

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT
TRƯỜNG ĐẠI HỌC LÂM NGHIỆP

NGUYỄN THÁI VÂN

NGHIÊN CỨU ĐỘNG LỰC HỌC CHUYỂN ĐỘNG CỦA
XUÔNG CHỮA CHÁY RỪNG TRÀM

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Hà Nội – 2017

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT
TRƯỜNG ĐẠI HỌC LÂM NGHIỆP

Nguyễn Thái Vân

**NGHIÊN CỨU ĐỘNG LỰC HỌC CHUYỂN ĐỘNG CỦA
XUÔNG CHỮA CHÁY RỪNG TRÀM**

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ
MÃ SỐ: 62520103

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC
1. PGS.TS DƯƠNG VĂN TÀI
2. PGS.TS CAO HÙNG PHI

Hà Nội - 2017

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu khoa học của riêng tôi đã được sự hướng dẫn khoa học của PGS.TS Dương Văn Tài và PGS.TS Cao Hùng Phi. Các số liệu, kết quả trong luận án này là trung thực và chưa từng được công bố ở bất kỳ công trình nghiên cứu khoa học nào khác.

Hà Nội, ngày tháng năm 2016.

Tác giả luận án

Nguyễn Thái Vân

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên, tôi xin chân thành bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới tập thể thầy hướng dẫn khoa học PGS.TS Dương Văn Tài và PGS.TS Cao Hùng Phi đã tận tình giúp đỡ, hướng dẫn, định hướng và hỗ trợ tạo mọi điều kiện tốt nhất cho tôi trong quá trình nghiên cứu luận án với sự tận tâm, trách nhiệm và mang tính khoa học cao.

Trân trọng cảm ơn lãnh đạo trường Đại học Lâm nghiệp, khoa Cơ điện và Công trình, Trung tâm Thí nghiệm thuộc khoa Cơ điện và Công trình trường Đại học Lâm nghiệp đã giúp đỡ, tạo điều kiện thuận lợi về mọi mặt trong suốt thời gian tôi học tập và nghiên cứu.

Trân trọng lãnh đạo trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi hoàn thành luận án này.

Tôi xin trân trọng cảm ơn các nhà khoa học thuộc lĩnh vực cơ khí động lực của trường Đại học Lâm nghiệp, Đại học Bách Khoa Hà Nội, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã giúp đỡ tôi hoàn thành luận án.

Xin chân thành cảm ơn lãnh đạo và nhân viên vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang, vườn quốc gia Tràm Chim tỉnh Đồng Tháp đã nhiệt tình giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi cho chúng tôi tiến hành thí nghiệm, khảo nghiệm và ứng dụng xuống chữa cháy vào công tác bảo vệ, phòng cháy và chữa cháy rừng tràm.

Tác giả luận án

Nguyễn Thái Vân

MỤC LỤC

	Trang
LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	iv
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	viii
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	xii
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	xiii
MỞ ĐẦU.....	1
Chương 1 TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU.....	4
1.1. Khái quát về rừng tràm và tình hình cháy rừng tràm ở Việt Nam	4
1.1.1. Diện tích và sự phân bố rừng tràm.....	4
1.1.2. Đặc điểm sinh thái của rừng Tràm.....	4
1.1.3. Đặc điểm về kênh mương khu vực rừng tràm	6
1.1.4. Tình hình cháy rừng tràm ở Việt Nam.....	7
1.1.5. Các thiết bị chữa cháy rừng tràm	8
1.1.6. Những tồn tại và hạn chế của xuồng chữa cháy rừng hiện đang sử dụng trong thực tế.....	10
1.1.7. Những vấn đề luận án cần nghiên cứu giải quyết	Error! Bookmark not defined.
1.2. Tổng quan các công trình nghiên cứu về động lực học của xuồng chữa cháy rừng tràm.....	10
1.2.1. Các công trình nghiên cứu về động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy trên thế giới.....	10
1.2.2. Các công trình nghiên cứu động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng tràm ở Việt Nam	11
1.3. Mục tiêu nghiên cứu của luận án	13
1.4. Giới hạn và phạm vi nghiên cứu	13
1.5. Nội dung nghiên cứu.....	14

1.5.1. Nghiên cứu lý thuyết.....	15
1.5.2. Nghiên cứu thực nghiệm.....	15
1.6. Đối tượng nghiên cứu.....	15
1.6.1. Cấu tạo và thông số kỹ thuật của xuồng chữa cháy rừng trà.....	16
1.6.2. Đặc điểm điều kiện, môi trường làm việc của xuồng chữa cháy rừng	17
1.6.3. Yêu cầu kỹ thuật của xuồng chữa cháy rừng trà.....	17
1.7. Phương pháp nghiên cứu.....	18
1.7.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết	18
1.7.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm	20
Chương 2 XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CHUYỂN ĐỘNG CỦA XUỒNG CHỮA CHÁY RỪNG TRÀM	22
2.1. Xác định các thành phần lực tác dụng lên xuồng khi xuồng chuyển động chữa cháy rừng trà	22
2.1.1. Mô hình các thành phần lực tác dụng lên xuồng trong quá trình chuyển động chữa cháy rừng	22
2.1.2. Xác định các thành phần lực tác dụng lên xuồng	23
2.2. Xây dựng hệ trục tọa độ nghiên cứu động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng trà	28
2.3. Xây dựng mô hình và thiết lập phương trình vi phân chuyển động của xuồng chữa cháy rừng	30
2.3.1. Xây dựng mô hình và thiết lập phương trình động lực học khi xuồng chuyển động thẳng	32
2.3.2. Xây dựng mô hình động lực học ổn định hướng chuyển động của xuồng khi vừa chạy vừa phun nước chữa cháy	38
2.3.3. Xây dựng mô hình ổn định chống lật khi xuồng quay vòng rẽ sang kênh vuông góc	45
Chương 3 KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ ĐỘNG LỰC HỌC ĐẾN CHUYỂN ĐỘNG VÀ ỔN ĐỊNH CỦA XUỒNG CHỮA CHÁY RỪNG TRÀM	55
3.1. Phần mềm khảo sát động lực học của xuồng chữa cháy rừng	55

3.2. Sơ đồ mô phỏng hệ phương trình vi phân chuyển động của xuồng chữa cháy rừng	Error! Bookmark not defined.
3.3. Các thông số đầu vào để khảo sát phương trình động lực học của xuồng chữa cháy rừng.....	57
3.4. Kết quả khảo sát các phương trình động lực học của xuồng chữa cháy	59
3.4.1. Kết quả khảo sát phương trình vi phân chuyển động thẳng của xuồng	59
3.4.2. Kết quả khảo sát phương trình vi phân ổn định hướng chuyển động của xuồng khi phun nước chữa cháy	63
3.4.3. Kết quả khảo sát phương trình vi phân ổn định chống lật của xuồng khi quay vòng rẽ nhánh sang kênh vuông góc	65
3.5. Xác định các thông số hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng tràn	68
3.5.1. Thông số kết cấu của xuồng chữa cháy rừng	68
Chương 4. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM.....	71
4.1. Mục tiêu và nhiệm vụ của nghiên cứu thực nghiệm	71
4.1.1. Mục tiêu nghiên cứu thực nghiệm	71
4.1.2. Nhiệm vụ nghiên cứu thực nghiệm	72
4.2. Đối tượng nghiên cứu thực nghiệm	72
4.3. Phương pháp xác định các đại lượng nghiên cứu	72
4.3.1. Phương pháp xác định mô men quán tính của xuồng	73
4.3.2. Phương pháp xác định tọa độ trọng tâm của xuồng chữa cháy rừng tràn.....	76
4.3.3. Phương pháp xác định lực cản tổng hợp của xuồng với các chướng ngại vật trên kênh.....	79
4.3.4. Phương pháp xác định lực đẩy lớn nhất chân vịt.....	80
4.3.5. Phương pháp xác định vận tốc xuồng ứng với các góc đặt trục chân vịt khác nhau	80
4.3.6. Phương pháp xác định lực đẩy của vòi phun nước chữa cháy đặt trên xuồng	81
4.3.7. Phương pháp xác định góc lắc ngang của xuồng (độ chòng chành) khi các thiết bị công tác trên xuồng hoạt động	81
4.3.8. Phương pháp xác định góc nghiêng ngang (góc lật) của xuồng khi quay vòng rẽ vào kênh vuông góc	82

4.3.9. Phương pháp xác định vận tốc của xuồng	83
4.3.10. Phương pháp xác định độ ổn định hướng chuyển động theo phương OX của xuồng.....	84
4.4. Thiết bị đo và cảm biến đo.....	84
4.4.1. Thiết bị khuếch đại.....	84
4.4.2. Cảm biến đo	85
4.5. Tổ chức và tiến hành thí nghiệm.....	87
4.5.1. Đo lực cản chuyển động của xuồng	87
4.5.2. Đo lực đẩy chân vịt của xuồng chữa cháy rừng.....	88
4.5.4. Đo góc lắc (độ chòng chành) của xuồng khi các thiết bị trên xuồng đang hoạt động.....	91
4.5.5. Đo lực của vòi phun nước chữa cháy.....	91
4.5.6. Đo vận tốc chuyển động của xuồng trên kênh có nhiều chướng ngại vật	92
4.6. Xử lý kết quả thí nghiệm.....	92
4.7. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm	93
4.7.1. Xác định mô men quán tính, tọa độ trọng tâm và các thông số hình dạng xuồng.....	93
4.7.2. Xác định hệ số cản chuyển động giữa xuồng với các chướng ngại vật trên kênh	94
4.7.3. Xác định vận tốc của xuồng chữa cháy rừng ứng với các góc đặt trục chân vịt khác nhau.....	95
4.7.5. Xác định góc nghiêng ngang (góc lật) khi xuồng quay vòng	96
4.7.6. Xác định lực vòi phun nước chữa cháy.....	96
4.7.7. Xác định góc ổn định hướng chuyển động	97
4.8. So sánh kết quả tính toán lý thuyết với thực nghiệm.....	97
4.8.1. So sánh vận tốc chuyển động của xuồng khi di chuyển trên kênh có chướng ngại vật.....	98
4.8.2. So sánh góc lệch hướng chuyển động khi xuồng vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy	98
4.8.3. So sánh nghiêng ngang của xuồng khi quay vòng rẽ nhánh	99

