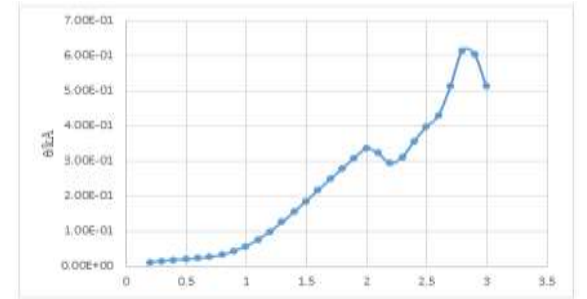
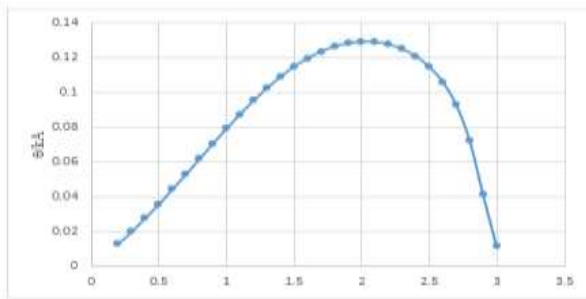
Hình 4.47 Chuyển động lắc dọc theo các hướng sóng khác nhau.

❖ Chuyển động lắc ngang



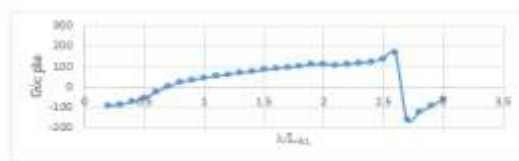
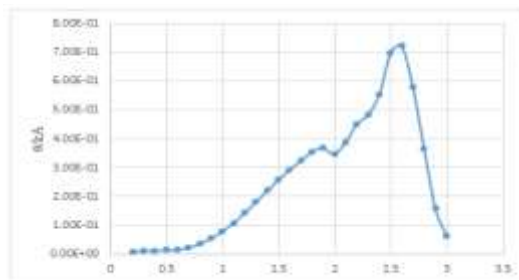
$\mu = 0^\circ$

$\mu = 45^\circ$



$\mu = 90^\circ$

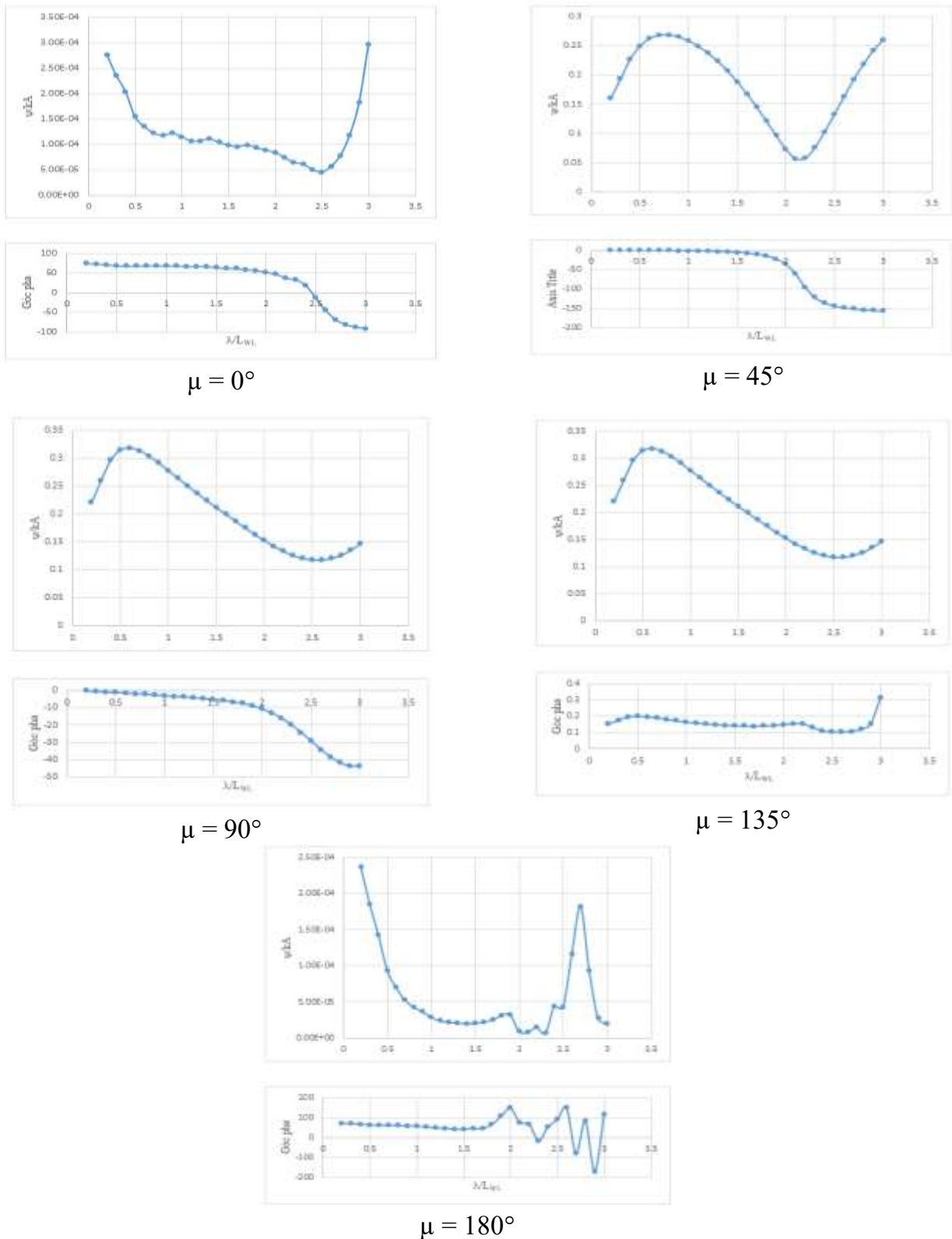
$\mu = 135^\circ$



$\mu = 180^\circ$

Hình 4.48 Chuyển động lắc ngang theo các hướng sóng khác nhau.

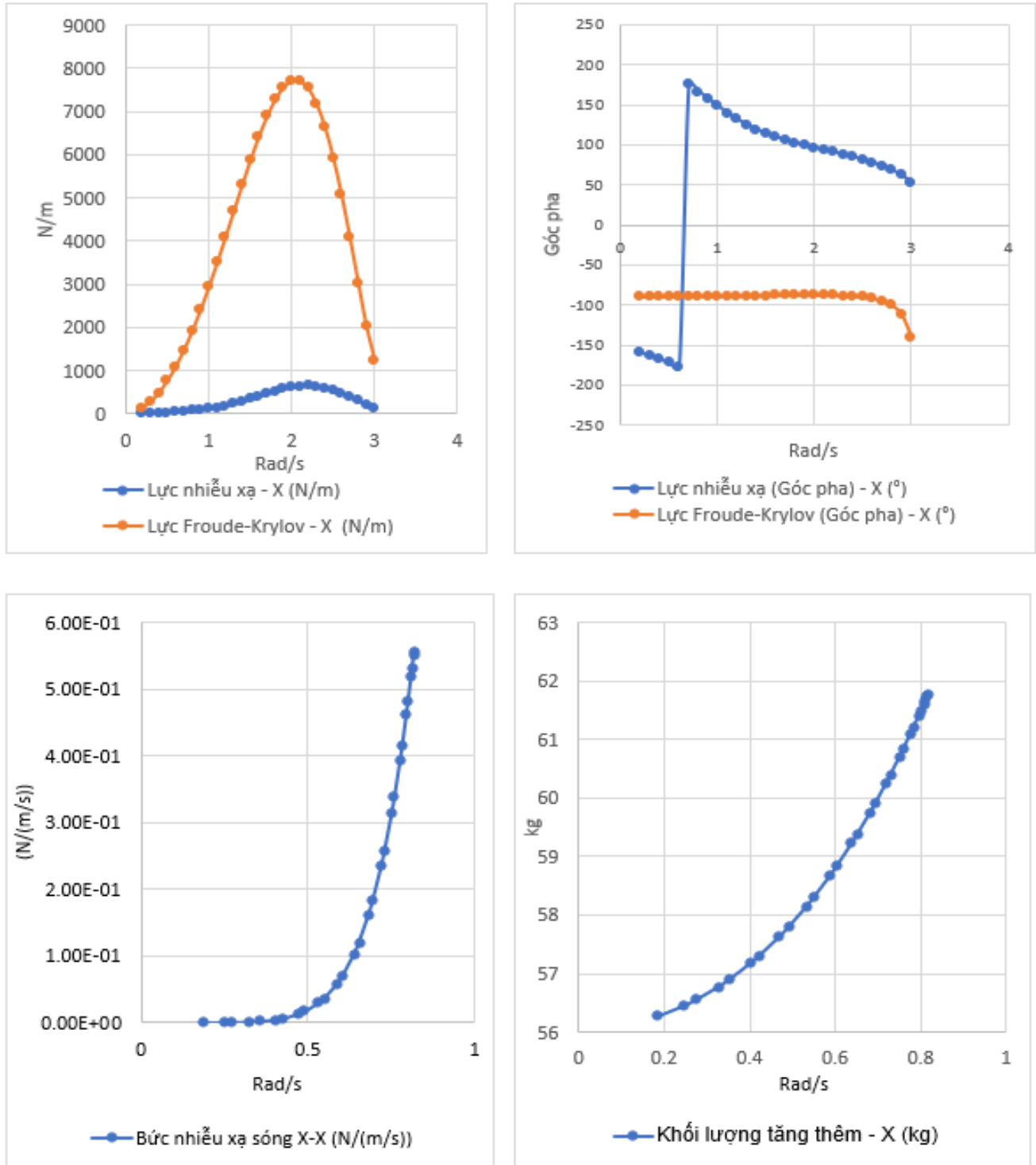
❖ Chuyển động quay trở



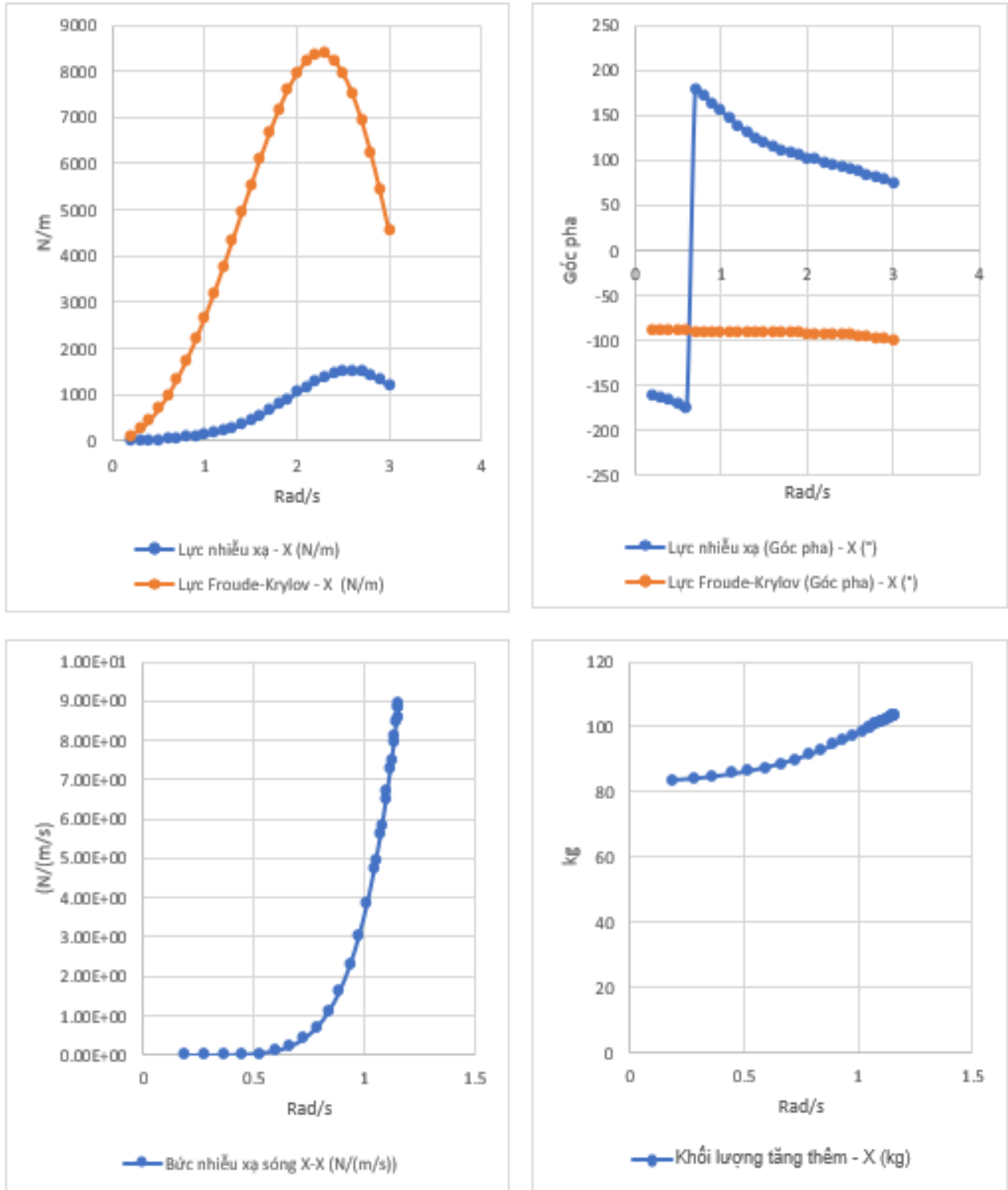
Hình 4.49 Chuyển động quay trở theo các hướng sóng khác nhau.

Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran

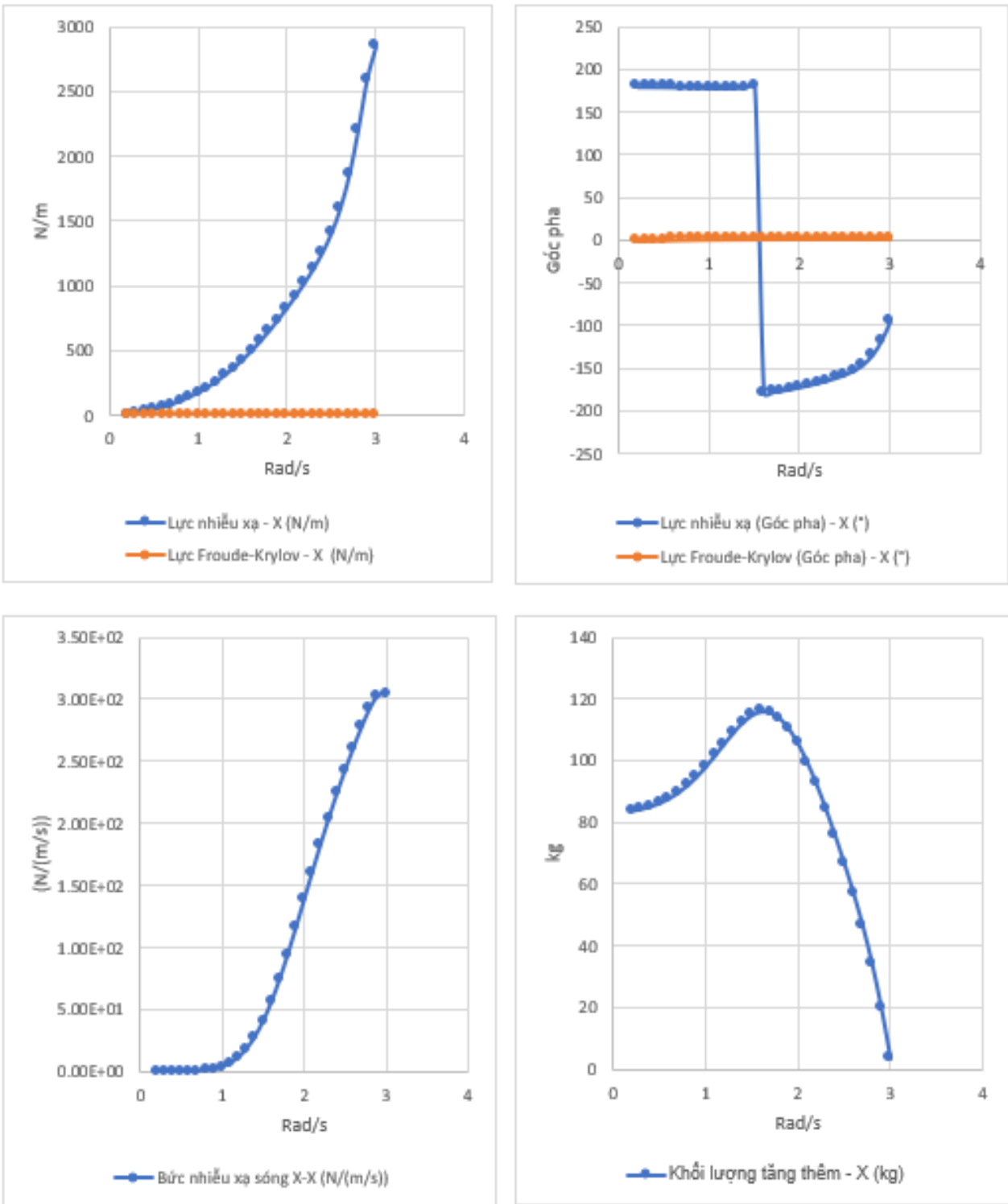
- Lực nhiễu xạ - *diffraction*, lực Froude-Krylov - *froude-krylov*, bức xạ nhiễu sóng - *radiation damping* và khối lượng tăng thêm - *added mass*.
- ❖ Chuyển động tiến lùi



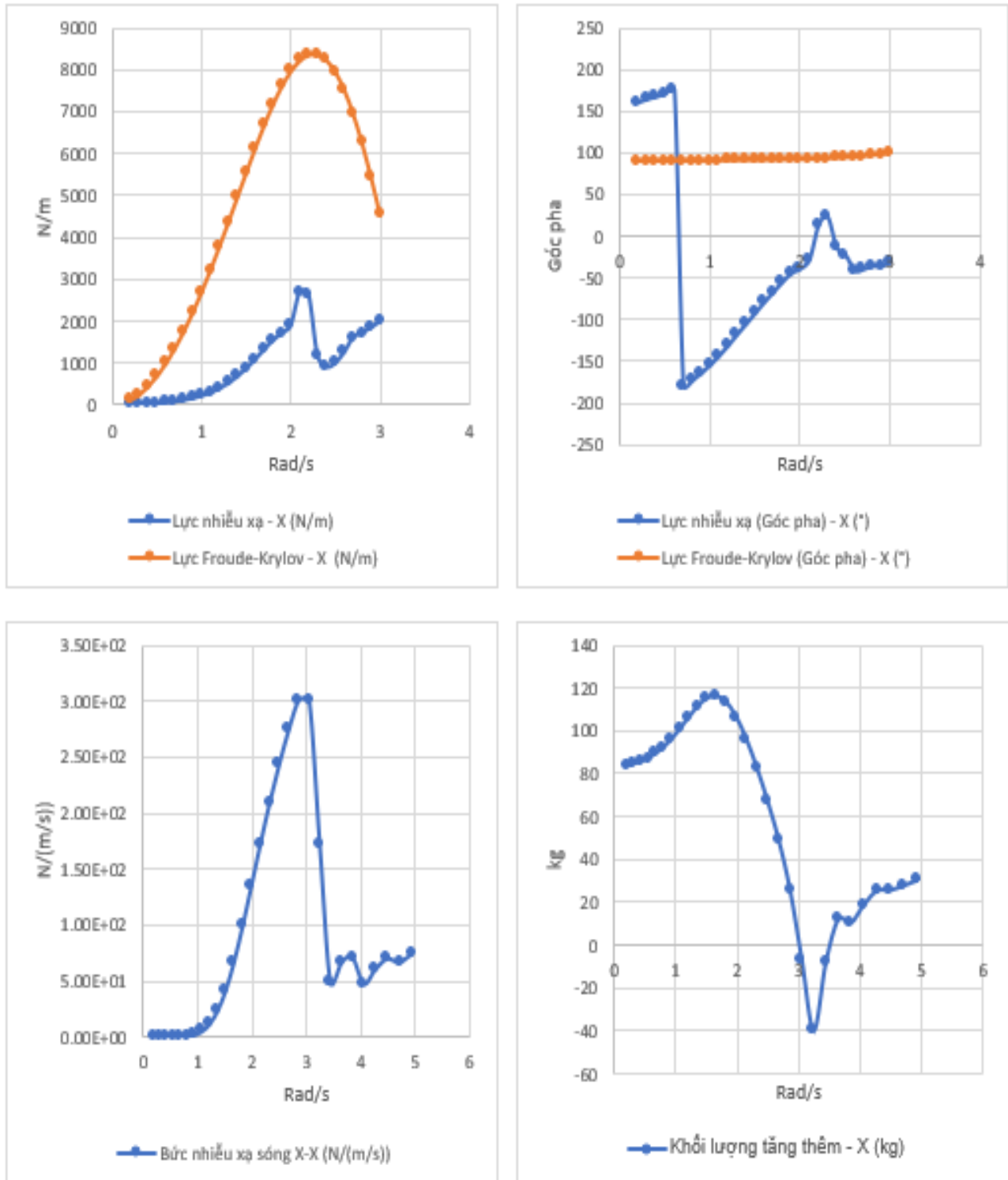
Hình 4.50 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 0°.



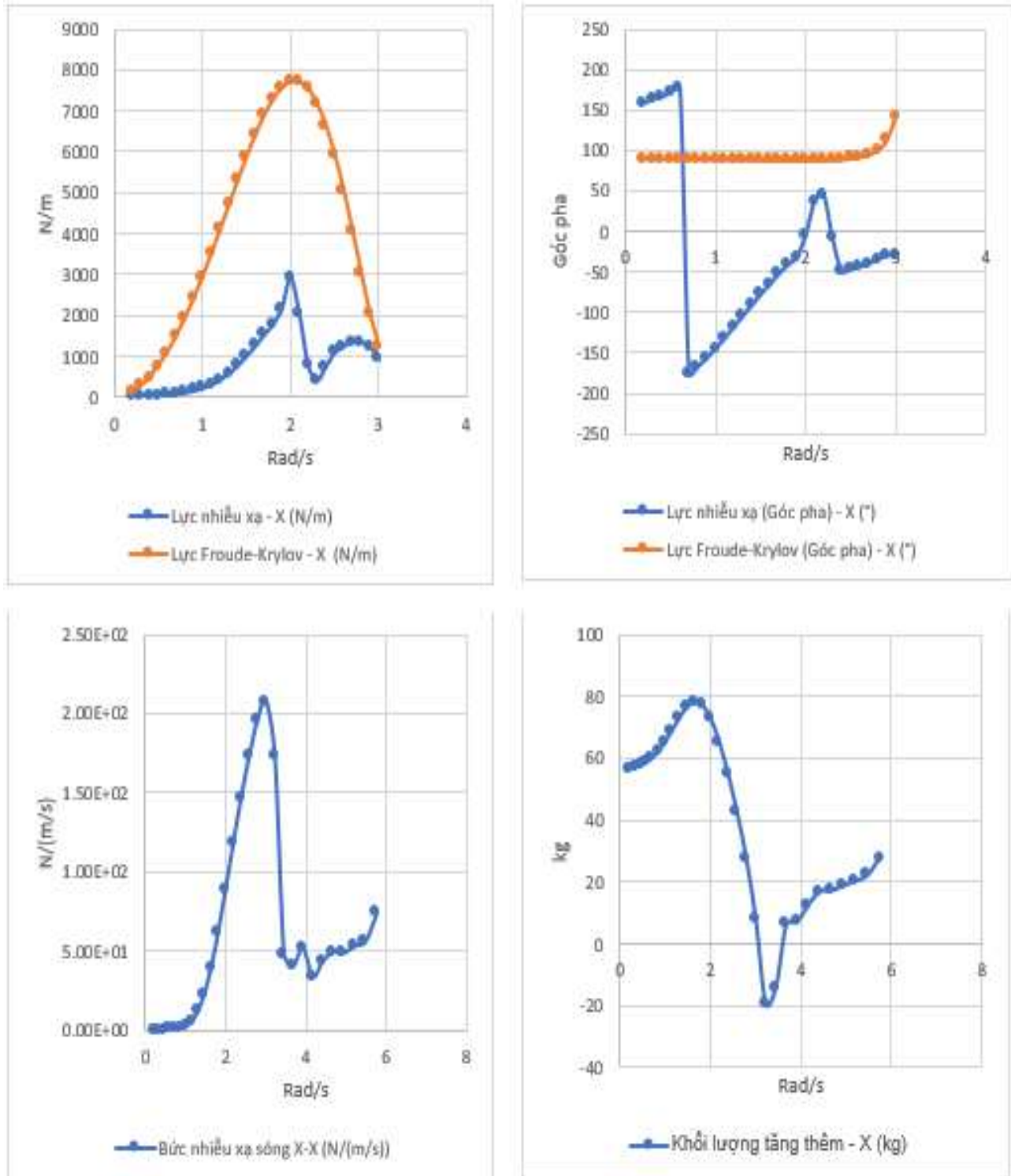
Hình 4.51 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 45°.



Hình 4.52 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 90°.

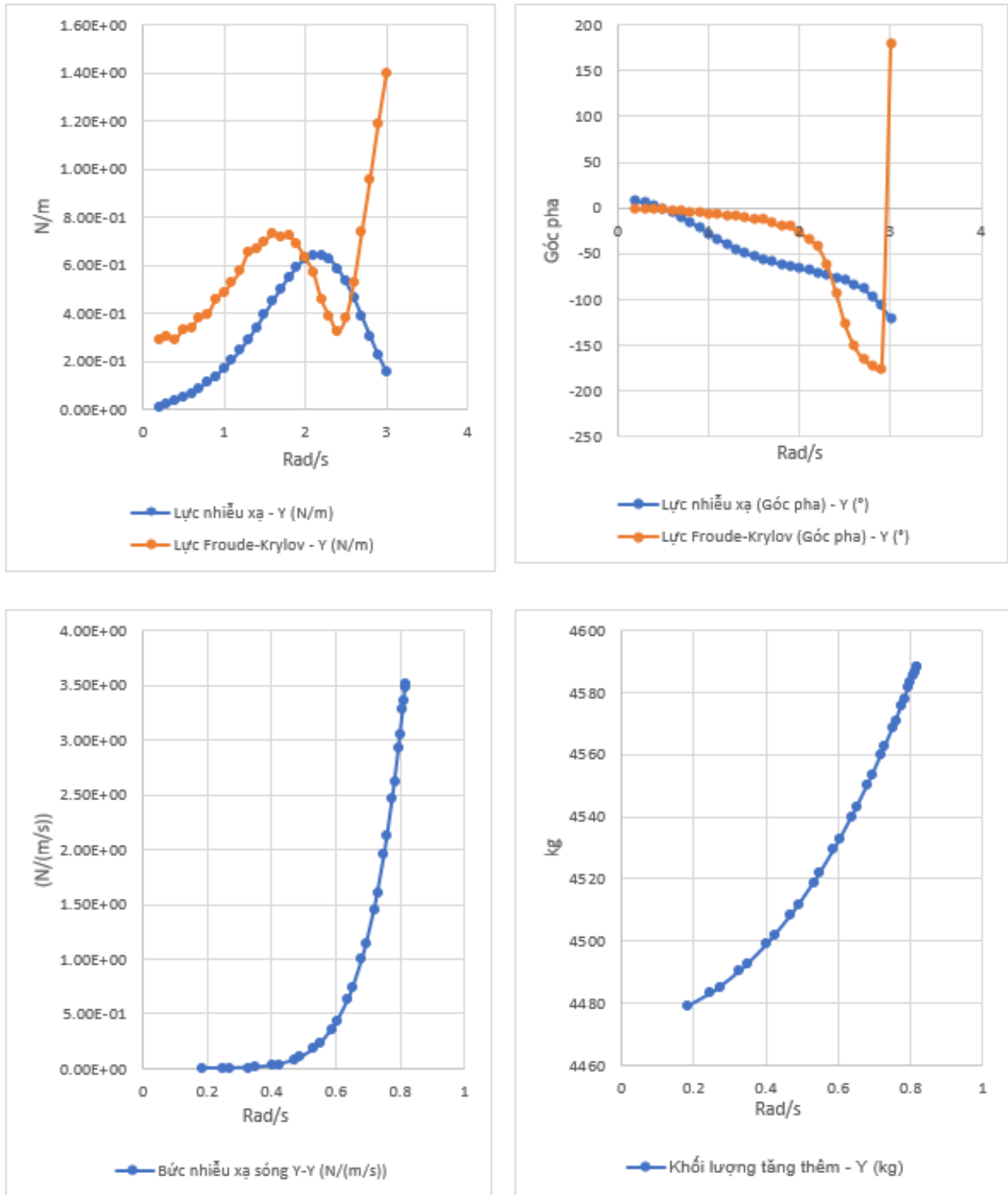


Hình 4.53 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 135°.



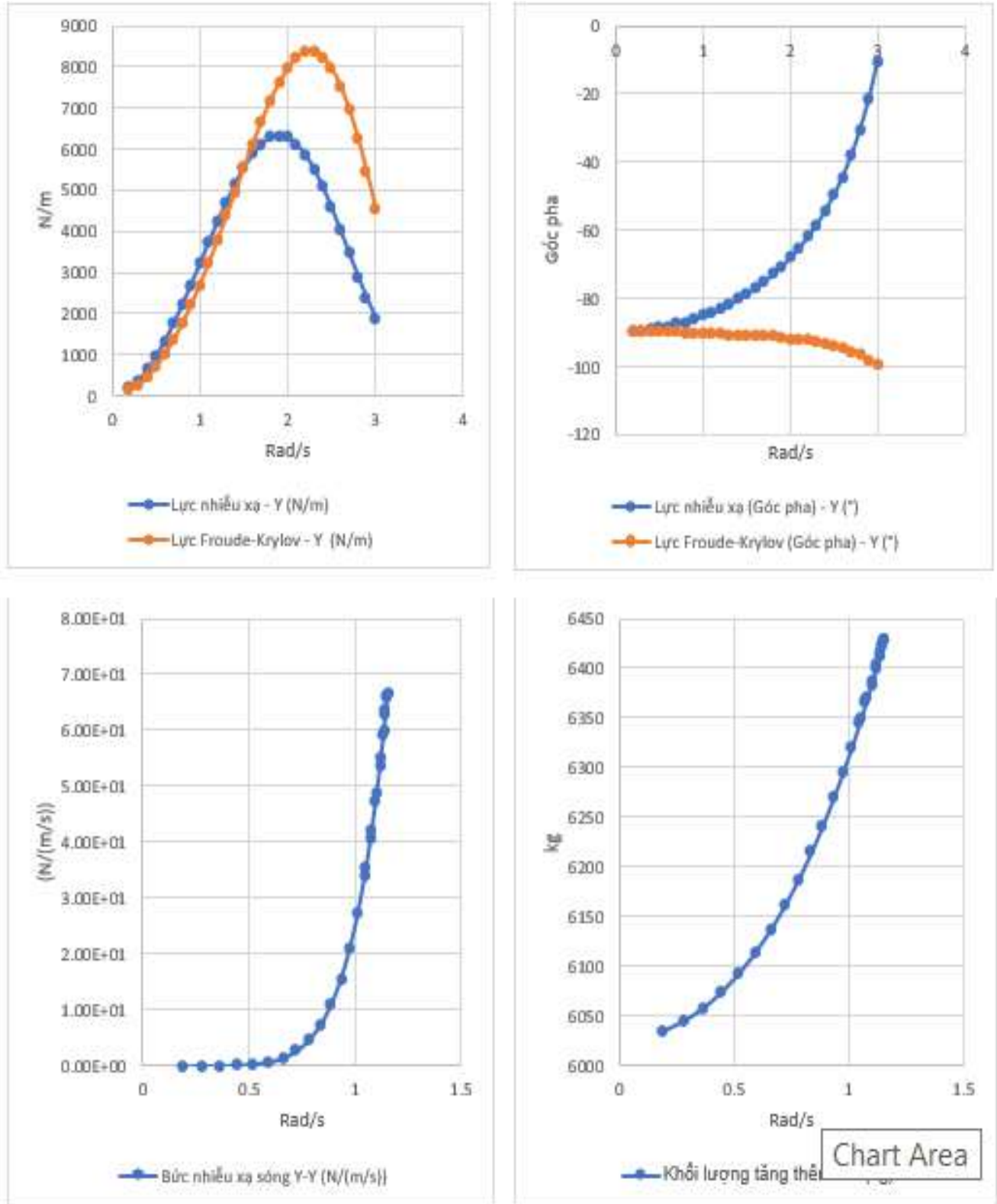
Hình 4.54 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 180°.