4.9. Xác định các thông số kỹ thuật để hoàn thiện xuống chữa cháy rừng.....	100
4.9.1. Xác định góc đặt trục chân vịt	100
4.9.2. Xác định công suất động cơ	101
4.9.3. Xác định vị trí, góc đặt vòi phun nước chữa cháy trên xuống	101
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	104
DANH MỤC CÁC BÀI BÁO ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN	106
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	107
PHỤ LỤC	

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

TT	Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
1	a_0	m	Khoảng cách từ trọng tâm xuồng đến tâm hệ trục chân vịt (O_1O_2)
2	a_1	m	Khoảng cách từ trọng tâm xuồng đến tâm chân vịt (O_1C)
3	a_2	m	Khoảng cách từ trọng tâm xuồng đến tâm diện tích cản của xuồng (O_1A)
4	a_3	m	Khoảng cách từ trọng tâm xuồng đến điểm đặt vòi phun nước chữa cháy O_1D
5	a_T	m	Khoảng cách từ tâm diện tích cản bên phía trước đến trọng tâm thân xuồng
6	a_S	m	Khoảng cách từ tâm diện tích cản bên phía sau đến trọng tâm thân xuồng
7	A/D	-	Bộ chuyển đổi tín hiệu dạng tương tự sang dạng số
8	b_1, b_{ph}	m	Khoảng cách tọa độ trọng tâm đến mạn phải của xuồng theo phương OX
9	b_2, b_{tr}	m	Khoảng cách tọa độ trọng tâm đến mạn trái của xuồng theo phương OX
10	F_{bl}	daN	Lực cản của nước tác dụng vào bánh lái
11	F_x	daN	Lực cản của nước tác dụng vào bánh lái theo phương OX
12	F_z	daN	Lực cản của nước tác dụng vào bánh lái theo phương OZ
13	F_{cx}	daN	Lực cản chuyển động của xuồng
14	F_{lt}	daN	Lực ly tâm của xuồng khi quay vòng
15	F_{px}	daN	Lực vòi phun nước chữa cháy theo phương OX
16	F_{py}	daN	Lực vòi phun nước chữa cháy theo phương OY
17	F_{pz}	daN	Lực vòi phun nước chữa cháy theo phương OZ
18	F_{vp}	daN	Lực vòi phun nước chữa cháy

19	F_{cvy}	daN	Lực đẩy chân vịt theo phương OY
20	F_{cvx}	daN	Lực đẩy chân vịt theo phương OX
21	F_{cqs}	daN	Lực cản quay xuồng do nước gây ra phía bên mạn sau xuồng
22	F_{cqt}	daN	Lực cản quay xuồng do nước gây ra phía bên mạn trước xuồng
23	g	m/s^2	Gia tốc trọng trường
24	G	KG	Trọng lượng toàn bộ của xuồng
25	h	m	Cao độ trọng tâm xuồng
26	h_0	m	Chiều cao O_1O_2
27	h_1	m	Chiều cao O_1C
28	h_2	m	Chiều cao O_1A
29	h_3	m	Chiều cao O_1D
30	I_{1x}	$kg.m^2$	Mô men quán tính của xuồng theo phương OX
31	I_{1y}	$kg.m^2$	Mô men quán tính của xuồng theo phương OY
32	I_2	$kg.m^2$	Mô men quán tính của trục chân vịt
33	J_{ix}	$kg.m^2$	Mô men quán tính đối với trục OX
34	J_{iy}	$kg.m^2$	Mô men quán tính đối với trục OY
35	J_{iz}	$kg.m^2$	Mô men quán tính đối với trục OZ
36	J_{T_1}, J_{T_2}	-	Các Jacobi tịnh tiến của hệ
37	J_{R_1}, J_{R_2}	-	Các Jacobi quay của hệ
38	k	-	Hệ số cản tổng hợp
39	l_1	m	Khoảng cách tọa độ trong tâm đến mũi xuồng
40	l_2	m	Khoảng cách tọa độ trong tâm đến đuôi xuồng
41	L	m	Khoảng cách giữa hai điểm đặt bàn cân trọng lượng xuồng
42	L_2	m	Khoảng cách O_1O_2 trong mặt phẳng XOZ
43	L_3	m	Khoảng cách O_1O_3 trong mặt phẳng XOZ
44	m_1	kg	Khối lượng của xuồng
45	m_2	kg	Khối lượng trục chân vịt

46	M	kg	Khối lượng toàn bộ xuồng
47	M_c	Nm	Mô men cản
48	M_{cx}	Nm	Mô men cản quay của xuồng quanh trục OX
49	M_{cy}	Nm	Mô men cản quay của xuồng quanh trục OY
50	M_x	Nm	Mô men quay của xuồng quanh trục OX
51	M_y	Nm	Mô men quay của xuồng quanh trục OY
52	M_{tr}	kg	Khối lượng toàn bộ phân bố bên phải xuồng
53	M_{ph}	kg	Khối lượng toàn bộ phân bố bên trái xuồng
54	$M(q)$	-	Ma trận khối lượng của hệ
55	N	daN	Lực nổi (lực đẩy Ac-si-mét)
56	O_1	-	Trọng tâm xuồng chữa cháy
57	O_2	-	Tâm hệ trục chân vịt
58	O_3	-	Tâm bánh lái
59	P_e	kW	Công suất động cơ
60	P_s	kW	Công suất cần thiết cho xuồng chữa cháy
61	Q	-	Tọa độ suy rộng của hệ
62	Q^*	-	Lực suy rộng
63	r_1	-	Véc tơ tọa độ khối tâm của thân xuồng
64	r_2	-	Véc tơ tọa độ khối tâm của trục chân vịt
65	R	daN	Lực cản tổng hợp của xuồng
66	R_{cqx}	daN	Lực cản quay xuồng quanh trục OX
67	R_{cqy}	daN	Lực cản quay xuồng quanh trục OY
68	S_{bl}	m^2	Diện tích bánh lái
69	S_n	m^2	Diện tích cản trực diện
70	S_{cqs}	m^2	Diện tích phần thành xuồng tiếp xúc với nước gây ra lực cản ở phía sau
71	S_{cqt}	m^2	Diện tích phần thành xuồng tiếp xúc với nước gây ra lực cản ở phía trước
72	T	-	Động năng của hệ
73	v	m/s	Vận tốc xuồng

74	X_A	daN	Lực cản tổng hợp của xuồng theo phương OX
75	X_C	daN	Lực đẩy chân vịt theo phương OX
76	X_D	daN	Lực vòi phun nước chữa cháy theo phương OX
77	Y_A	daN	Lực cản tổng hợp xuồng theo phương OY
78	Y_C	daN	Lực đẩy chân vịt theo phương OY
79	Y_D	daN	Lực vòi phun nước chữa cháy theo phương OY
80	Z_{CN}	daN	Lực cản xuồng theo phương OZ
81	Z_D	daN	Lực vòi phun nước chữa cháy theo phương OZ
82	Π	J	Thế năng của hệ
83	α_0	độ	Góc hợp O_1O_2 và O_1X_1
84	α_1	độ	Góc hợp O_1C và O_1X_1
85	α_2	độ	Góc hợp O_1A và O_1X_1
86	α_3	độ	Góc hợp O_1D và O_1X_1
87	β_x	độ	Góc phun nước so với phương OX
88	β_z	độ	Góc phun nước so với phương OY
89	β_y	độ	Góc phun nước so với phương OZ
90	θ	độ	Góc lệch hướng của xuồng so với trục OX
91	δ	độ	Góc đánh lái
92	φ_1	độ	Góc nghiêng dọc (góc nâng mũi xuồng)
93	φ_2	độ	Góc quay của trục chân vịt
94	ψ	độ	Góc nghiêng ngang của xuồng (góc lật)
95	ω	độ	Vận tốc góc của trục chân vịt

DANH MỤC CÁC BẢNG

TT	Tên bảng	Trang
1.1	Thông số kỹ thuật của xuồng chữa cháy rừng trầm do đề tài trọng điểm cấp nhà nước mã số KC07.13/06-10 thiết kế chế tạo	16
3.1	Các thông số đầu vào của hệ phương trình vi phân	58
4.1	Các thông số kỹ thuật của xuồng	93
4.2	Hệ số cản chuyển động giữa xuồng với các chướng ngại vật trên kênh	93
4.3	Hệ số cản chuyển động của xuồng ứng với các biên dạng mũi xuồng khác nhau	94
4.4	Vận tốc của xuồng ứng với các góc đặt trục chân vịt khác nhau	94
4.5	Góc lắc ngang của xuồng khi các hệ thống công tác trên xuồng hoạt động	95
4.6	Góc lật của xuồng khi quay vòng rẽ nhánh	95
4.7	Lực vòi phun nước ứng với các trạng thái phun khác nhau	96
4.8	Góc lệch hướng chuyển động của xuồng chữa cháy ứng với các tốc độ khác nhau	96
4.9	So sánh vận tốc chuyển động của xuồng tính theo mô hình lý thuyết và thực nghiệm.	97
4.10	So sánh góc lệch hướng chuyển động của xuồng tính theo mô hình lý thuyết và thực nghiệm.	98
4.11	So sánh góc lật của xuồng tính theo mô hình lý thuyết và thực nghiệm	98
4.12	So sánh một số chỉ tiêu kỹ thuật của xuồng đang sử dụng với xuồng nghiên cứu cải tiến	101