❖ Chuyển động dạt ngang

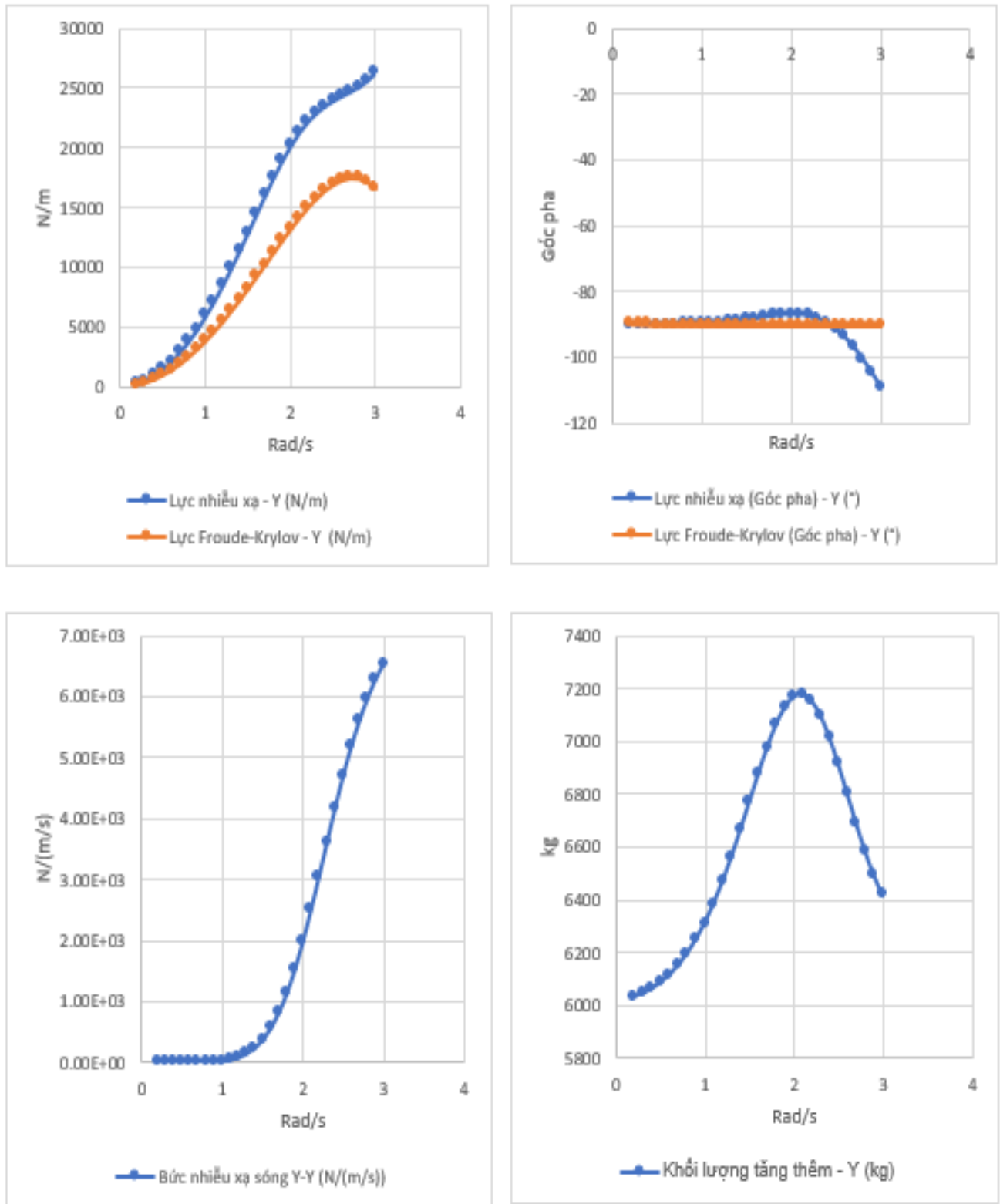


Hình 4.55 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 0°.

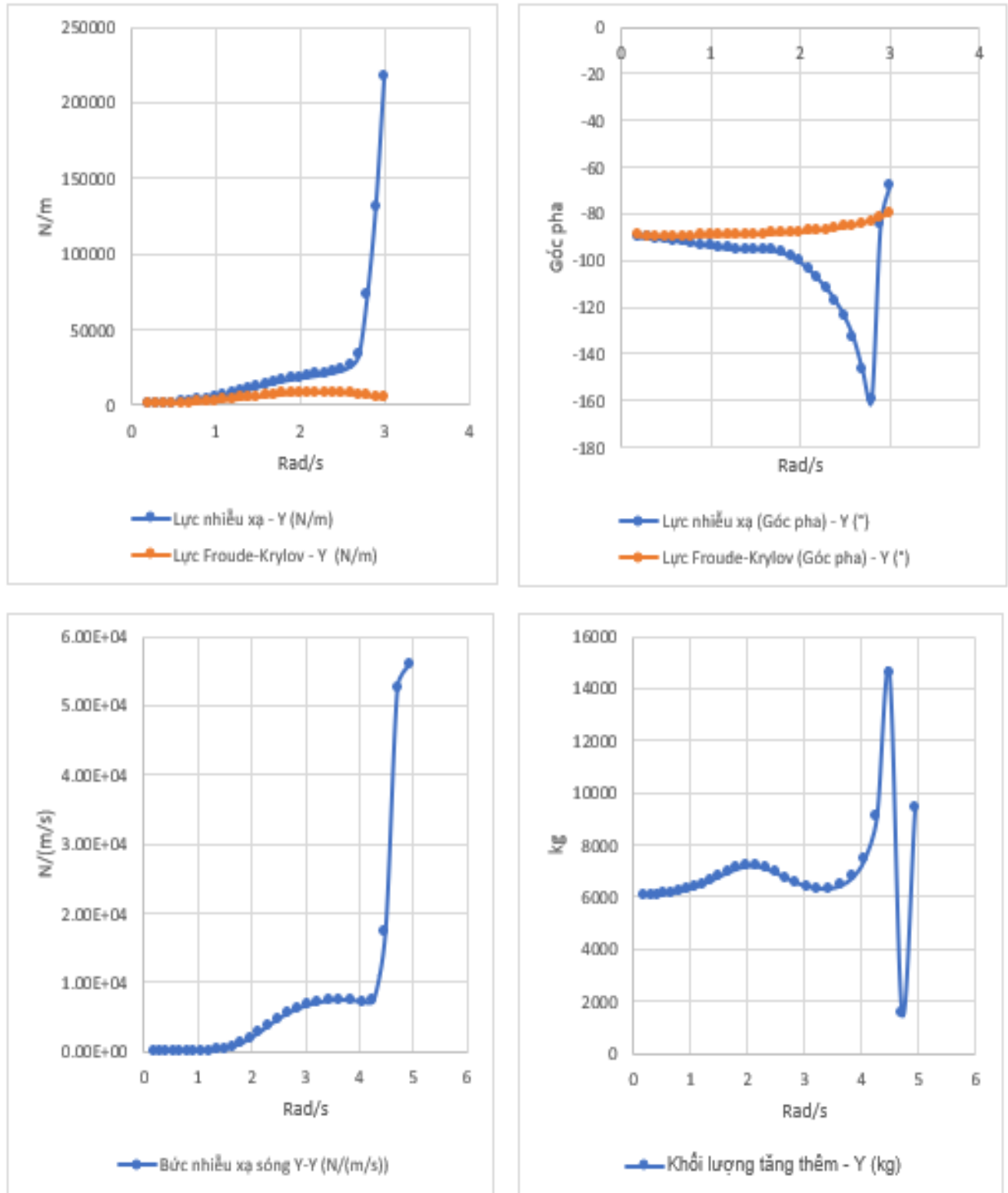
Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran



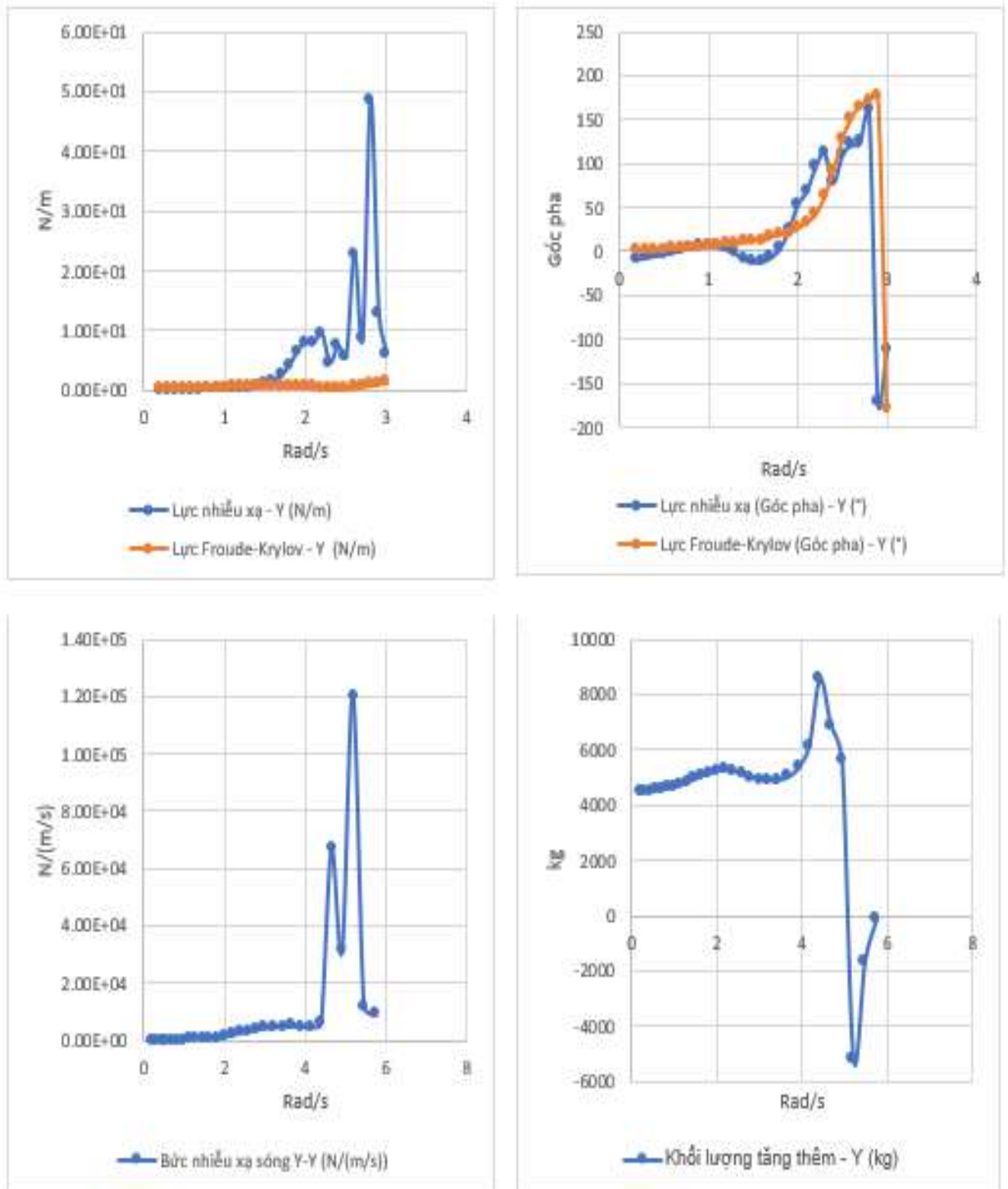
Hình 4.56 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 45°.



Hình 4.57 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 90°.

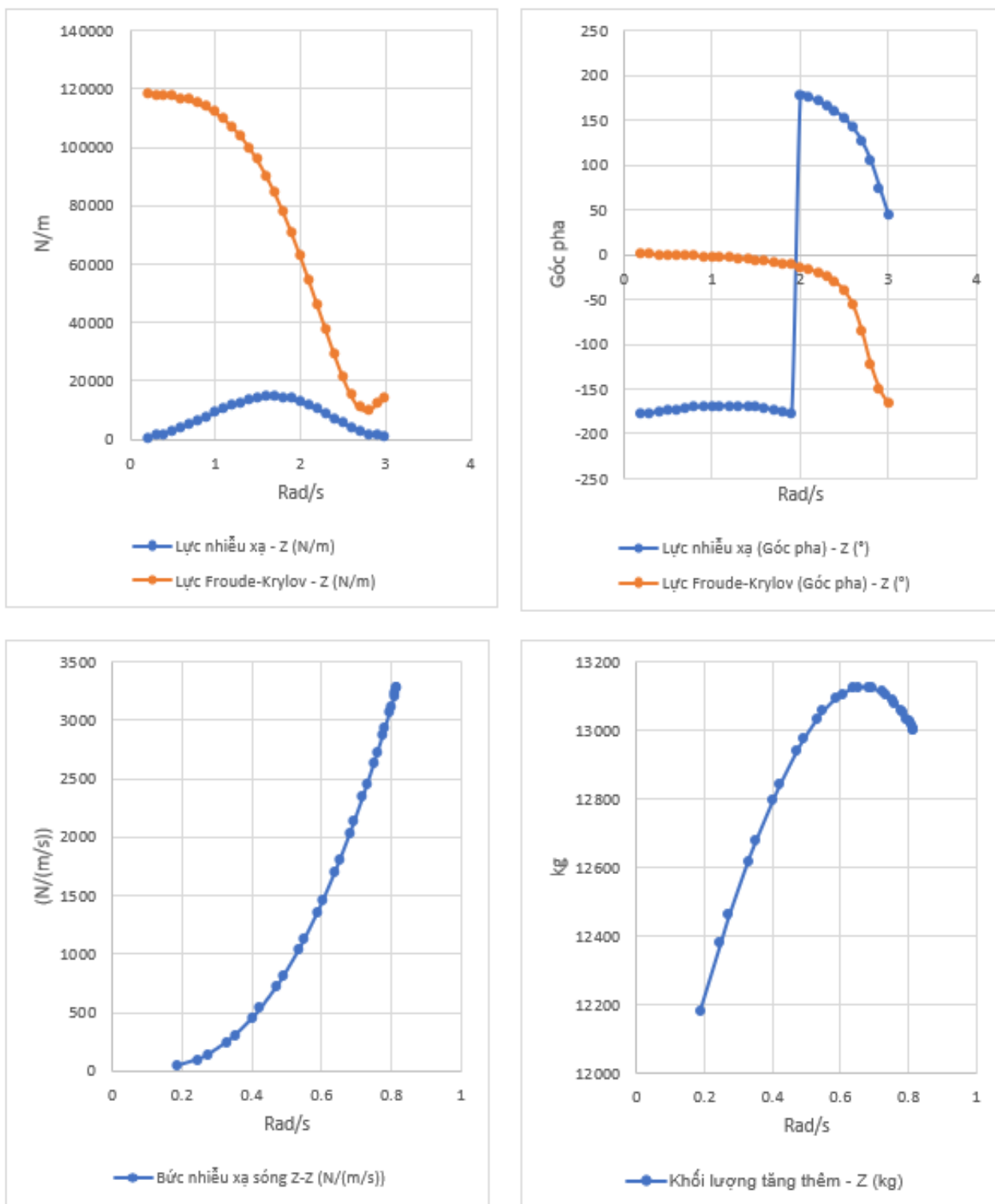


Hình 4.58 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 135°.