DANH MỤC CÁC HÌNH

TT	Tên hình	Trang
1.1	Vật liệu cháy trong rừng tràm	5
1.2	Chướng ngại vật trên kênh ở rừng tràm U Minh Thượng	7
1.3	Hình ảnh cháy rừng tràm U Minh Thượng 2002	8
1.4	Máy bơm nước chữa cháy rừng tại vườn quốc gia U Minh Hạ	8
1.5	Xuồng chữa cháy rừng tràm đang sử dụng tại rừng U Minh Thượng	9
1.6	Cấu tạo của xuồng chữa cháy rừng tràm	16
2.1	Sơ đồ lực tác dụng lên xuồng trong quá trình vừa chuyển động vừa phun nước chữa cháy mặt phẳng XOY	22
2.2	Sơ đồ lực tác dụng lên xuồng trong quá trình chuyển động trong mặt phẳng XOZ khi phun nước chữa cháy	23
2.3	Sơ đồ lực tác dụng lên xuồng trong quá trình chuyển động trong mặt phẳng XOZ khi xuồng quay vòng, rẽ sang kênh nhánh	23
2.4	Trạng thái cân bằng của xuồng	26
2.5	Mô men phục hồi	27
2.6	Mô hình tổng quát hệ trục tọa độ động lực học chuyển động của xuồng	29
2.7	Xuồng chữa cháy rừng tràm	30
2.8	Sơ đồ lực tác dụng lên xuồng khi xuồng chuyển động thẳng không phun nước chữa cháy	32
2.9	Sơ đồ lực tác dụng khi xuồng vừa chuyển động thẳng vừa phun nước chữa cháy trong mặt phẳng đứng dọc XOY	39
2.10	Sơ đồ lực tác dụng khi xuồng vừa chuyển động thẳng vừa phun nước chữa cháy trong mặt phẳng đứng dọc XOZ	39
2.11	Sơ đồ động học và xác định lực cản khi xuồng quay vòng	44
2.12	Xuồng chữa cháy rừng khi chuyển động quay vòng	46
2.13	Sơ đồ lực tác dụng lên xuồng khi quay vòng trong mặt phẳng XOZ	47
2.14	Sơ đồ lực tác dụng lên xuồng khi quay vòng trong mặt phẳng YOZ	47
2.15	Sơ đồ xác định lực tác dụng lên bánh lái khi xuồng quay vòng	47
3.1	Sơ đồ khảo sát động lực học chuyển động thẳng của xuồng chữa cháy	56
3.2	Sơ đồ khảo sát ổn định hướng chuyển động của xuồng khi vừa chuyển động thẳng vừa phun nước chữa cháy rừng	56

3.3	Sơ đồ khảo sát khi xường quay vòng rẽ vào kênh xường góc	57
3.4	Ảnh hưởng của các giá trị lực cản đến vận tốc của xường	60
3.5	Ảnh hưởng của góc đặt trục chân vịt đến vận tốc của xường	61
3.6	Ảnh hưởng của góc nâng (góc nghiêng dọc) đến vận tốc của xường	61
3.7	Ảnh hưởng của hình dạng mặt cắt ngang mũi xường đến vận tốc	62
3.8	Ảnh hưởng của góc đặt vòi phun nước chữa cháy đến ổn định hướng chuyển động khi xường phun nước chữa cháy	63
3.9	Ảnh hưởng của vị trí đặt vòi phun nước chữa cháy đến ổn định hướng chuyển động khi xường phun nước chữa cháy	64
3.10	Ảnh hưởng của vận tốc xường đến ổn định hướng chuyển động khi xường phun nước chữa cháy	64
3.11	Ảnh hưởng của vận tốc xường đến góc nghiêng ngang khi xường quay vòng rẽ sang kênh vuông góc	65
3.12	Ảnh hưởng của góc đánh lái xường đến góc nghiêng ngang khi xường quay vòng rẽ sang kênh vuông góc	66
3.13	Ảnh hưởng của tiết diện ngang S_n đến góc nghiêng ngang khi xường quay vòng rẽ sang kênh vuông góc	66
3.14	Ảnh hưởng của cao độ trọng tâm đến góc nghiêng ngang khi xường quay vòng rẽ sang kênh vuông góc	67
4.1	Sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị thí nghiệm	71
4.2	Sơ đồ xác định mô men quán tính của xường theo trục OX	73
4.3	Sơ đồ xác định mô men quán tính của xường theo trục OZ	74
4.4	Sơ đồ xác định tọa độ trọng tâm của xường theo chiều dọc	75
4.5	Sơ đồ xác định tọa độ trọng tâm của xường theo chiều ngang	76
4.6	Sơ đồ xác định tọa độ trọng tâm của xường theo chiều cao	77
4.7	Sơ đồ bố trí thí nghiệm xác định lực cản của xường chữa cháy	78
4.8	Sơ đồ thí nghiệm xác định lực đẩy chân vịt của xường	79
4.9	Sơ đồ thí nghiệm khảo sát vận tốc xường ứng với các góc đặt trục chân vịt khác nhau	80
4.10	Sơ đồ thí nghiệm xác định lực đẩy của vòi phun nước chữa cháy	80
4.11	Sơ đồ thí nghiệm xác định góc lác của xường	80
4.12	Sơ đồ bố trí thí nghiệm xác định góc nghiêng ngang (góc lật)	81
4.13	Sơ đồ nguyên lý đo góc nghiêng ngang của xường	82
4.14	Sơ đồ bố trí thí nghiệm xác định góc lệch hướng chuyển động của xường theo phương OX khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy	83

4.15	Thiết bị DMC Plus	84
4.16	Cảm biến đo gia tốc B12/1000	85
4.17	Cảm biến đo lực kéo HBM	85
4.18	Cảm biến đo góc nghiêng ngang	86
4.19	Thí nghiệm đo lực cản	86
4.20	Biểu đồ lực cản chuyển động của xuồng chữa cháy	87
4.21	Thí nghiệm lực đẩy chân vịt của xuồng chữa cháy	87
4.22	Biểu đồ lực đẩy chân vịt của xuồng chữa cháy	88
4.23	Biểu đồ đo góc nghiêng ngang của xuồng chữa cháy	88
4.24	Thí nghiệm đo góc nghiêng khi xuồng quay vòng với góc lái lớn nhất	89
4.25	Thí nghiệm đo góc nghiêng ngang giới hạn (góc lật) của xuồng chữa cháy	89
4.26	Biểu đồ đo góc nghiêng ngang giới hạn (góc lật) của xuồng chữa cháy	89
4.27	Biểu đồ đo gia tốc ngang hai bên mạn xuồng chữa cháy	90
4.28	Thí nghiệm đo lực của vòi phun nước chữa cháy	90
4.29	Biểu đồ đo lực đẩy của vòi phun nước chữa cháy	91
4.30	Thí nghiệm đo vận tốc của xuồng	91

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của vấn đề nghiên cứu

Rừng là lá phổi xanh của toàn nhân loại, nơi dự trữ sinh quyển, có tác dụng điều hòa khí hậu, chống lũ quét, sỏi mòn đất, giữ nước cho hồ thủy điện và là yếu tố quyết định ảnh hưởng đến sự biến đổi khí hậu toàn cầu.

Hiện nay diện tích rừng ở Việt Nam và trên thế giới đang ngày càng bị suy giảm nghiêm trọng, một trong những nguyên nhân gây mất rừng đó là do nạn cháy rừng gây ra. Theo thống kê của cục Kiểm lâm, hàng năm ở Việt Nam có hàng trăm vụ cháy rừng, thiêu hủy hàng nghìn ha rừng, gây thiệt hại hàng nghìn tỷ đồng, làm ảnh hưởng đến môi trường sinh thái.

Việt Nam có khoảng 500.000 ha rừng tràm [25], đây là loại rừng quý hiếm chỉ có ở Việt Nam và một số ít nước, đã được tổ chức Nông lương Liên hợp quốc công nhận là khu dự trữ sinh quyển của thế giới.

Rừng tràm ở nước ta chủ yếu tập trung ở vùng đồng bằng sông Cửu Long, do đặc điểm khí hậu khu vực và sinh thái của rừng tràm mà nguy cơ cháy rừng rất cao, hàng năm xảy ra hàng chục vụ cháy, điển hình là vụ cháy rừng tràm ở Vườn quốc gia U Minh Thượng và U Minh Hạ năm 2002 đã thiêu hủy hàng nghìn ha rừng tràm nguyên sinh.

Song hiện nay việc chữa cháy rừng chủ yếu bằng biện pháp thủ công như dùng cành lá, vôi dập lửa, cào, từ đó dẫn đến năng suất và hiệu quả dập lửa thấp, tốn nhiều công sức và thời gian. Đối với chữa cháy rừng tràm đã sử dụng máy bơm nước khiêng tay, song hạn chế là tính cơ động thấp, chiều dài đường chuyển nước ngắn, từ đó hiệu quả chữa cháy rừng không cao.

Năm 2008, Bộ Khoa học và Công nghệ đã giao cho Trường Đại học Lâm nghiệp chủ trì đề tài trọng điểm cấp nhà nước: “Nghiên cứu công nghệ và thiết kế chế tạo các thiết bị chuyên dụng chữa cháy rừng”, mã số KC07.13/06-10. Một trong những kết quả nghiên cứu của đề tài đã thiết kế chế tạo được xuống chữa cháy rừng tràm, bước đầu khảo nghiệm cho hiệu quả chữa cháy rừng cao, hiện nay xuống chữa cháy rừng tràm đã được sử dụng ở vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang

và một số đơn vị ở đồng bằng sông Cửu Long. Tuy nhiên đề tài chủ yếu tập trung vào khâu thiết kế chế tạo, chưa nghiên cứu sâu về động lực học của xuồng.

Trong quá trình sử dụng xuồng chữa cháy rừng tràn còn có một số hạn chế cần phải hoàn thiện đó là: vận tốc di chuyển của xuồng trên kênh có nhiều chướng ngại vật (bèo tây) còn thấp, từ đó ảnh hưởng đến thời gian tiếp cận đám cháy, xuồng mất ổn định hướng chuyển động khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy và mất ổn định (dễ bị lật) khi xuồng quay vòng và rẽ sang kênh vuông góc.

Để có cơ sở lý thuyết cho việc hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng tràn cần phải nghiên cứu về động lực học chuyển động, ổn định hướng chuyển động và chống lật của xuồng, để từ đó xác định các thông số hợp lý của xuồng nhằm hoàn thiện và nâng cao hiệu quả sử dụng của xuồng chữa cháy rừng tràn.

Xuất phát từ những lý do nêu trên, luận án chọn và thực hiện đề tài: ***“Nghiên cứu động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng tràn”***.

2. Mục tiêu nghiên cứu của luận án

Xây dựng mô hình, thiết lập các phương trình vi phân và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng tràn do Việt Nam chế tạo, để làm cơ sở khoa học cho việc hoàn thiện kết cấu và chế độ sử dụng hợp lý, nhằm nâng cao tốc độ và ổn định chuyển động, đáp ứng yêu cầu của xuồng chữa cháy rừng tràn.

3. Những đóng góp mới của luận án

- ***Về khoa học***

- Luận án đã xây dựng được mô hình động lực học và đã thiết lập được phương trình vi phân chuyển động thẳng của xuồng trên kênh có nhiều chướng ngại vật (bèo tây), phương trình vi phân ổn định hướng chuyển động của xuồng khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy và phương trình vi phân ổn định chống lật của xuồng khi quay vòng rẽ sang kênh vuông góc.

- Luận án đã khảo sát ảnh hưởng của một số thông số đến chỉ tiêu đánh giá khả năng hoạt động của xuồng, kết quả khảo sát đã xác định được một số thông số kết cấu hợp lý của xuồng đó là: góc đặt trục chân vịt hợp lý $\alpha_1 = 16.6$ độ; biên dạng mặt cắt ngang của mũi xuồng dạng hình nêm; góc đặt vòi phun nước theo phương chuyển động

OX của xuồng $\beta_x < 45$ độ; vị trí đặt vòi phun nước chữa cháy cách tọa độ trọng tâm của xuồng về phía bánh lái $a_3 = 1.5$ m; bề rộng tối thiểu của xuồng $B = 1.5$ m và chiều cao tọa độ trọng tâm tối đa $h = 0.4$ m. Kết quả nghiên cứu trên là những đóng góp mới về cơ sở khoa học cho tính toán thiết kế xuồng chữa cháy rừng.

- Luận án đã xây dựng các phương pháp thí nghiệm để đo và xác định: hệ số lực cản của xuồng khi chuyển động trên kênh có bờ tây, lực vòi phun nước chữa cháy, góc nghiêng ngang giới hạn của xuồng khi quay vòng, góc lắc ngang của xuồng khi hoạt động chữa cháy rừng. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm là đóng góp mới cho việc xác định các đại lượng động lực học của xuồng chữa cháy rừng tràn.

- ***Về thực tiễn***

Kết quả nghiên cứu của luận án đã được sử dụng cho việc hoàn thiện thiết kế, tính toán tối ưu cho xuồng chữa cháy rừng tràn, đồng thời xác định chế độ làm việc hợp lý của xuồng hiện có.

4. Bố cục của luận án

Luận án có bố cục gồm có 4 chương, ngoài ra còn có mở đầu và kết luận

- Chương 1: Tổng quan về vấn đề nghiên cứu
- Chương 2: Xây dựng mô hình động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng tràn
- Chương 3: Khảo sát ảnh hưởng của một số thông số động lực học đến chuyển động và ổn định của xuồng chữa cháy rừng tràn
- Chương 4: Nghiên cứu thực nghiệm

Chương 1

TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Khái quát về rừng tràm và tình hình cháy rừng tràm ở Việt Nam

1.1.1. Diện tích và sự phân bố rừng tràm

Rừng tràm phân bố chủ yếu ở vùng Tây Nam Bộ, chúng phát triển chủ yếu trên đất chua phèn, rừng tràm tập trung lớn nhất ở vùng U Minh trong đó U Minh Thượng thuộc tỉnh Kiên Giang có diện tích khoảng 18.053 ha [26], U Minh Hạ thuộc tỉnh Cà Mau với khoảng 8.527 ha [26], vườn quốc gia Tràm Chim thuộc tỉnh Đồng Tháp khoảng 7.313 ha [26] và một số diện tích phân bố chủ yếu ở các tỉnh khác trong khu vực như Long An, Tiền Giang, Hậu Giang, An Giang. Các tỉnh như Quảng Bình, Quảng Trị và Thừa Thiên Huế cũng có tràm bung, tràm bụi phân bố trong tự nhiên... Như vậy rừng tràm phát triển chủ yếu ở vùng đồng bằng sông Cửu Long do vậy địa hình của khu rừng tràm tương đối bằng, độ dốc từ 1 đến 2 độ có xu hướng nghiêng ra biển [26].

Từ năm 1990 đến nay nhiều địa phương, đơn vị đã tích cực trồng mới hàng ngàn ha rừng tràm, hiện có trên 160.000 ha tập trung tại bảy tỉnh đồng bằng sông Cửu Long nhiều nhất là các tỉnh Long An (trồng mới khoảng 60.000 ha), Kiên Giang (45.000 ha), Cà Mau (37.000 ha), Đồng Tháp (trên 10.000 ha) và Tiền Giang (gần 10.000 ha) [26].

1.1.2. Đặc điểm sinh thái của rừng Tràm

Rừng tràm có thành phần động thực vật phong phú, chúng thích nghi với điều kiện thủy văn đặc biệt, một năm sáu tháng ngập nước (mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11), sáu tháng khô hạn (mùa khô từ tháng 11 năm trước đến hết tháng 4 năm sau) nguy cơ xảy ra cháy rừng rất cao.

Hệ thực vật gồm tràm chiếm ưu thế, xen kẽ ở tầng dưới thường gặp nhiều loại thực vật mọc rải rác như mốp, bình bát, dừa, mật cật ... ven kênh, rạch có dừa nước, bung lác, là kê... Tầng cây bụi với các loài mua, mây nước, bông bong ... Tầng cỏ thường mọc dày đặc trên lớp than bùn, trong đó chiếm ưu thế là hai loài quyết và dây choại xen kẽ với sậy cao từ 0.8 đến 1.5m, chúng là nguồn vật liệu cháy khổng lồ.

Hệ động vật rừng tràm bao gồm nhiều loài thú như: hươu, nai, hoẵng, lợn rừng, kỳ đà, tê tê, sóc, khỉ; các loài rắn hổ mang, cạp nong, cạp nia, rắn lục, cá đồng, ếch, lươn... cùng với nhiều sần chim như sếu đầu đỏ, bồ nông, diệc, cò... Ngoài ra, ở rừng tràm còn có nguồn mật ong tự nhiên với sản lượng tương đối cao, có nhiều tổ ong thu hoạch từ 3 đến 10 lít mật/tổ. Hoạt động dùng lửa hun khói thu hoạch mật ong rừng hàng năm đã gây ra nhiều vụ cháy rừng tràm, đặc biệt ở U Minh.

Rừng tràm còn giữ một vị trí cực kỳ quan trọng trong việc phòng hộ, cải tạo và nâng cao độ phì nhiêu của đất, ổn định tầng đất mặt để sản xuất nông nghiệp. Tầng thảm mục ở rừng tràm là kho giữ nước, điều tiết nước ngọt cho sản xuất và đời sống của người dân trong khu vực. Rừng tràm nếu được bao bọc bởi hệ thống kênh mương, đê, đập vững chắc thì khi mùa mưa kết thúc, nước ngọt sẽ không bị rút nhanh ra biển. Nguồn nước được dự trữ trong tầng thảm mục và chứa trong các hang hốc, gốc cây rừng. Đây là nguồn nước ngọt vô cùng quý giá đối với con người ở vùng đất chua phèn Tây Nam Bộ, hạ lưu sông Mê Kông.