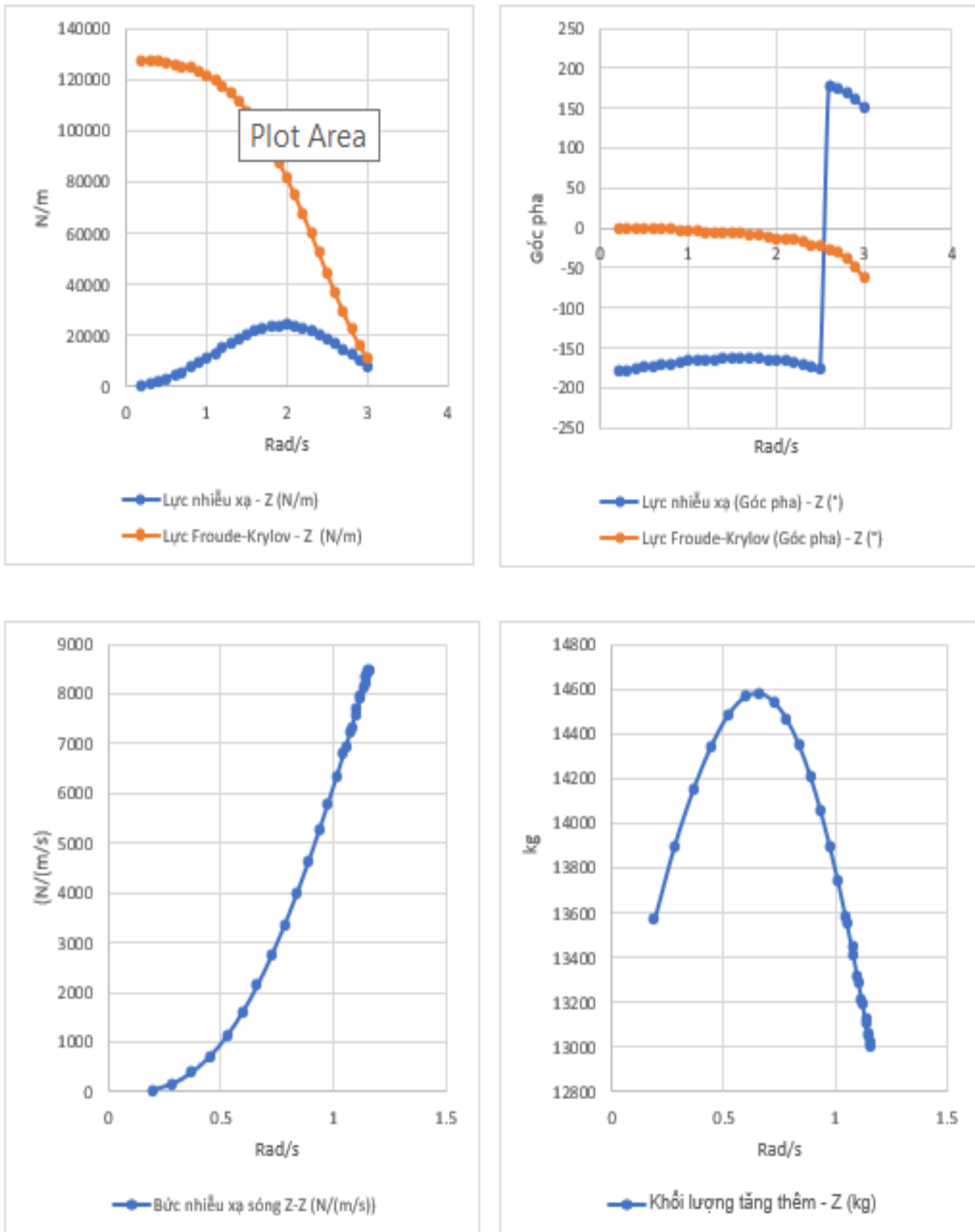


Hình 4.59 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 180°.

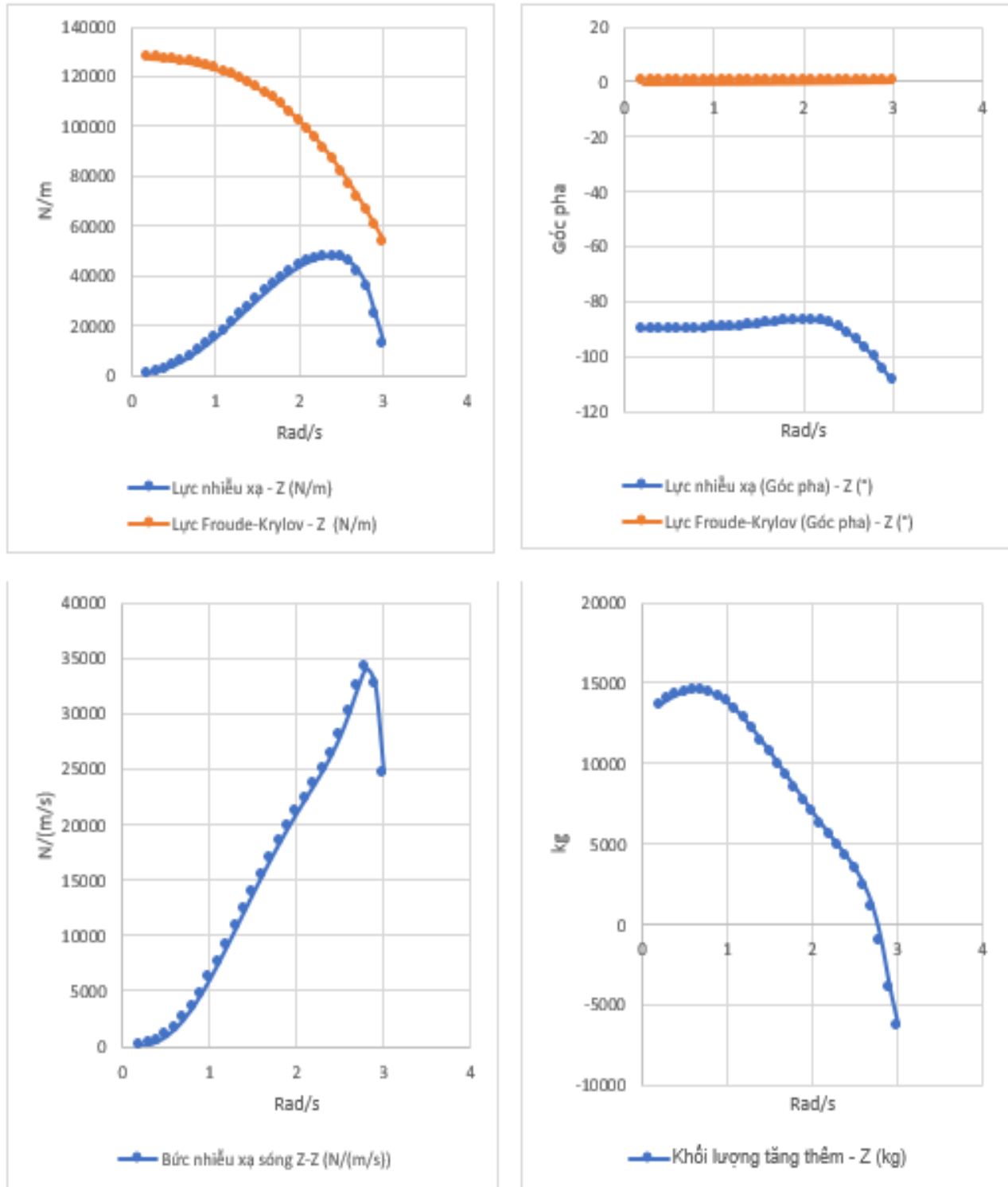
❖ Chuyển động dập dềnh



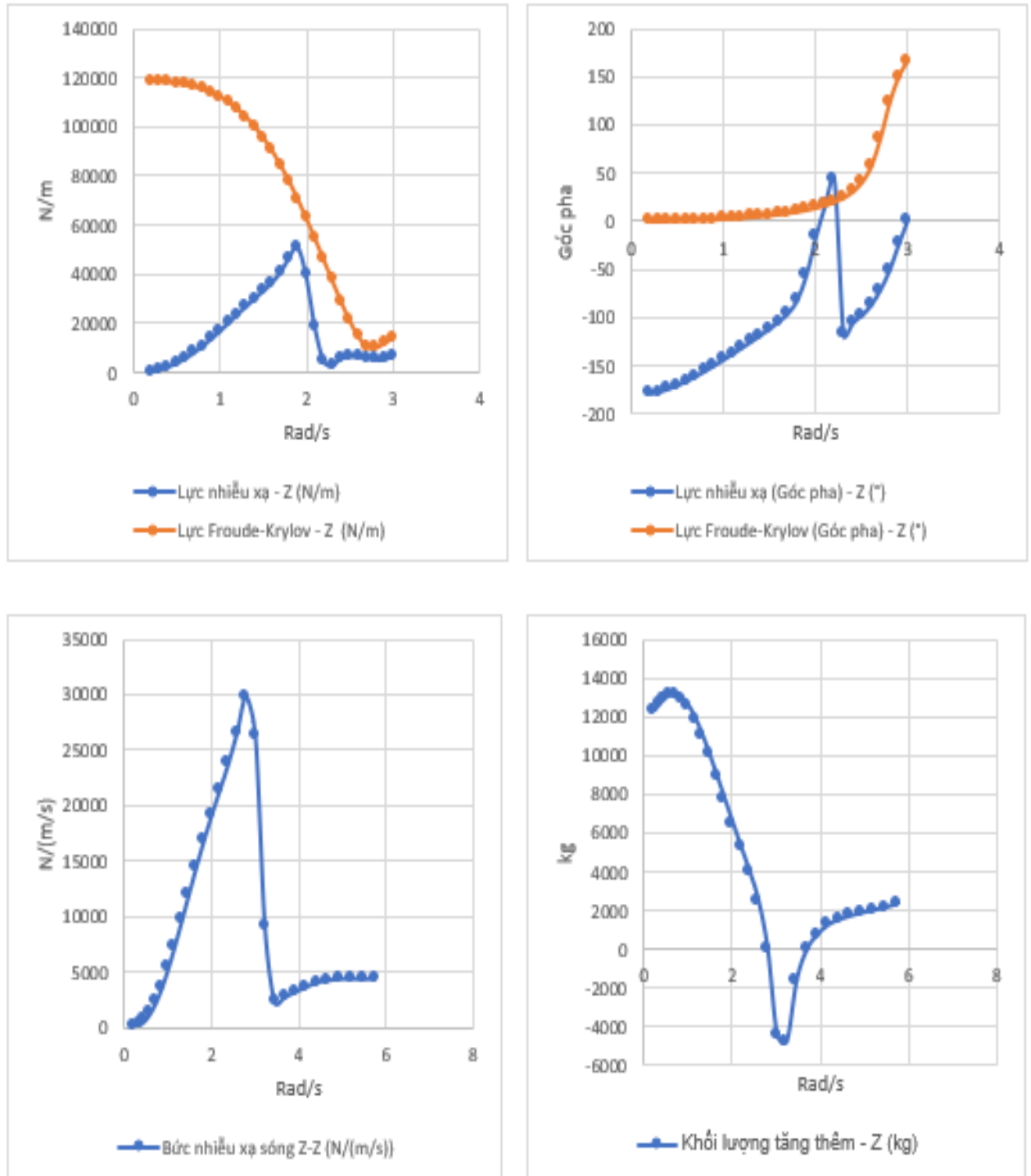
Hình 4.60 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 0°.



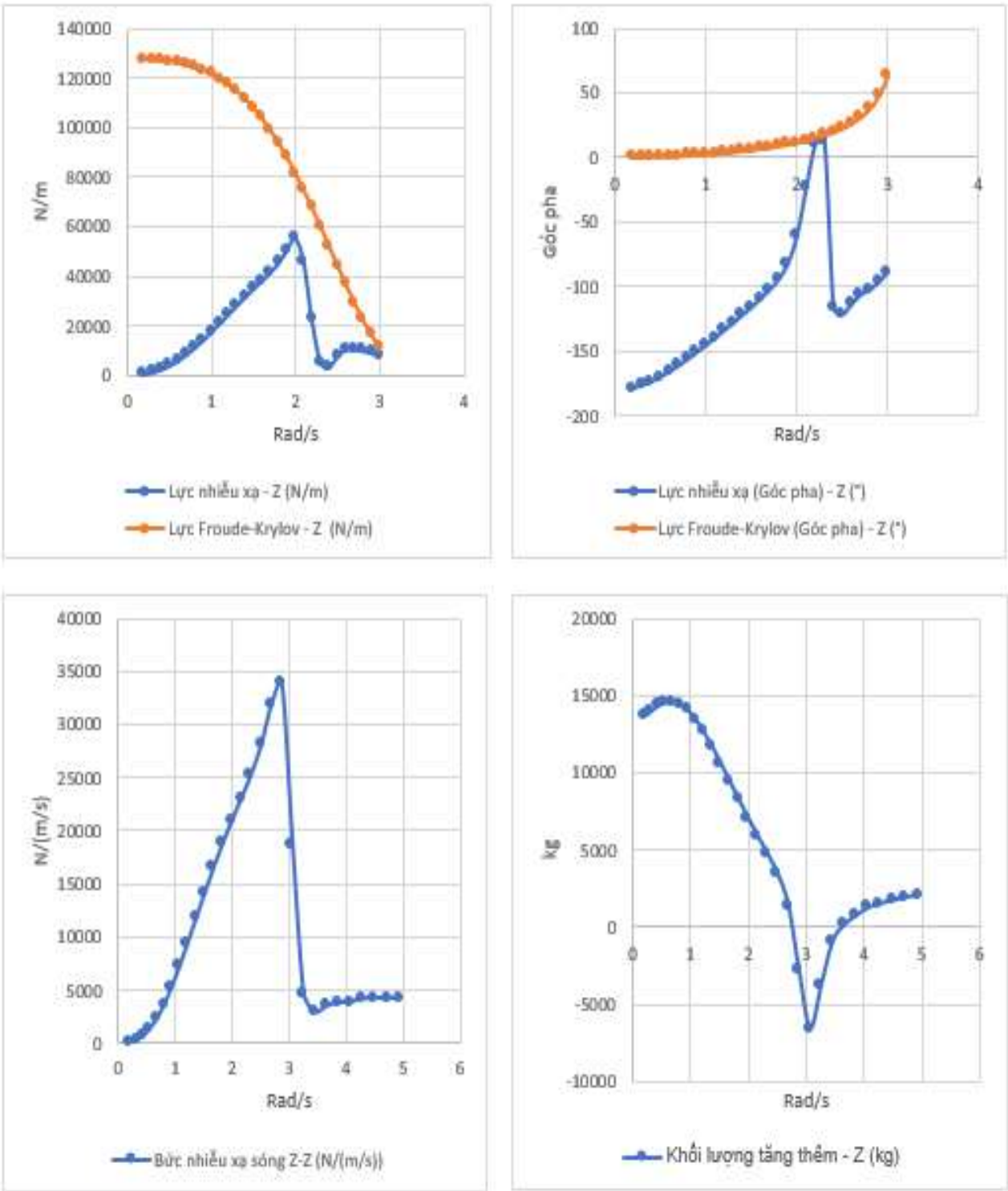
Hình 4.61 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 45°.



Hình 4.62 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 90°.

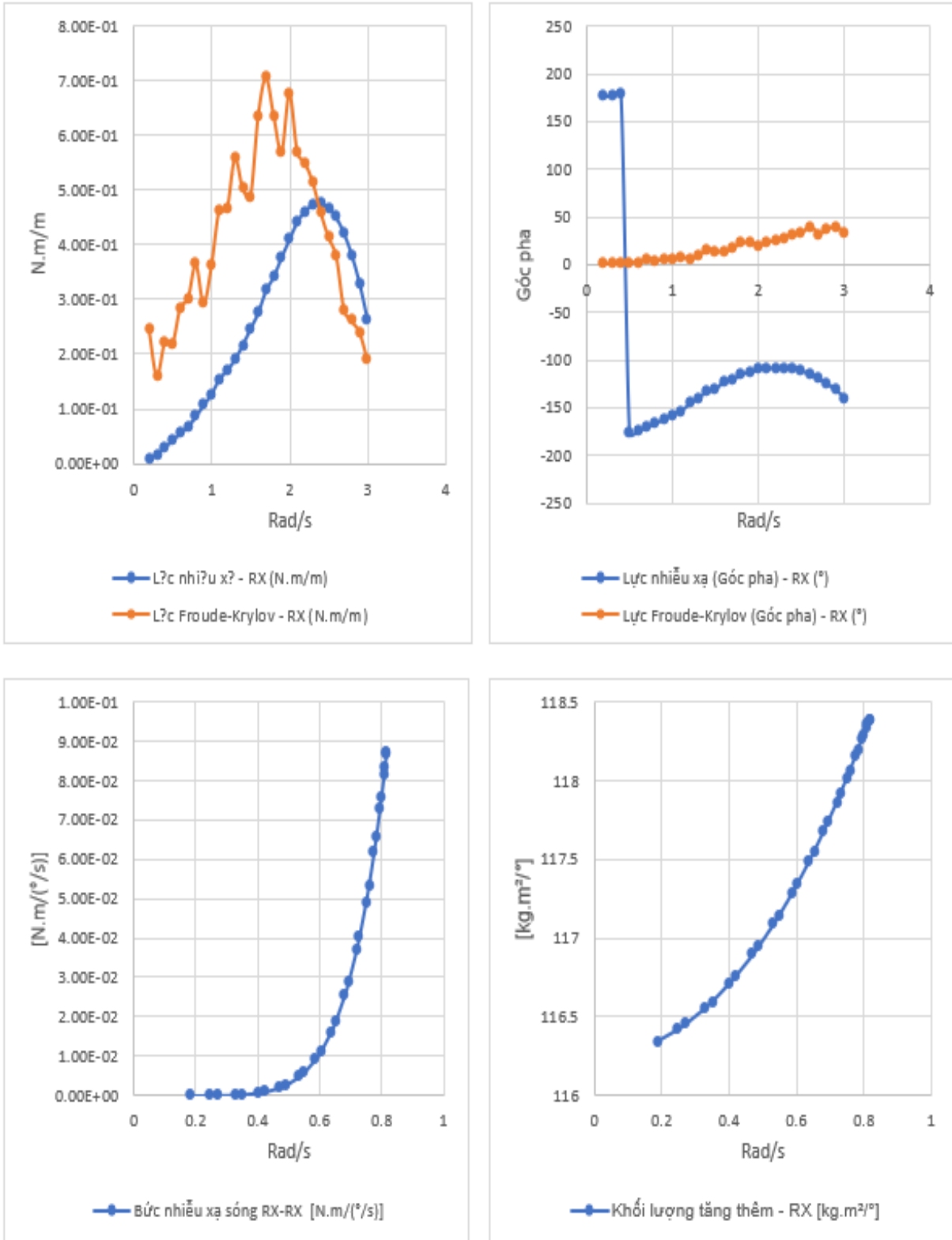


Hình 4.63 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 135°.



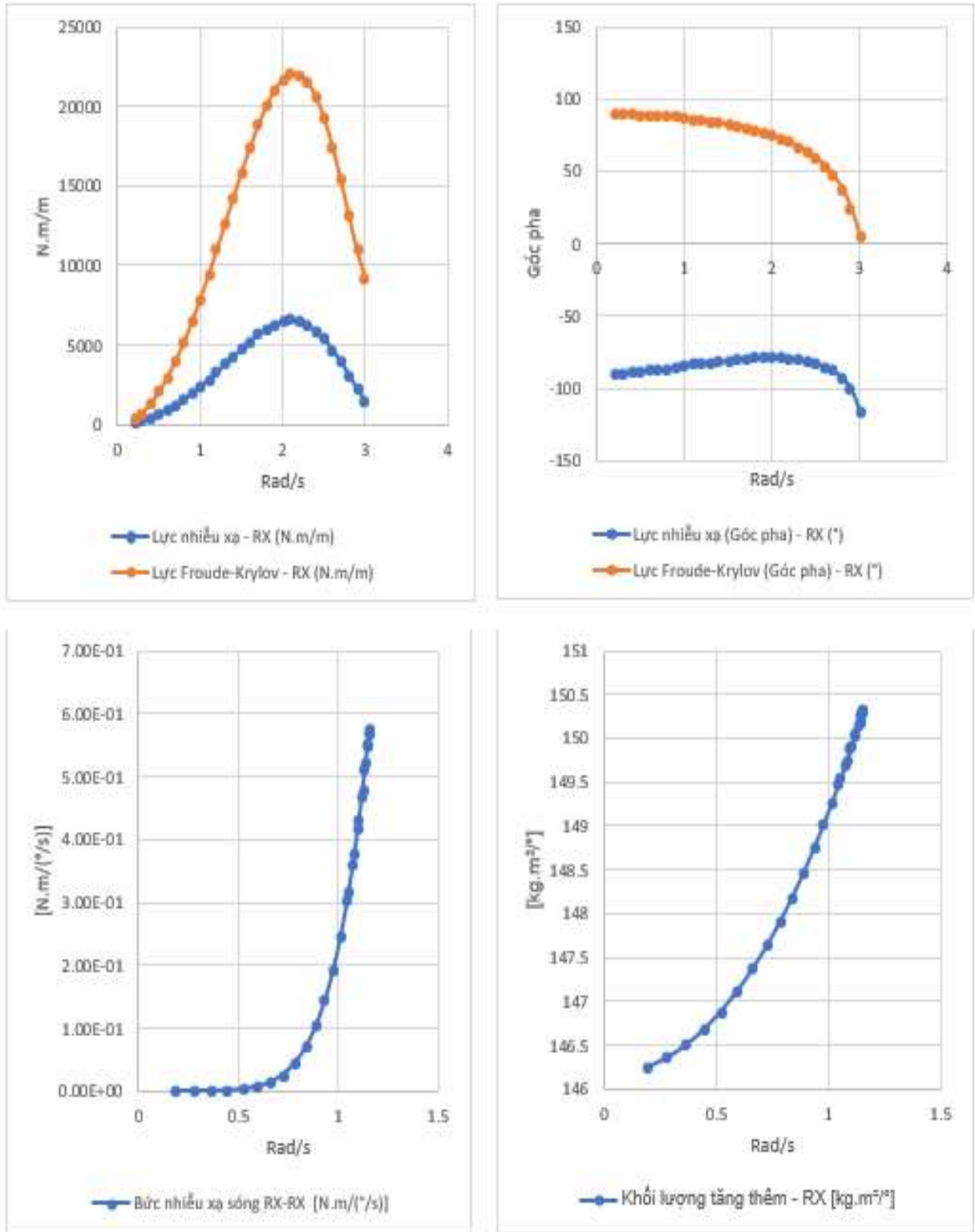
Hình 4.64 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 180°.

❖ Chuyển động lắc dọc

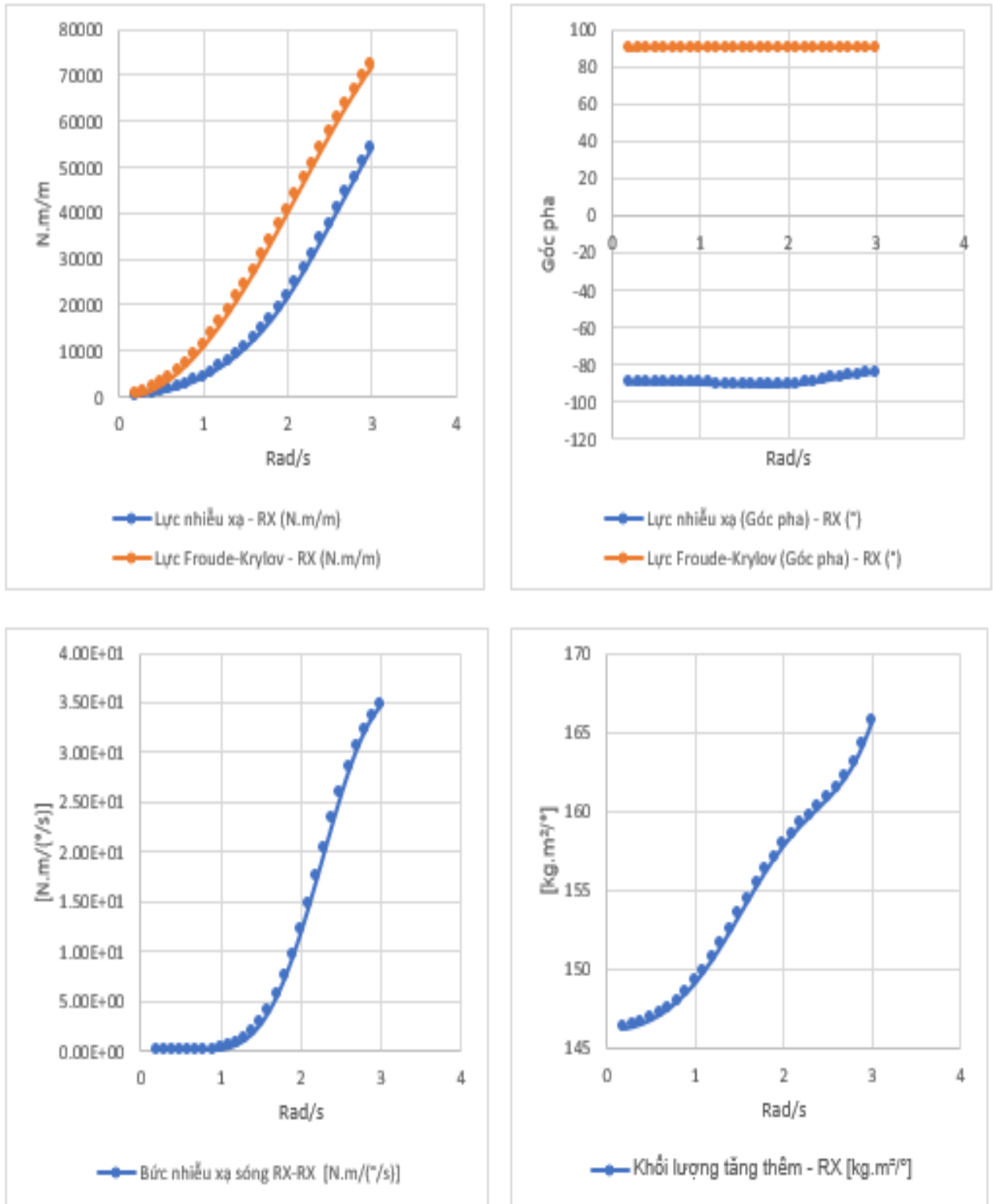


Hình 4.65 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc  $0^\circ$ .

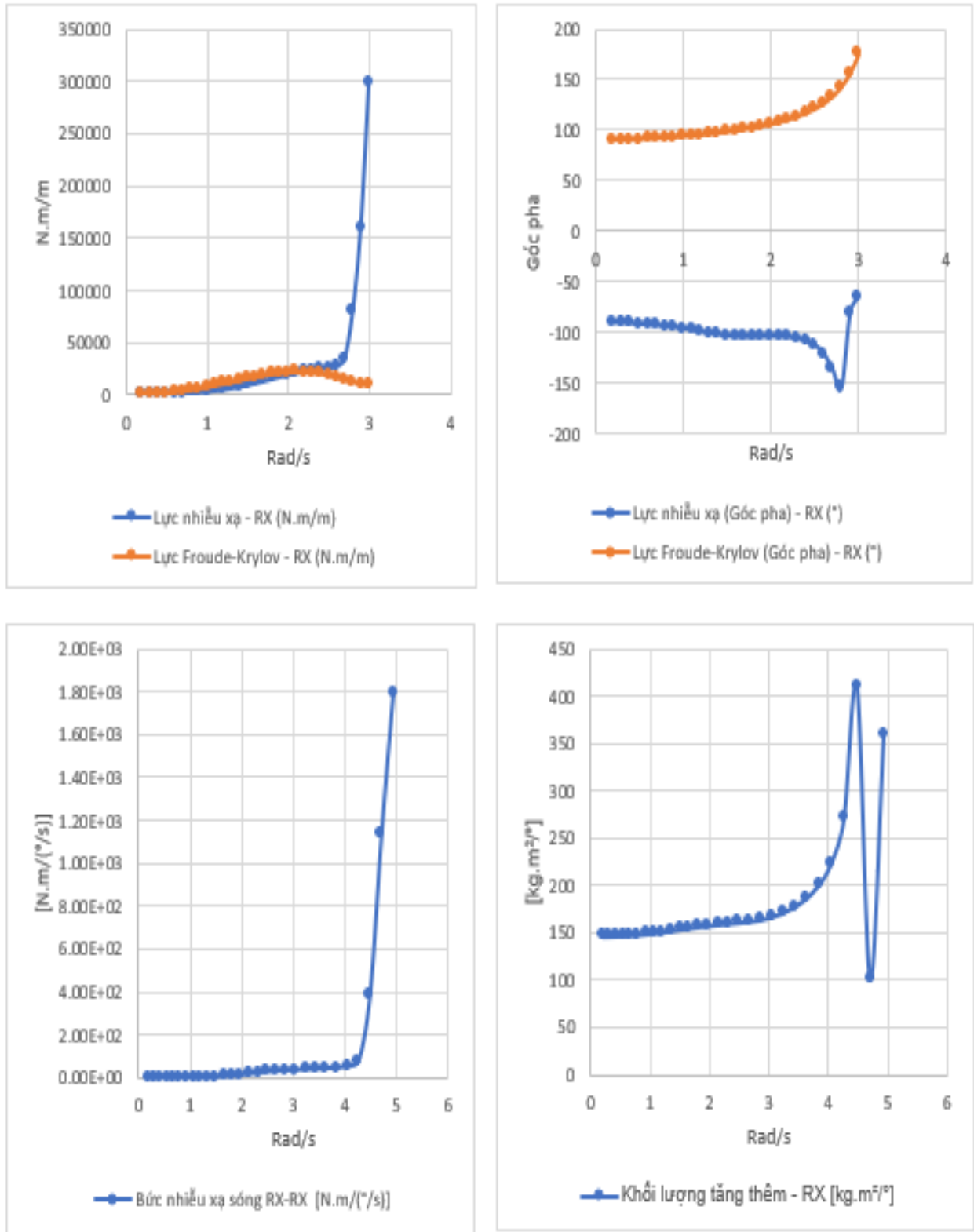
Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran



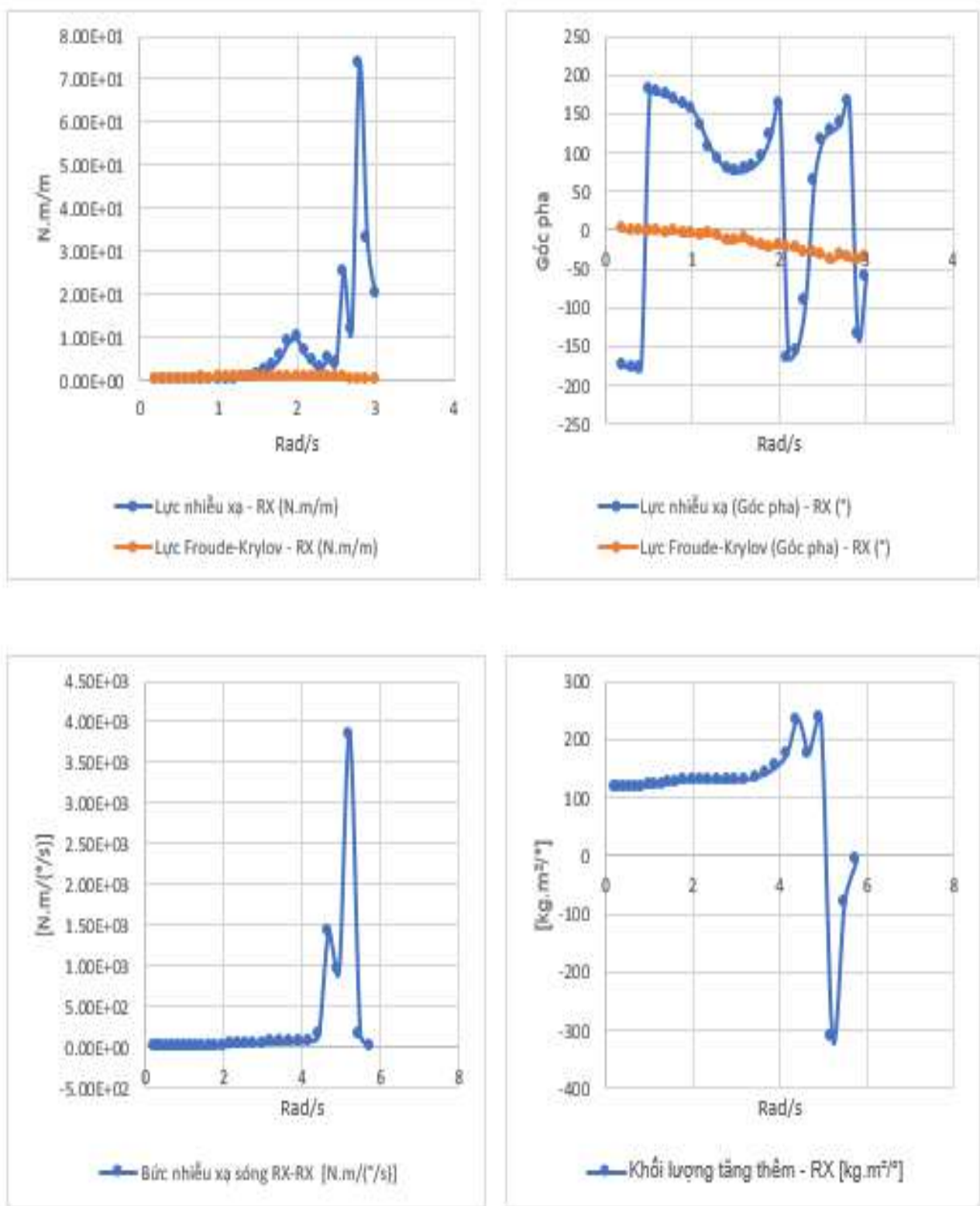
Hình 4.66 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 45°.



Hình 4.67 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 90°.

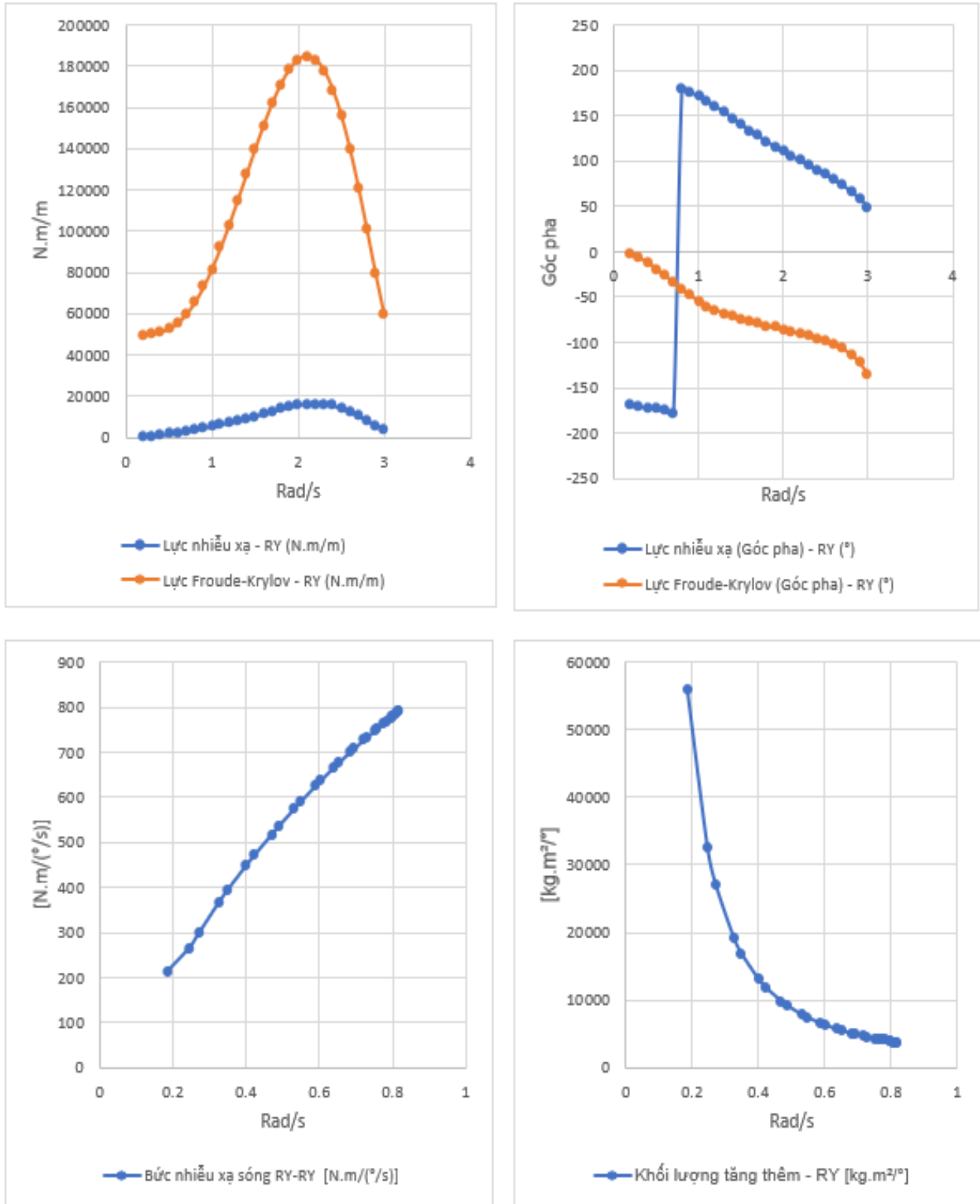


Hình 4.68 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 135°.

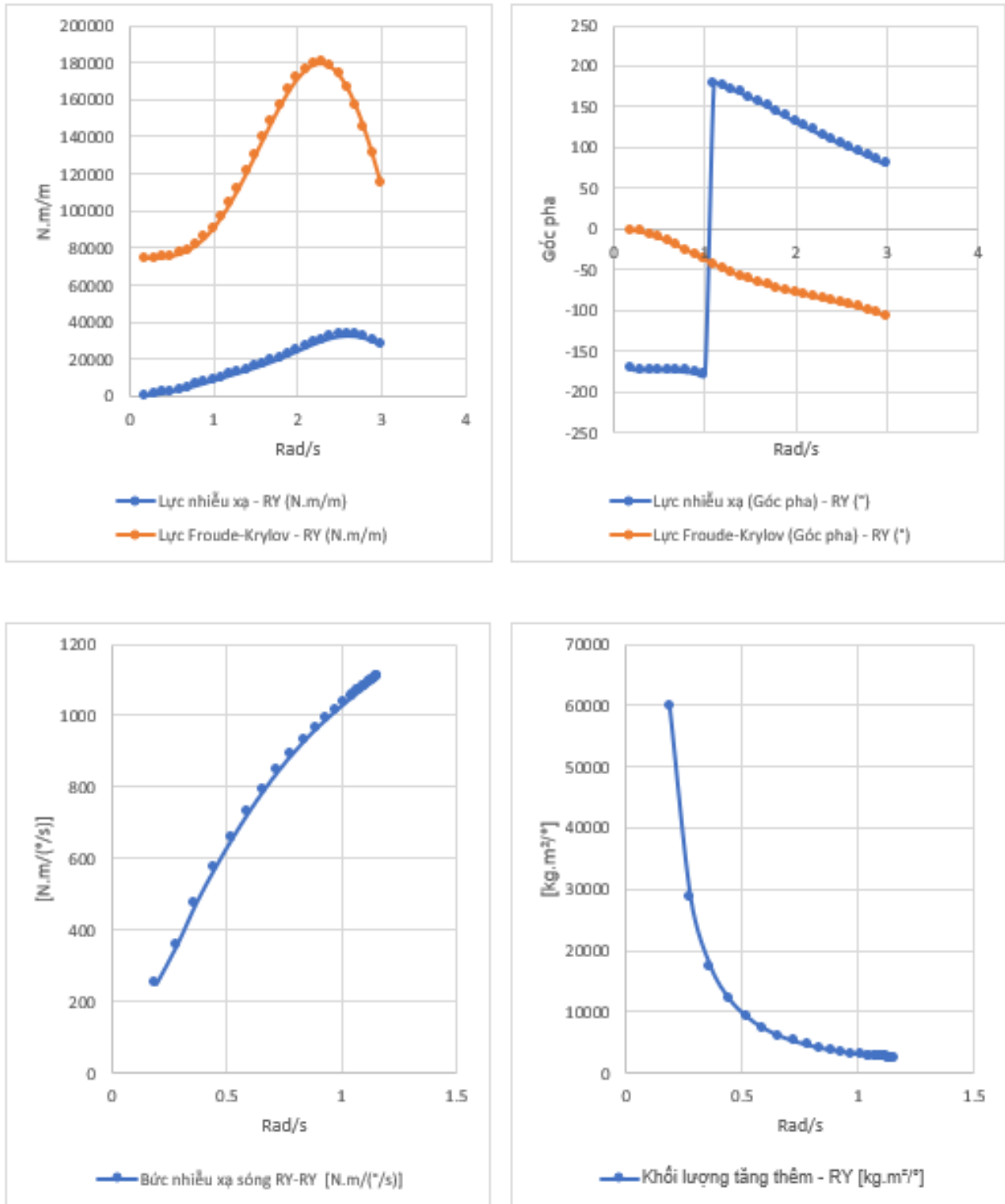


Hình 4.69 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 180°.