Tuy nhiên, rừng tràm tự nhiên có khối lượng vật liệu cháy lớn và phức tạp bao gồm: dây leo chủ yếu là choại, loại dây này len từ dưới đất lên ngọn cây, ngoài dây leo còn có sậy, dương xỉ, tất cả thảm thực bì có chiều dày từ 0.5 đến 0.8m, đây là lớp vật liệu rất dễ cháy, khi cháy rất khó khăn để dập lửa.

Ngoài ra, do rừng tràm ngập nước vào mùa mưa nên có một lớp thảm mục nằm sát mặt đất, dưới lớp thảm mục này là lớp than bùn dày từ 0.4 đến 0.9m, từ đặc điểm của vật liệu cháy nên khi cháy rừng tràm chúng xuất hiện ba dạng cháy đồng thời đó là cháy tán cây, cháy mặt đất (cháy lá khô, cỏ khô) và cháy lớp than bùn (cháy ngầm).



Hình 1.1. Vật liệu cháy trong rừng tràm

Với những đặc điểm sinh thái đặc trưng của rừng tràm khiến cho vật liệu cháy trong rừng tràm rất phức tạp, khối lượng lớn đặc biệt là rừng tràm tự nhiên, mùa khô ở khu vực rừng tràm kéo dài nên độ ẩm của vật liệu cháy rừng thấp, nguy cơ cháy rất cao, khi cháy thì việc chữa cháy hết sức phức tạp do phương tiện chữa cháy khó tiếp cận, khi đám cháy bùng phát sẽ rất khó dập tắt triệt để đám cháy.

1.1.3. Đặc điểm về kênh mương khu vực rừng tràm

Đối với rừng tràm trồng: tất cả các khu rừng tràm trồng đều có hệ thống kênh mương bao xung quanh, khoảng cách giữa hai kênh dao động từ 1 đến 3 km, chiều rộng các kênh từ 2 đến 3 m, chiều sâu từ 1 đến 2 m, về mùa khô mực nước thấp nhất của các kênh là 0.4 đến 0.8 m, trong rừng các kênh mương thông nhau tạo thành mạng lưới giao thông thủy rất thuận lợi cho ghe xuồng hoạt động.

Đối với rừng tràm tự nhiên: chủ yếu là khu bảo tồn và vườn quốc gia đã được đào hệ thống kênh mương tương đối hoàn chỉnh, trong khu rừng có kênh chính và kênh phụ tạo thành mạng lưới cho xuồng và ghe hoạt động, khoảng cách giữa các kênh cách nhau từ 2 đến 6 km, chiều rộng của kênh từ 3 đến 5 m, chiều sâu của kênh từ 2 đến 3 m, mực nước thấp nhất trong mùa khô đối với kênh phụ là 0.5 m, đối với kênh chính là 1 m, các kênh được nối thông nhau tạo thành mạng lưới giao thông phục vụ cho công tác quản lý, tuần tra bảo vệ và chữa cháy rừng.

Kênh mương trong khu vực rừng tràm có đặc điểm đặc biệt là trên mặt kênh có nhiều bèo tây (lục bình) sinh trưởng và phát triển, loại bèo này sinh trưởng và phát triển với mật độ dày đặc trên mặt kênh, chiều cao loại bèo này khoảng 20 đến 40 cm, đây là chướng ngại vật ảnh hưởng đến khả năng di chuyển của tàu thuyền.

Vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang đã đầu tư một hệ thống vớt bèo để tạo mặt thoáng trên kênh giúp cho ghe xuồng di chuyển thuận lợi, nhưng thực hiện không hiệu quả vì sinh trưởng và phát triển của loại bèo tây rất nhanh.

Hiện nay, rừng ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long có khoảng 5.000 km [26] kênh rạch phục vụ cho công tác phòng cháy, chữa cháy rừng và vận chuyển hàng hóa, trong đó khoảng 4.000 km [26] kênh là có bèo tây phát triển cản trở di chuyển của tàu thuyền. Đặc biệt là vườn quốc gia các kênh đều có bèo tây phát triển kín mặt kênh, đây là chướng ngại vật ảnh hưởng lớn đến vận tốc của xuồng.

Khi xuồng di chuyển mặt đáy của xuồng ma sát với bèo tây, nên tạo ra lực ma sát lớn, từ đó tăng hệ số lực cản, dẫn đến tốc độ di chuyển của xuồng thấp không đáp ứng yêu cầu nhanh chóng tiếp cận đám cháy.



Hình 1.2. Chương ngại vật trên kênh ở rừng tràm U Minh Thượng

1.1.4. Tình hình cháy rừng tràm ở Việt Nam

Do đặc điểm về khí hậu ở khu vực rừng tràm là rất khắc nghiệt, sáu tháng mùa khô không có mưa, độ ẩm không khí thấp khoảng 60%, nhiệt độ không khí khoảng từ 30⁰C đến 35⁰C, với điều kiện khí hậu như vậy trong thời gian dài làm cho vật liệu cháy trong rừng rất khô. Đặc điểm sinh thái rừng tràm có nhiều cỏ rác, thảm mục và lá khô nhiều nên nguy cơ cháy rừng rất cao. Vào mùa khô hàng năm tất cả các diện tích có rừng đều có thể xảy ra cháy.

Năm 2002 đã xảy ra vụ cháy rừng tràm ở vườn quốc gia U Minh Thượng và U Minh Hạ kéo dài suốt 38 ngày, thiêu trụi khoảng 9.000 ha rừng tràm nguyên sinh. Vụ cháy rừng lịch sử này khiến Chính phủ đã phải huy động Bộ Quốc phòng, Bộ Công an và lực lượng chữa cháy của nhiều tỉnh, thành phố phía Nam tham gia chữa cháy, nhưng sau 38 ngày thì đám cháy mới được dập tắt. Thiệt hại ước tính cho vụ cháy rừng tràm U Minh năm 2002 lên đến hàng nghìn tỷ đồng.

Ngoài vụ cháy rừng lớn nêu trên thì hàng năm khu vực rừng tràm vẫn xảy ra hàng chục vụ cháy làm thiệt hại hàng trăm ha rừng, năm 2010 cháy rừng ở vườn quốc gia Tràm Chim đã thiêu trụi khảng 600 ha rừng, cháy rừng ở Lâm trường Trần Văn Thời tỉnh Cà Mau đã làm thiệt hại khoảng 500ha rừng.



Hình 1.3. Hình ảnh cháy rừng tràm U Minh Thượng 2002

1.1.5. Các thiết bị chữa cháy rừng tràm

Hiện nay thiết bị chữa cháy rừng tràm là máy bơm nước đặt trên bờ, khi có cháy rừng xảy ra, máy bơm nước được khiêng xuống tắc ráng (còn gọi là võ lã, một loại xuồng nhỏ ở địa phương), sử dụng tắc ráng di chuyển máy bơm đến nơi có cháy rừng xảy ra, sau đó khiêng máy bơm lên bờ đặt cố định để triển khai hệ thống chữa cháy và bơm nước chữa cháy.



Hình 1.4. Máy bơm nước chữa cháy rừng tại vườn quốc gia U Minh Hạ

Tồn tại lớn nhất của thiết bị này là tính cơ động thấp, thời gian triển khai từ lúc phát hiện đám cháy đến lúc phun nước chữa cháy mất nhiều thời gian, dẫn đến đám cháy bùng phát lớn.

Từ những tồn tại hạn chế của máy bơm nước, năm 2008 Bộ Khoa học và Công nghệ đã giao cho Trường Đại học Lâm nghiệp chủ trì đề tài trọng điểm cấp nhà nước mã số KC07/13.06-10 để thiết kế chế tạo thiết bị chuyên dụng chữa cháy rừng tràn, kết quả nghiên cứu của đề tài đã thiết kế chế tạo ra xuồng chữa cháy rừng tràn. Xuồng chữa cháy rừng tràn do đề tài thiết kế chế tạo hiện đang được sử dụng tại vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang.

Ưu điểm nổi bật của xuồng chữa cháy rừng tràn là tính cơ động cao, nhanh chóng tiếp cận đám cháy, thời gian triển khai phun nước chữa cháy ngắn, xuồng vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy rừng, tính ổn định chống lật của xuồng cao.

Tóm lại: Do biến đổi khí hậu toàn cầu nên thời tiết ngày càng thay đổi bất thường, dẫn đến các vụ cháy rừng ngày càng diễn biến phức tạp, nguy cơ cháy rừng ngày càng cao, số vụ và diện tích do cháy rừng gây ra không được kèm chế, do vậy công việc phòng và chữa cháy rừng cần có sự quan tâm đặc biệt của Chính phủ, các địa phương, các ngành và các nhà khoa học để hạn chế thấp nhất thiệt hại do cháy rừng gây ra. Rừng tràn có nguy cơ cháy rất cao, hàng năm vẫn xảy ra cháy rừng, cần phải nghiên cứu thiết kế chế tạo các thiết bị chữa cháy rừng để hạn chế thấp nhất diện tích bị thiệt hại do cháy rừng gây ra.



Hình 1.5. Xuồng chữa cháy rừng tràn đang sử dụng tại rừng U Minh Thượng

1.1.6. Những tồn tại và hạn chế của xuồng chữa cháy rừng hiện đang sử dụng trong thực tế

Xuồng chữa cháy rừng trầm hiện đang sử dụng để chữa cháy rừng tại vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang và vườn quốc gia Chàm Chim tỉnh Đồng Tháp, qua quá trình sử dụng xuồng này còn một số tồn tại như sau:

- Vận tốc của xuồng khi di chuyển trên kênh có nhiều bèo tây là rất thấp khoảng 10 km/h, không đáp ứng được yêu cầu về thời gian tiếp cận đám cháy.
- Xuồng mất ổn định hướng chuyển động khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy rừng ở vận tốc thấp, từ đó ảnh hưởng đến năng suất và hiệu quả chữa cháy rừng.
- Xuồng mất ổn định khi quay vòng rẽ sang kênh vuông góc với tốc độ cao, góc lái lớn.