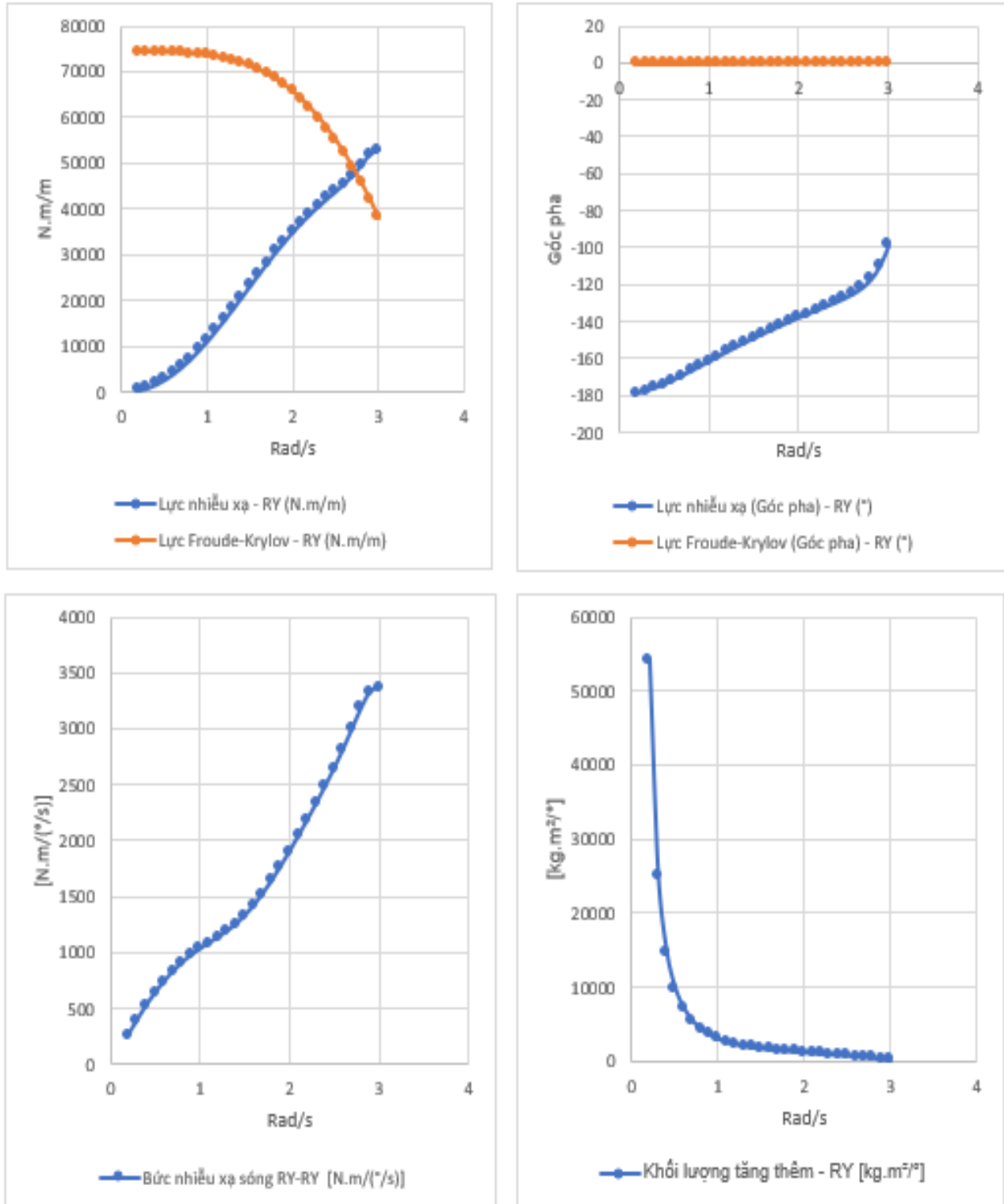
❖ Chuyển động lắc ngang



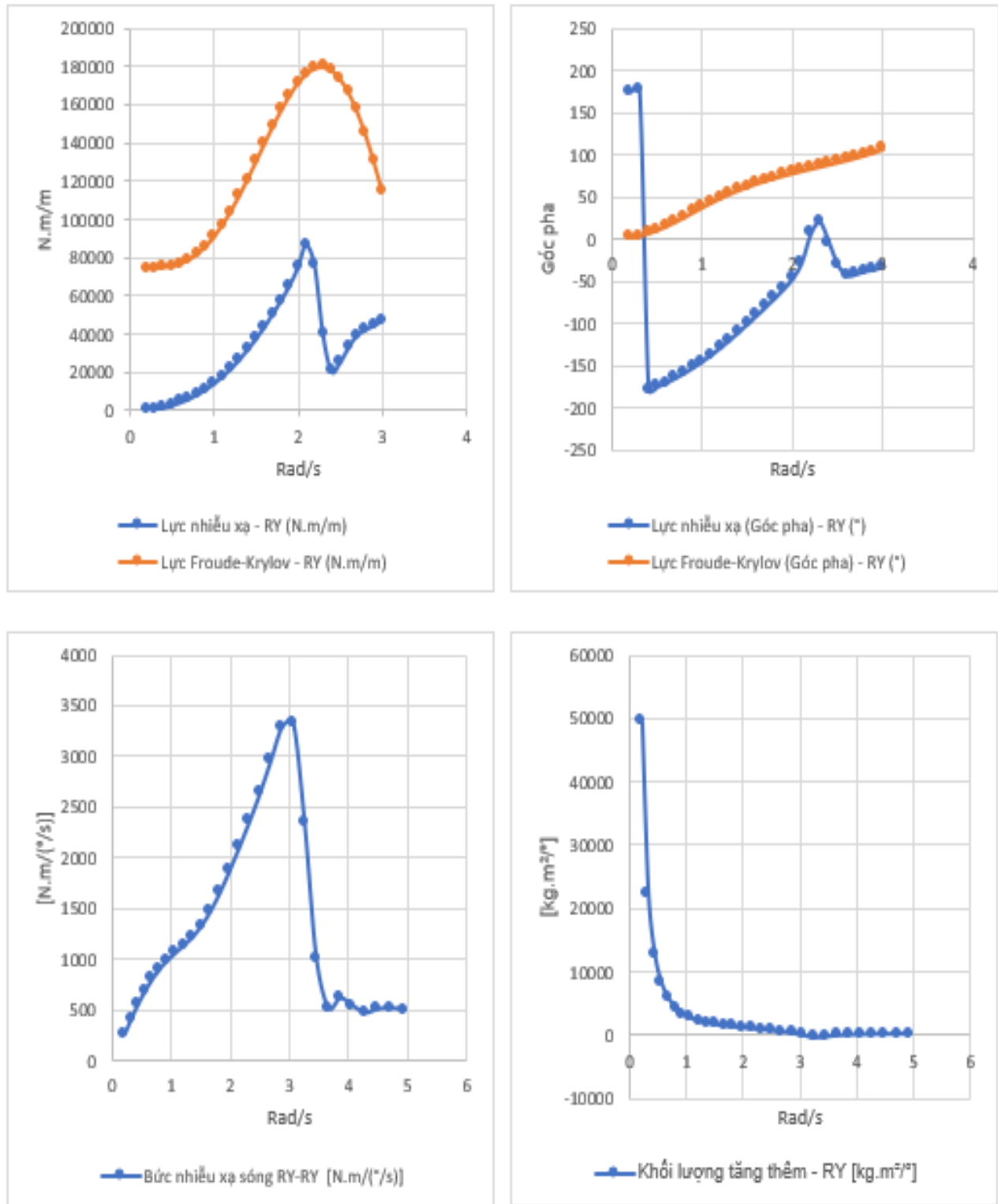
Hình 4.70 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 0°.



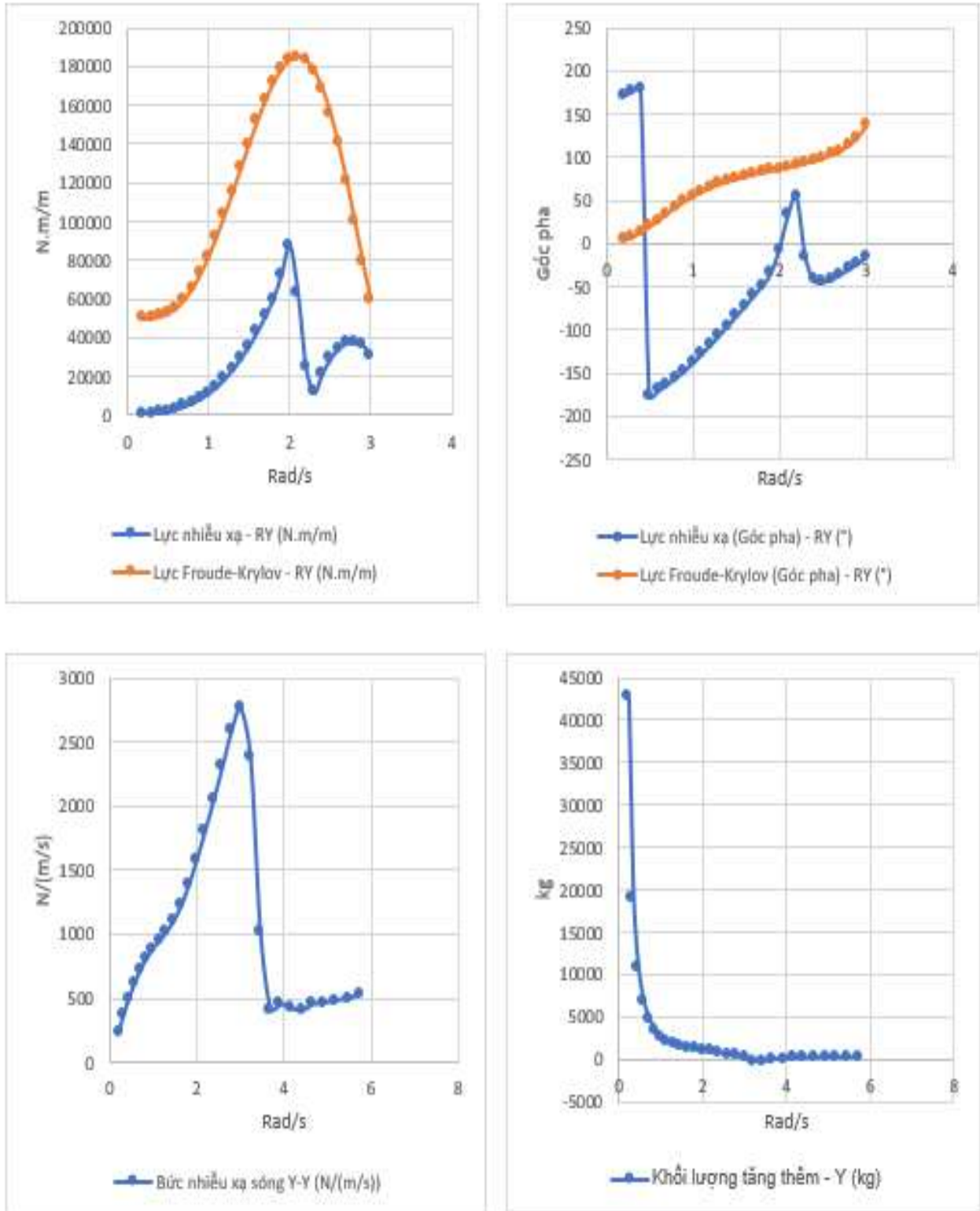
Hình 4.71 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 45°.



Hình 4.72 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 90°.

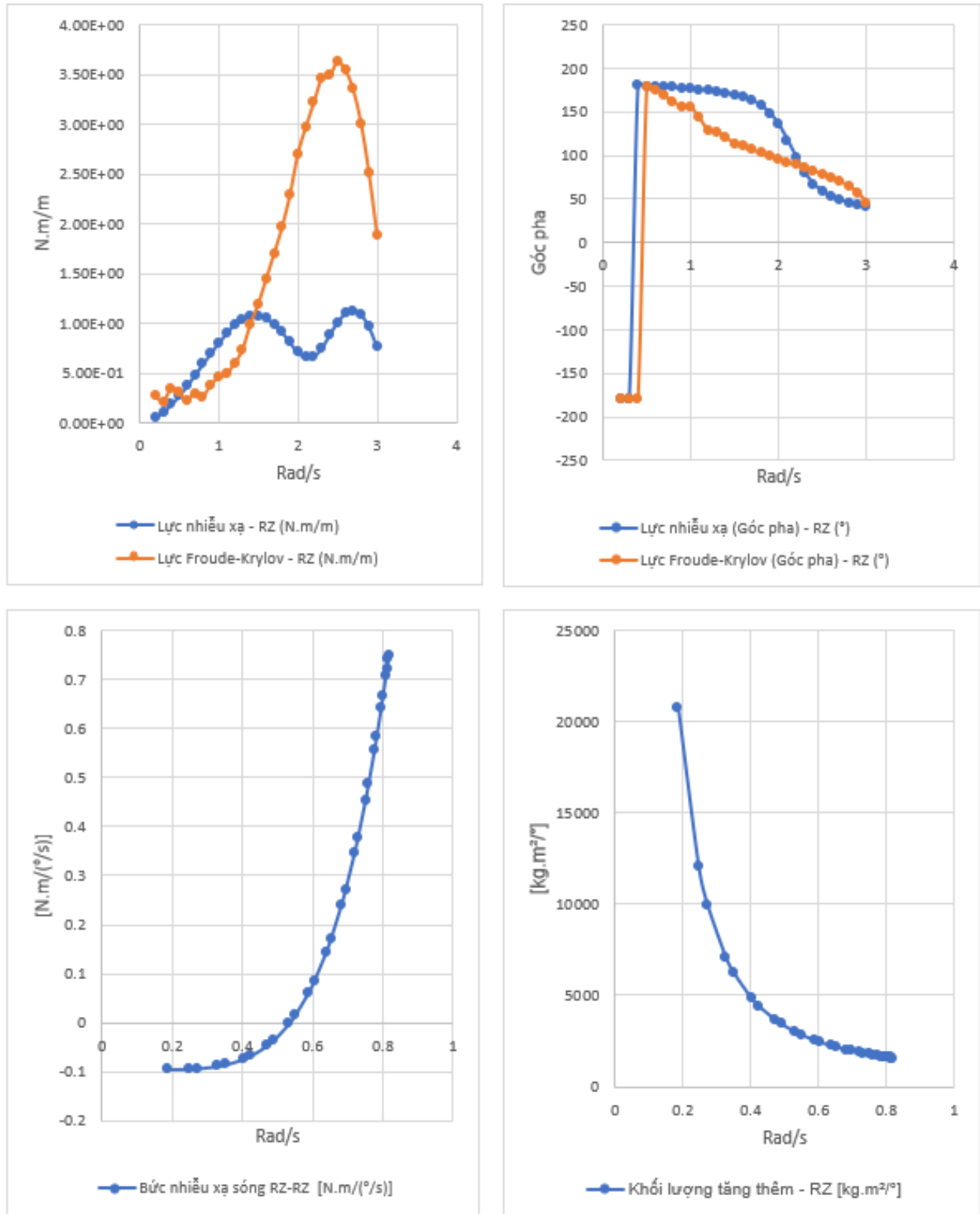


Hình 4.73 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 135°.

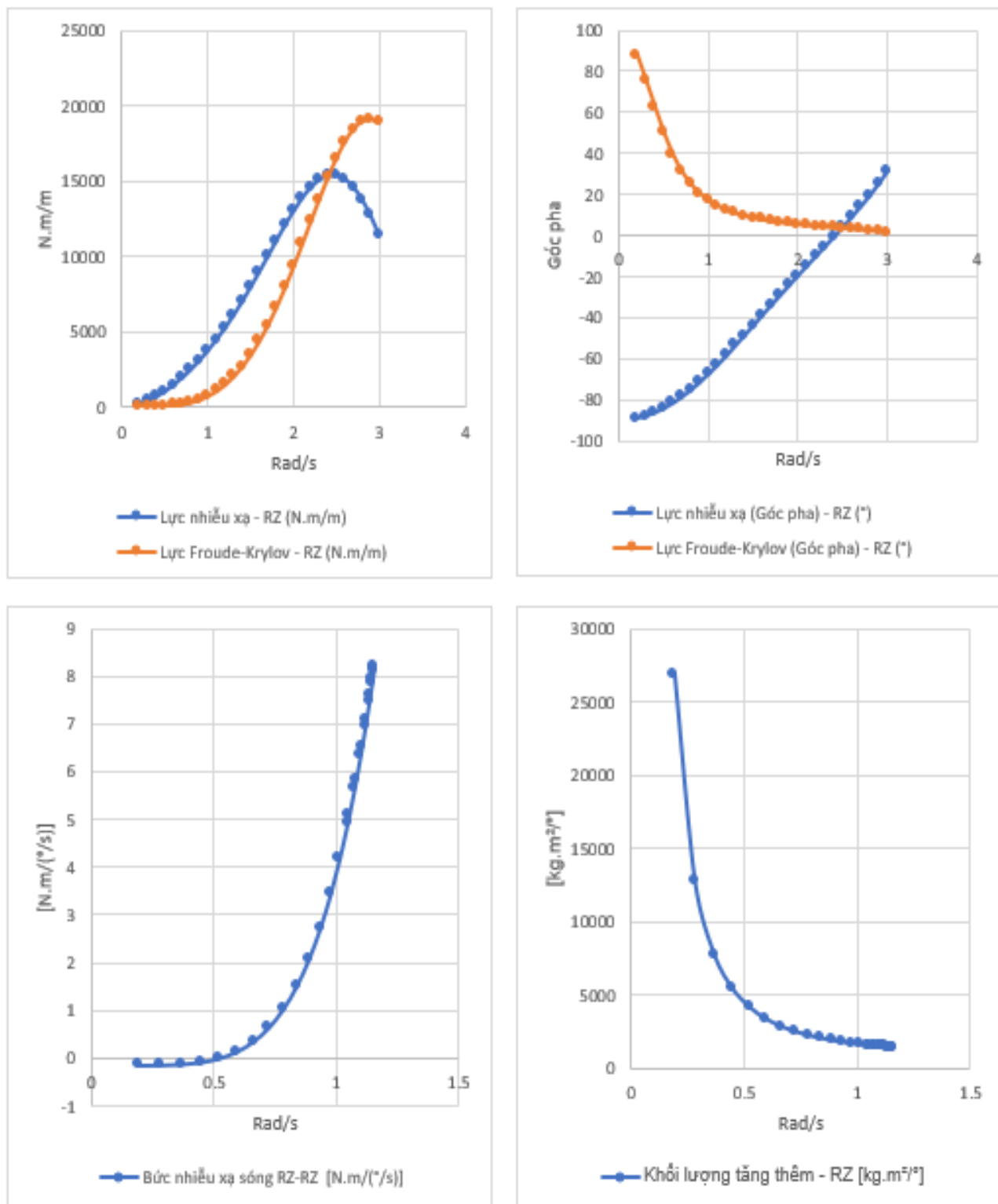


Hình 4.74 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 180°.

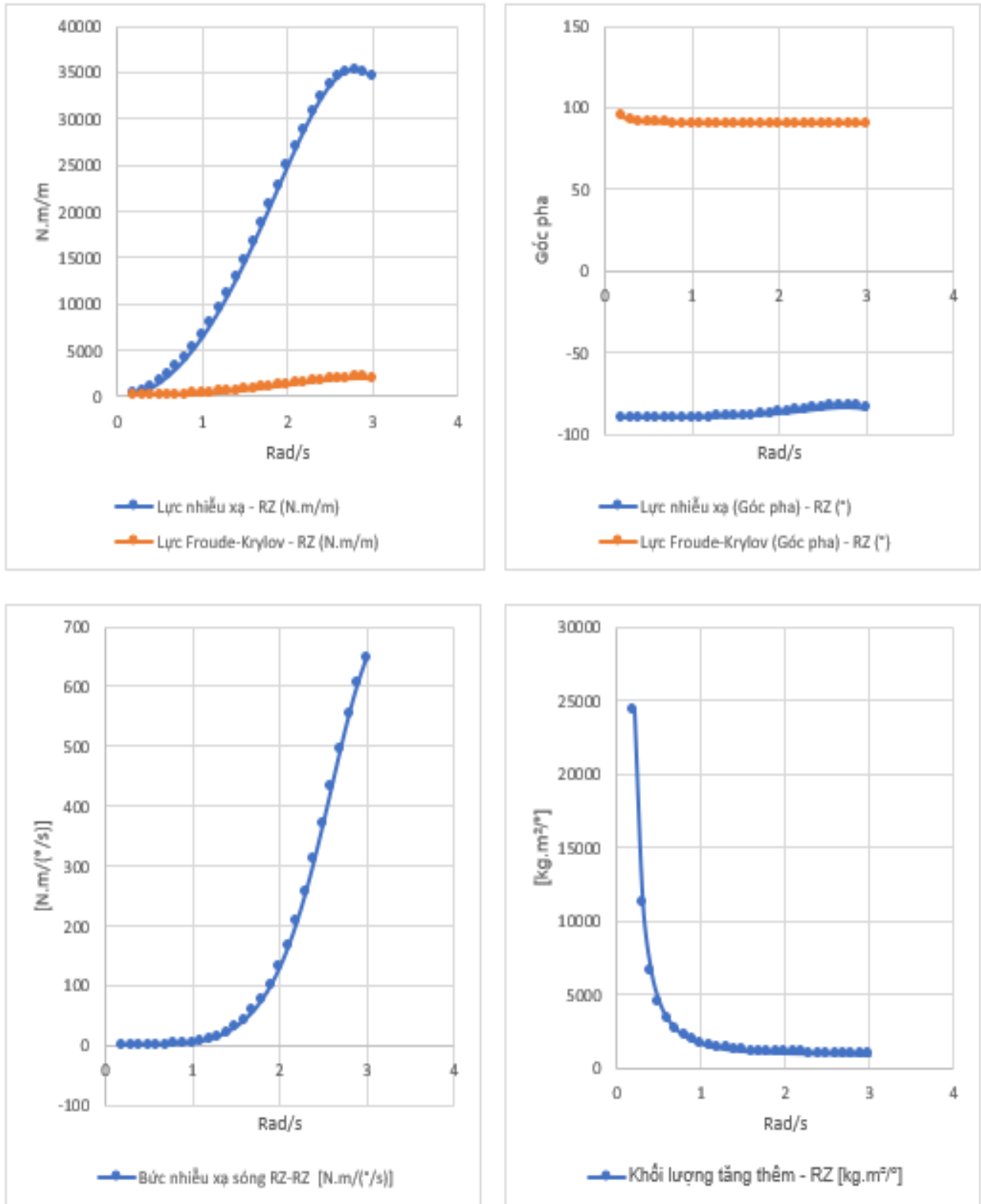
❖ Chuyển động quay trở



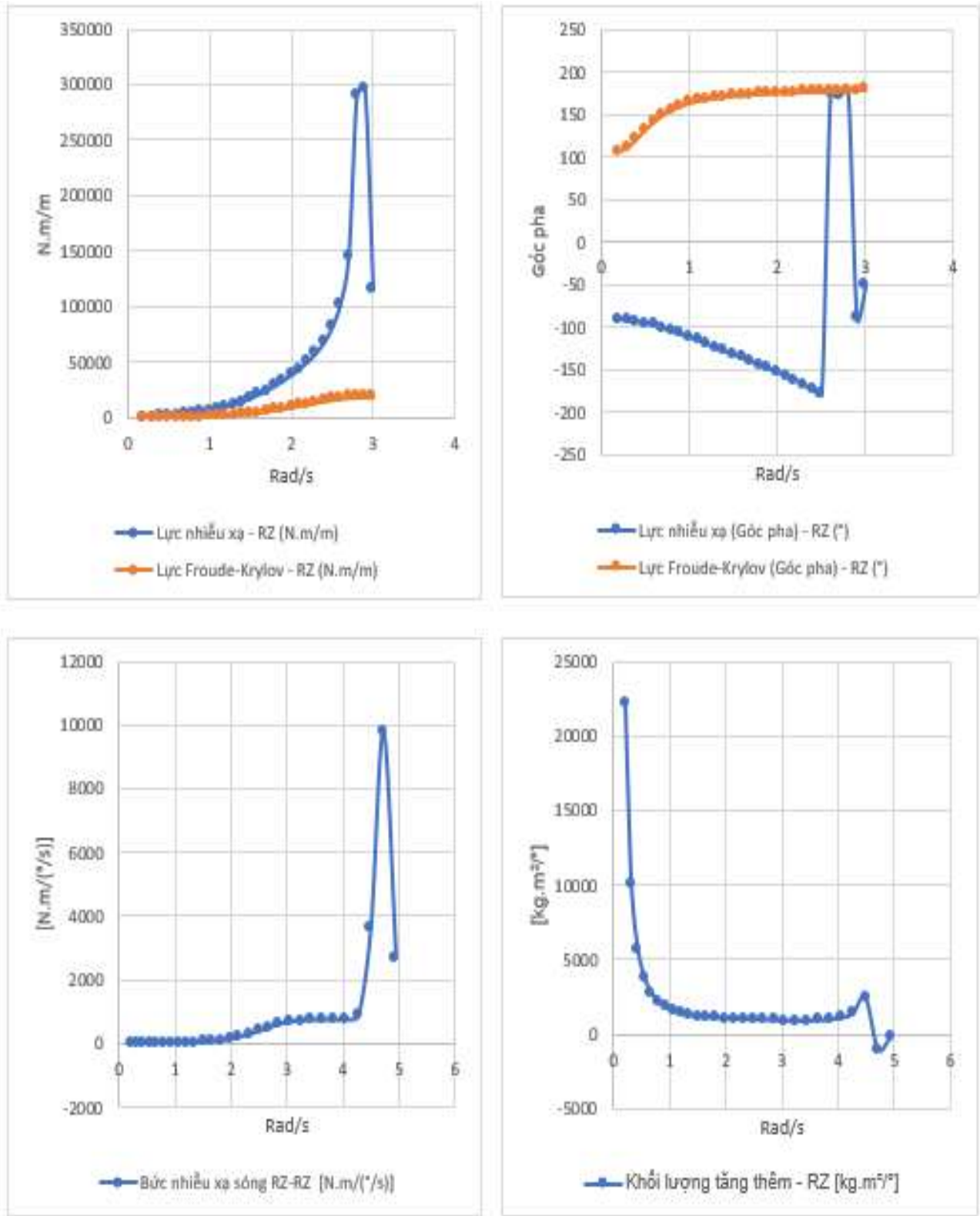
Hình 4.75 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 0°.



Hình 4.76 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 45°.

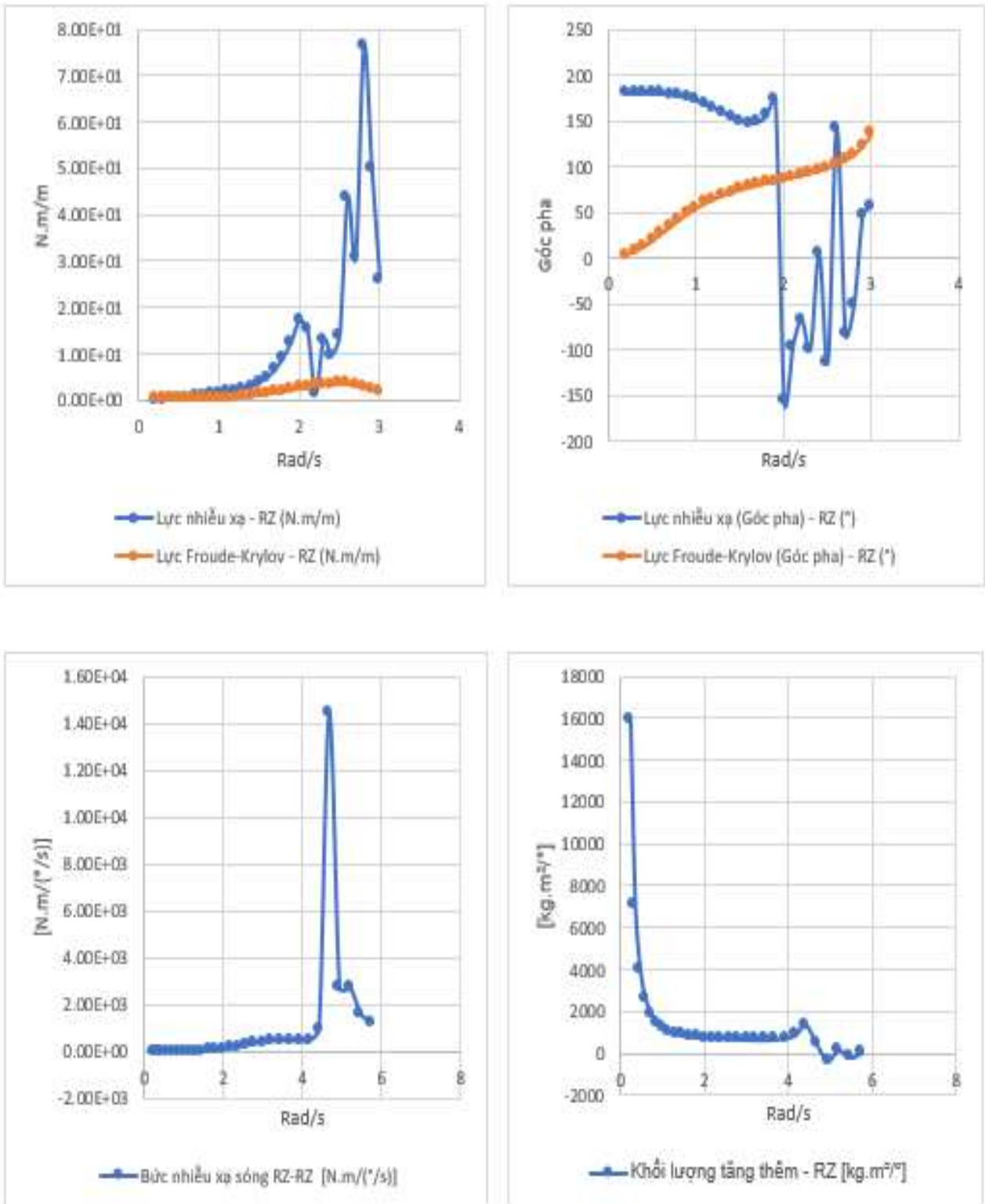


Hình 4.77 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 90°.



Hình 4.78 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 135°.

Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran



Hình 4.79 Lực nhiễu xạ, lực Froude-Krylov, bức xạ nhiễu sóng và khối lượng tăng thêm góc 180°.

## **Chương 5: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN**

### **5.1. Kết luận nghiên cứu cho phép rút ra một số kết luận sau:**

- Khả năng sử dụng kết hợp phần mềm thiết kế tàu AutoCad, Rhino và phần mềm phân tích Ansys Aqwa để thực hiện mô phỏng và phân tích thủy động lực học cho bài toán tàu chuyển động trên sóng là khả thi. Kết quả này cũng đã được em sử dụng để khảo sát mô hình tàu đã có đầy đủ số liệu thực nghiệm và được trình bày cụ thể như trên.
- Kết quả nghiên cứu cũng sẽ là cơ sở quan trọng để giải quyết nhiều bài toán hiện vẫn chưa có được phương pháp nghiên cứu và lời giải chính xác như chuyển động tàu trên sóng điều hòa, tính sức cản, phân tích ảnh hưởng của sóng biển, của các tải trọng trên tàu, kể cả tải trọng lỏng đến chuyển động của tàu, ảnh hưởng của lắc v.v...
- Kết quả nghiên cứu sẽ mở ra nhiều hướng nghiên cứu quan trọng trong lĩnh vực kỹ thuật tàu thủy, lĩnh vực vẫn còn nhiều vấn đề chưa được nghiên cứu triệt để bởi hạn chế về điều kiện thực nghiệm, thậm chí trong nhiều trường hợp là không thể thực hiện được, nhất là ở điều kiện kinh tế - kỹ thuật vẫn còn nhiều hạn chế như nước ta hiện nay.
- Trong mảng mô hình và chuyển động Delft 372 Catamaran trên sóng điều hòa ở vùng nước cạn thực hiện dựa trên phương pháp phần tử biên RAO đối với các hướng sóng khác nhau các kết luận được em rút ra như sau:
  - + Kết quả mô phỏng được đánh giá, kiểm nghiệm và kiểm tra có độ chính xác cao khi được so sánh với kết quả thí nghiệm của tàu cùng loại.
  - + Chuyển động lắc ngang khi thực hiện chuyển động này chưa chính xác vì trong quá trình thực hiện đã bỏ qua sự ảnh hưởng của lực cản nhớt. Vì vậy, cần tiếp tục kiểm tra và đánh giá các thành phần chuyển động này trong lần nghiên cứu tiếp theo.

### **5.2. Hướng phát triển**

- Nâng cao tính năng tự động hoá, tăng khả năng hoạt động độc lập trong điều kiện môi trường phức tạp.
- Nâng cấp USV theo hướng chỉ huy kiểm soát, chia sẻ thông tin và phối hợp liên lạc nhanh chóng.

*Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran*

- Mở rộng và kéo dài phạm vi hải trình liên tục.
- Tối ưu hoá cấu tạo.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- Broglia, R. Bouscasse, B. Jacob, B. Olivieri, A. Zaghi, S. and Stern, F.(2011), "Calm Water and Seakeeping Investigation for a Fast Catamaran", 11th International Conference on Fast Sea Transportation FAST 2011. [1]
- Kayhan Ulgen and Manhar R. Dhanak, "Hydrodynamic Performance of a Catamaran in Shallow Waters". [2]
- Broglia R, Di Mascio A, Amati G (2007) A parallel unsteady RANS code for the numerical simulations of free surface flows. In: "Proceedings of 2nd international conference on marine research and transportation, Ischia, Naples, Italy". [3]
- V. Lewis, "Principles of Naval Architecture." The Society of Naval Architects and Marine Engineers, United States of America. [4]
- Trần Công Nghị, "Lý thuyết tàu tập 2", TP Hồ Chí Minh, 2009. [5]
- Lương Văn Hải, Trần Minh Phương, Nguyễn Xuân Vũ và Nguyễn Thành An, "Phân tích ảnh hưởng sóng biển đến đáp ứng động lực học kết cấu tấm nổi VLFS sử dụng phương pháp kết hợp BEM." [6]

## **PHỤ LỤC**

*Thiết kế phương tiện bề mặt không người lái loại Catamaran*