1.2. Tổng quan các công trình nghiên cứu về động lực học của xuồng nhỏ

1.2.1. Các công trình nghiên cứu về động lực học chuyển động của xuồng nhỏ trên thế giới

Thor I.Forsen [30] đã trình bày các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định tàu thuyền và các phương pháp thiết lập phương trình động lực học của tàu thuyền trong trường hợp tổng quát, là nguồn tài liệu tham khảo quan trọng cho luận án áp dụng vào xây dựng mô hình và thiết lập các hệ phương trình động lực học chuyển động của xuồng trong từng trường hợp cụ thể.

Kinney W.D [31] tìm được phương trình ổn định chuyển động lắc ngang và lắc dọc, xác định được các thông số ảnh hưởng đến chuyển động lắc của tàu thuyền trên biển.

Haddara, Mahmoud R [32] đã xây dựng được phương trình phi tuyến chuyển động của tàu thuyền khi chịu tác động của sóng xiên và khảo sát độ không ổn định của tàu khi chịu tác động của sóng xiên phụ thuộc vào sự thay đổi của hệ số hấp thụ phi tuyến trong chuyển động lắc.

Metin Taylan [33] đã nghiên cứu sự ảnh hưởng của tốc độ di chuyển đến độ ổn định và lắc của tàu. Tác giả đã chọn phương trình chuyển động lắc phi tuyến để kiểm tra xác định phản ứng lắc của tàu thủy khi chịu tác động của sóng ngang ở nhiều dãy tốc độ khác nhau.

Lugwig Arnold, Igor Chueshov, Gunter Ochs [34] đã sử dụng phương trình chuyển động tổng quát của tàu thủy đối với ba chuyển động là dịch chuyển theo

phương ngang, dịch chuyển theo phương thẳng đứng và lắc ngang để phân tích mô hình chuyển động phi tuyến của tàu thủy trong trường hợp đơn giản bằng lý thuyết của hệ thống động lực học ngẫu nhiên nhằm xác định các thông số bất biến giúp thiết kế tàu ổn định và chống lật.

R. A. Ibrahim và I. M. Grace [35] đã lập hệ phương trình phi tuyến mô tả chuyển động lắc ngang, lắc dọc và dịch chuyển theo phương thẳng đứng với ba thành phần là lực quán tính và mô men, lực hồi phục và mô men, và lực hấp thụ và mô men. Trong đó nhấn mạnh đến mô men hấp thụ chuyển động lắc ngang ảnh hưởng đến độ ổn định của tàu, công trình nghiên cứu còn đề cập đến sự ổn định lắc ngẫu nhiên và phép xấp xỉ xác suất để đánh giá xác suất lật của tàu.

Tóm lại: Trên thế giới có nhiều công trình nghiên cứu về động lực học và ổn định của tàu thuyền, các công trình này tập trung nghiên cứu giải quyết ổn định của tàu trên biển trong các trường hợp tổng quát, là nguồn tài liệu tham khảo cho luận án khi phân tích xây dựng mô hình và phương trình động lực học của xuồng chữa cháy. Tuy nhiên các công trình này chưa nghiên cứu về động lực học chuyển động trong điều kiện hoạt động chữa cháy của xuồng nhỏ khi di chuyển trong kênh có nhiều vật cản khác nhau.

1.2.2. Các công trình nghiên cứu động lực học chuyển động của xuồng nhỏ ở Việt Nam

Trong quyển “*Lý thuyết tàu*” của nhóm tác giả Nguyễn Thị Hiệp Đoàn và Trương Sĩ Cáp [10] coi tàu thủy là vật rắn đặt trong điều kiện cân bằng tĩnh và động. Dựa vào các định luật của cơ lý thuyết và cơ chất lỏng để tìm các lực thủy tĩnh và lực thủy động tác dụng lên tàu làm cơ sở cho việc xác định các thành phần lực tác dụng lên xuồng chữa cháy khi xây dựng mô hình và thiết lập phương trình động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy.

Trong công trình “*Khảo sát dao động của tàu biển*” của tác giả Lê Tiến Dũng [9] kết quả khảo sát cung cấp được các thông số đầu vào để tính toán cho các thiết bị, hệ thống trên tàu, các dao động lắc ngang, lắc đứng có biên độ, tần số, góc pha... làm cơ sở chọn các thông số quan trọng trong quá trình thiết kế các hệ thống trên tàu. Công trình nghiên cứu này là nguồn tài liệu tham khảo cho việc nghiên cứu tính toán bố trí các thiết bị chữa cháy trên xuồng.

Tác giả Nguyễn Huy Hào trong công trình nghiên cứu “*Dao động xoắn hệ trục chân vịt tàu thủy ở các chế độ làm việc khác nhau của động cơ*” [11] đã phân tích dao động xoắn của hệ trục chân vịt tàu thủy ở các chế độ làm việc khác nhau của động cơ, công trình này cũng là nguồn tài liệu tham khảo cho việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định của tàu thuyền.

Trong tài liệu “*Dao động tàu thủy*” – của PGS.TS Vũ Văn Khiêm [17] đã trình bày khá đầy đủ các phương pháp tính toán dao động của thân tàu, dao động của các thiết bị ảnh hưởng đến dao động của thân tàu và các phương pháp nghiên cứu bằng thực nghiệm làm cơ sở cho nghiên cứu dao động của tàu thủy.

Trong tài liệu “*Lý thuyết tàu thủy*” của nhóm tác giả TS Lê Thanh Tùng và TS Lương Ngọc Lợi [20] đã cung cấp lý thuyết nghiên cứu trạng thái cân bằng của tàu trên nước tĩnh khá chi tiết về phương pháp nghiên cứu và tính toán có liên quan đến tính nổi, tính ổn định, tính chống chìm của tàu. Bên cạnh đó, tài liệu này còn cung cấp các phương pháp nghiên cứu tính toán và xác định các thông số động lực học tàu thủy như lực cản chuyển động, lắc tàu thủy, thiết bị đẩy và tính điều khiển của tàu làm cơ sở cho việc nghiên cứu động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng trầm.

Tác giả Nguyễn Văn Tuấn trong công trình “*Nghiên cứu tính toán hiệu chỉnh cánh chân vịt nhằm mục đích giảm tiêu thụ nhiên liệu*” cho tàu thủy [22], công trình đã đưa ra giải pháp cắt nhỏ đường kính chân vịt nhằm giảm lượng tiêu thụ nhiên liệu cho tàu biển song vẫn đạt được các thông số về vận tốc. Công trình này có giá trị tham khảo vào việc nghiên cứu công suất đẩy cho xuồng chữa cháy.

Cũng theo tác giả Nguyễn Văn Tuấn trong công trình nghiên cứu “*Một số phương án khả thi tiết kiệm nhiên liệu áp dụng cho tàu biển Việt Nam*” [23] đã đưa ra giải pháp cắt cánh và mài sửa mặt đẩy đã giúp giảm tiêu thụ nhiên liệu và vận tốc tàu thực tế tăng lên khi giữ nguyên tốc độ quay của máy chính, tuy nhiên lại làm thay đổi dao động hệ trục. Công trình này đã đưa ra giải pháp cải thiện tốc độ di chuyển của tàu.

Đề tài trọng điểm cấp nhà nước do PGS.TS Dương Văn Tài chủ trì: “*Nghiên cứu công nghệ và thiết kế chế tạo các thiết bị chuyên dụng chữa cháy rừng*” [24], kết quả của đề tài đã thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm xuồng chữa cháy rừng trầm, bước đầu đã cho hiệu quả chữa cháy cao, song đề tài chủ yếu tập trung vào khâu

thiết kế chế tạo và khảo nghiệm hiệu quả chữa cháy rừng, chưa có đề cập đến việc nghiên cứu động lực học của xuồng.

Luận văn thạc sĩ “*Nghiên cứu ổn định của xuồng chữa cháy rừng tràn*” của tác giả Lê Xuân Cường [7] đã xây dựng được cơ sở lý thuyết tính toán ổn định xuồng chữa cháy rừng. Từ yêu cầu và điều kiện hoạt động của xuồng, đề tài đã lập mô hình tính toán và đã thiết lập được công thức tính toán cân bằng và ổn định chung của xuồng trạng thái tĩnh. Bằng các phần mềm chuyên dụng trong tính toán thiết kế tàu thuyền, đề tài đã tiến hành kiểm tra các điều kiện cân bằng ổn định theo qui phạm đóng mới của Cục Đăng kiểm Việt Nam.

Tóm lại: Từ tổng quan vấn đề nghiên cứu động lực học của tàu thuyền trên thế giới và ở Việt Nam nhận thấy có rất nhiều công trình nghiên cứu về ổn định và dao động của tàu dưới những điều kiện môi trường khác nhau, có công trình nghiên cứu ổn định tàu với hai chuyển động, có công trình nghiên cứu ổn định và dao động trong trường hợp tĩnh với ba chuyển động, có công trình nghiên cứu ổn định và dao động trong môi trường chịu tác động của sóng ngang, sóng xiên, sóng ngẫu nhiên, sóng đều hòa... Các công trình trên chủ yếu tập trung nghiên cứu tàu di chuyển trên sông và biển. Tuy nhiên chưa có công trình nghiên cứu nào về động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng trong điều kiện đặc thù của rừng tràn, với điều kiện kênh rạch có nhiều chướng ngại vật ở khu vực rừng tràn của đồng bằng sông Cửu Long.

1.3. Mục tiêu nghiên cứu của luận án

Xây dựng mô hình, thiết lập các phương trình vi phân và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng tràn do Việt Nam chế tạo, để làm cơ sở khoa học cho việc hoàn thiện kết cấu và chế độ sử dụng hợp lý, nhằm nâng cao tốc độ và ổn định chuyển động, đáp ứng yêu cầu của xuồng chữa cháy rừng tràn.

1.4. Giới hạn nội dung nghiên cứu

Nghiên cứu động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng là vấn đề phức tạp, có nội dung nghiên cứu lớn cần có thời gian dài, do điều kiện về thời gian, luận án chỉ giới hạn nội dung nghiên cứu như sau:

- **Giới hạn về nội dung nghiên cứu:** Luận án chỉ tập trung nghiên cứu về động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng đang sử dụng trong thực tế khi hoạt động chữa cháy trong các khu rừng tràm với kênh rạch có nhiều chướng ngại vật như rong rêu, bèo tây..., kích thước kênh rạch bị hạn chế và mực nước nông, không nghiên cứu về dao động của xuồng.

- **Giới hạn về thiết bị nghiên cứu:** Luận án chỉ tiến hành nghiên cứu và thí nghiệm với xuồng chữa cháy rừng do đề tài trọng điểm cấp nhà nước mã số KC07/13.06-10 thiết kế chế tạo và được sử dụng tại vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang, không nghiên cứu các tàu chữa cháy khác chạy trên sông, trên biển .

- **Giới hạn về địa điểm nghiên cứu thực nghiệm:** Luận án không có điều kiện thực nghiệm ở nhiều khu vực rừng tràm tại nhiều địa phương mà chỉ chọn một địa điểm có khu rừng tràm đặc trưng nhất để tiến hành nghiên cứu thực nghiệm đó là Vườn quốc gia U Minh Thượng thuộc tỉnh Kiên Giang. Diện tích vườn có vùng lõi 8.053 hecta, vùng đệm 13.069 hecta [26] với hệ thống kênh rạch chằng chịt, hệ sinh thái đa dạng và đầy đủ các đặc điểm đặc trưng của một khu rừng tràm ở đồng bằng sông Cửu Long.

1.5. Nội dung nghiên cứu

Căn cứ vào yêu cầu kỹ thuật của xuồng chữa cháy rừng tràm, căn cứ vào những tồn tại của xuồng trong hoạt động thực tế, để đạt được mục tiêu nghiên cứu đã nêu ở trên, đồng thời căn cứ vào giới hạn phạm vi nghiên cứu, luận án đặt ra nội dung nghiên cứu để tập trung giải quyết ba vấn đề sau:

- Tăng vận tốc của xuồng khi di chuyển trên kênh có nhiều bèo tây, để giải quyết vấn đề này luận án tập trung nghiên cứu hệ số cản của xuồng khi di chuyển trên kênh có bèo tây, biên dạng mũi xuồng để rẽ bèo sang hai bên mạn xuồng để giảm hệ số cản, nghiên cứu góc đặt trục chân vịt để nâng mũi xuồng nhằm giảm hệ số cản...

- Ổn định hướng chuyển động của xuồng khi vừa di chuyển ở vận tốc thấp vừa phun nước chữa cháy rừng, để giải quyết vấn đề này luận án tập trung nghiên cứu góc đặt vòi phun nước, vị trí đặt vòi phun, lực phun nước.

- Ổn định chống lật của xuồng khi quay vòng rẽ vào kênh vuông góc, để giải quyết vấn đề này luận án tập trung nghiên cứu góc lái, bề rộng của xuồng, vận tốc khi quay vòng.

Để giải quyết ba vấn đề nêu trên, luận án tiến hành các nội dung nghiên cứu lý thuyết và nghiên cứu thực nghiệm như sau:

1.5.1. Nghiên cứu lý thuyết

- Xây dựng mô hình động lực học chuyển động của xuồng với ba bài toán bao gồm:

- + Xuồng chuyển động thẳng trên kênh có chướng ngại vật (bèo tây);
- + Xuồng vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy rừng;
- + Xuồng quay vòng và rẽ sang kênh vuông góc.

- Lập phương trình vi phân chuyển động của xuồng chữa cháy rừng cho ba trường hợp nêu trên.

- Khảo sát ảnh hưởng của một số yếu tố đến chỉ tiêu đánh giá khả năng hoạt động của xuồng chữa cháy rừng.

- Xác định một số thông số hợp lý để hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng

1.5.2. Nghiên cứu thực nghiệm

Nghiên cứu thực nghiệm để xác định các thông số cần thiết cho giải bài toán theo mô hình lý thuyết, kiểm nghiệm lại các kết quả tính toán theo mô hình lý thuyết đã lập, đồng thời xác định một số thông số hợp lý của xuồng, nội dung nghiên cứu thực nghiệm bao gồm các vấn đề sau:

- Xác định các thông số hình học, trọng lượng, tọa độ trọng tâm, mô men quán tính, diện tích mặt cắt ướt, để phục vụ cho việc xác định các thông số đầu vào của bài toán lý thuyết.

- Xác định hệ số cản, góc nghiêng ngang, lực vòi phun nước, vận tốc của xuồng khi chuyển động chữa cháy rừng, để kiểm nghiệm các kết quả tính toán theo mô hình lý thuyết.

- Xác định lực đẩy chân vịt khi xuồng chuyển động chữa cháy rừng để phục vụ cho việc hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng trạm.

1.6. Đối tượng nghiên cứu

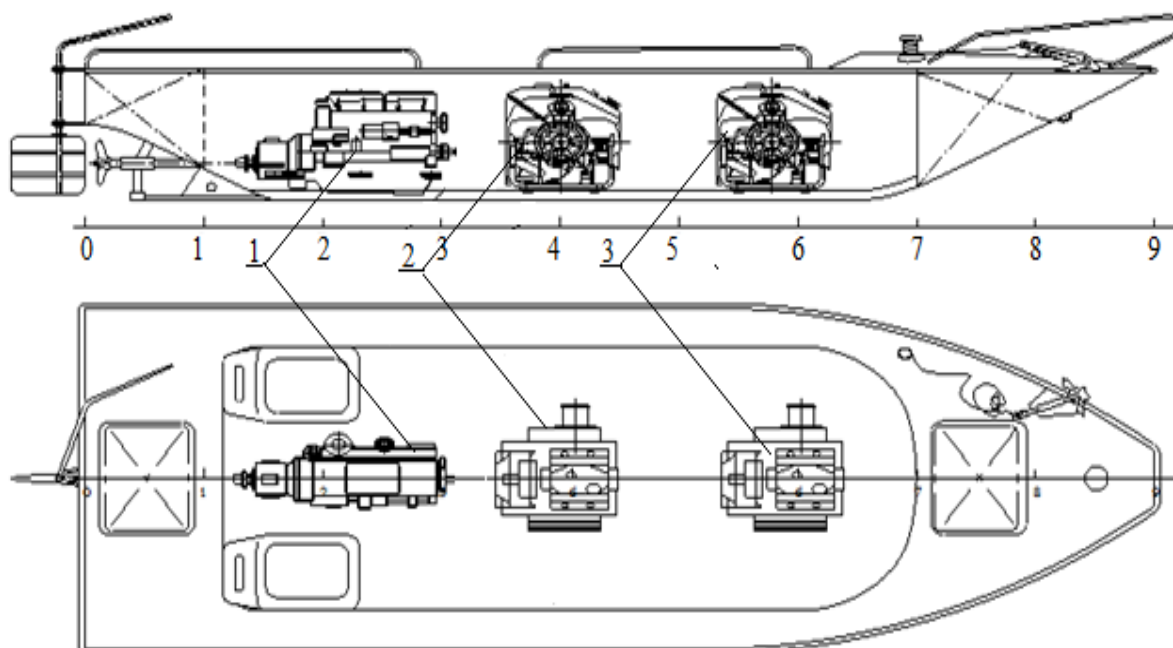
Đối tượng nghiên cứu là xuồng chữa cháy rừng trạm do đề tài trọng điểm cấp Nhà nước “*Nghiên cứu công nghệ và thiết kế chế tạo các thiết bị chuyên dụng chữa cháy rừng*” mã số KC 07.13/06 - 10 thiết kế chế tạo, hiện đang được sử dụng tại vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang.

1.6.1. Cấu tạo và thông số kỹ thuật của xuồng chữa cháy rừng trầm

Thông số kỹ thuật và cấu tạo xuồng chữa cháy rừng trầm do đề tài trọng điểm cấp nhà nước thiết kế chế tạo được thể hiện trên bảng 1.1 và hình 1.6.

Bảng 1.1. Thông số kỹ thuật của xuồng chữa cháy rừng trầm do đề tài trọng điểm cấp nhà nước mã số KC07.13/06-10 thiết kế chế tạo

TT	Thông số kỹ thuật của xuồng và hệ thống thiết bị chữa cháy rừng trầm	Đơn vị tính	Giá trị xác định	Giá trị thực tế
1	Công suất động cơ đẩy của xuồng	kw	15	15
2	Vận tốc di chuyển của xuồng	km/h	15	10
3	Công suất động cơ bơm nước đặt trên xuồng	kw	32	32
4	Tốc độ dập lửa	m/phút	≤ 15	≤ 15
5	Chiều cao ngọn lửa được dập tắt	m	≤ 12	≤ 12
6	Tải trọng của xuồng	tấn	2,2	2,2
7	Chiều dài của xuồng	m	4,26	4,26
8	Chiều rộng của xuồng	m	1,6	1,6
9	Chiều cao xuồng	m	0,7	0,7



Hình 1.6. Cấu tạo của xuồng chữa cháy rừng trầm

1. Động cơ đẩy xuồng 2. Máy bơm nước cố định 3. Máy bơm nước khiêng tay

1.6.2. Đặc điểm điều kiện, môi trường làm việc của xuồng chữa cháy rừng

Xuồng được thiết kế, chế tạo nhằm phục vụ công tác phòng cháy chữa cháy rừng, với điều kiện, môi trường hoạt động có nhiều hạn chế như sau:

- Môi trường hoạt động của xuồng bao gồm trong nước cạn có bèo tây, rong rêu, trong bùn nhão, di chuyển trên nền bùn, kéo vượt cạn, vượt bờ thấp;

- Điều kiện hoạt động của xuồng bị hạn chế trong kênh rạch có mực nước thấp, chiều rộng kênh nhánh từ 2 đến 3m, chiều sâu tối thiểu 1m, hạn chế quay trở, hạn chế chiều chìm của xuồng, đáy xuồng tiếp xúc với bùn nhão, chân vịt của xuồng không hạn chế hoạt động;

- Hệ thống kênh rạch vuông góc với nhau, ảnh hưởng đến quay vòng rẽ nhánh;

- Trên xuồng có bố trí các hệ thống chữa cháy và máy bơm nước ... đây là những thành phần sinh lực cục bộ lên đáy xuồng, khi các hệ thống làm việc sẽ gây rung động, sinh lực tác động lên xuồng làm hạn chế khả năng tự ổn định của xuồng.

Trên đây là một số mô tả điều kiện làm việc của xuồng, những yếu tố này có ảnh hưởng rất lớn đến động lực học và ổn định chuyển động của xuồng.

1.6.3. Yêu cầu kỹ thuật của xuồng chữa cháy rừng tràn

Xuồng chữa cháy là thiết bị chuyên dụng phục vụ cho công tác chữa cháy rừng, theo yêu cầu thiết kế của thiết bị chữa cháy rừng tràn thì xuồng chữa cháy rừng phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Tốc độ di chuyển của xuồng $v > 15\text{km/h}$ trên kênh có chướng ngại vật là bèo tây, rong rêu, nhanh chóng tiếp cận đám cháy để triển khai công tác phun nước dập lửa.

- Phải ổn định hướng chuyển động khi xuồng vừa chạy vừa phun nước chữa cháy ở vận tốc $v \leq 5\text{ km/h}$ để đảm bảo hiệu quả dập lửa cao nhất.

- Xuồng phải ổn định chống lật trong mọi trường hợp khi người và thiết bị lệch sang một bên và khi xuồng quay vòng và rẽ sang kênh vuông góc.

- Chiều cao mươn nước $t_n \leq 30\text{ cm}$ để xuồng di chuyển được trên kênh có mực nước nông.

- Tải trọng của xuồng phải đủ lớn $T = 2.2\text{ tấn}$ để chở được khối lượng thiết bị và công nhân tham gia chữa cháy rừng.

- Năng suất dập lửa và hiệu quả chữa cháy rừng cao.

1.7. Phương pháp nghiên cứu

1.7.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

Áp dụng phương pháp nghiên cứu của lý thuyết tính toán tàu thủy, dao động tàu thủy [2][3][5][10][20], cơ học lý thuyết [15][29]. Nội dung của phương pháp này có thể tóm tắt như sau:

Từ quá trình làm việc của xuồng với các lực kích động gây ra, lập mô hình động lực học chuyển động của xuồng, sử dụng phương trình Lagrange II để thiết lập hệ phương trình vi phân động lực học chuyển động của xuồng, sử dụng phần mềm Matlab – Simulink để khảo sát các phương trình vi phân động lực học chuyển động để rút ra các kết luận về ảnh hưởng của các thông số đến các chỉ tiêu đánh giá khả năng hoạt động của xuồng.

1.7.1.1. Ứng dụng phương trình Lagrange loại II nghiên cứu động lực học xuồng chữa cháy rừng tràn

Theo các tài liệu [15][29][30], việc ứng dụng phương trình Lagrange loại II trong nghiên cứu động lực học có ưu điểm là thiết lập được mối quan hệ giữa các thông số kết cấu của xuồng với các chỉ tiêu động lực học. Để thiết lập được phương trình động lực học, luận án giả thuyết coi xuồng là hệ nhiều vật rắn liên kết với nhau.

Xét hệ holonom gồm p vật rắn, với f bậc tự do và các tọa độ suy rộng q_1, \dots, q_f . Theo nguyên lý D'alambert- Lagrange, có:

$$\int_{(S)} (d\vec{F}^{(e)} - dm\ddot{\vec{r}}) \delta\vec{r} = 0$$

$$\text{Với } r = r(q_1, \dots, q_f, t), \text{ nên } \delta\vec{r} = \sum_{i=1}^f \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i} \delta q_i$$

Từ hai biểu thức này, suy ra:

$$\sum_{i=1}^f \left[\int_{(S)} d\vec{F}^{(e)} \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i} \right] \delta q_i - \sum_{i=1}^f \left[\int_{(S)} dm \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i} \right] \delta q_i = 0 \quad (1.1)$$

Theo định nghĩa của lực suy rộng thì:

$$Q_i = \int_{(S)} d\vec{F}^{(e)} \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i} \quad (1.2)$$

Biểu thức trong dấu móc vuông của thành phần thứ 2 của (1.1) có thể biến đổi:

$$K = \int_{(S)} dm \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i} = \frac{d}{dt} \int_{(S)} dm \dot{\vec{r}} \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i} - \int_{(S)} dm \dot{\vec{r}} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i} \right)$$

Hay

$$K = \frac{d}{dt} \int_{(S)} dm \vec{v} \frac{\partial \vec{v}}{\partial \dot{q}_i} - \int_{(S)} dm \vec{v} \frac{\partial \vec{v}}{\partial q_i} \quad (1.3)$$

Mặt khác từ biểu thức của động năng $T_i = \frac{1}{2} \int_{(S)} dm \cdot v^2$ nếu đạo hàm theo q_i và \dot{q}_i , thu được:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} = \int_{(S)} dm \vec{v} \frac{\partial \vec{v}}{\partial \dot{q}_i}; \quad \frac{\partial T}{\partial q_i} = \int_{(S)} dm \vec{v} \frac{\partial \vec{v}}{\partial q_i} \quad (1.4)$$

Đổi chiều các biểu thức (1.2), (1.3), (1.4), phương trình (1.1) có dạng:

$$\sum_{i=1}^f \left[\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} - Q_i \right] \delta q_i = 0$$

Do các biến phân δq_i là độc lập nhau, nên:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} - Q_i = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, f) \quad (1.5)$$

Nếu phân các lực tác dụng lên hệ thành các lực có thế và lực không có thế, thì lực suy rộng được tính như sau:

$$Q_i = -\frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + Q_i^* \quad (1.6)$$

Trong đó: Π là thế năng của hệ, $\Pi = \Pi(q_1, q_2, \dots, q_f)$;

Q_i^* là lực suy rộng ứng với lực không thế.

Khi đó phương trình (1.5) có dạng đầy đủ là:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = -\frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + Q_i^*, \quad (i = 1, 2, \dots, f) \quad (1.7)$$

Các phương trình vi phân (1.7) được gọi là phương trình Lagrange loại II của hệ nhiều vật holonom.

Trong kỹ thuật, các lực có thế là lực trọng trường và lực đàn hồi.

- Thế năng của trọng lực là:

$$\Pi(mg) = mg \cdot h_c$$

Với h_c là độ cao trọng tâm vật;

- Thế năng của lực đàn hồi là:

$$\Pi(F_{dh}) = \frac{1}{2} c \cdot \Delta L$$

Với c là độ cứng, ΔL là biến dạng của phần tử đàn hồi.

Lực suy rộng không thế Q_i^* là các hệ số trong biểu thức tính công nguyên tố của các lực không có thế:

$$\delta A = \sum_{i=1}^f Q_i^* \cdot \delta q_i$$

1.7.1.2. Dạng thức của phương trình Lagrange loại II

Xét hệ gồm p vật rắn chịu liên kết holonom, giữ và dừng. Biểu thức véc tơ xác định vị trí khối tâm và cosin chỉ hướng của vật thứ i sẽ là $r_i = r_i(q)$, $A_i = A_i(q)$. Vận tốc khối tâm và vận tốc góc quay của nó có dạng:

$$v_i = \frac{dr_i}{dt} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i} \dot{q}_i, \quad \check{\omega}_i = \dot{A}_i A_i^T, \quad (i = 1, 2, \dots, f)$$

Hay
$$v_i = J_{T_i}(q) \dot{q}_i, \quad \omega_i = J_{R_i}(q) \dot{q}_i, \quad (i = 1, 2, \dots, f) \quad (1.8)$$

Với
$$J_{T_i} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i}, \quad \text{và} \quad J_{R_i} = \frac{\partial \omega_i}{\partial \dot{q}_i}$$

Động năng của hệ

$$T = \sum_{i=1}^f T_i = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^f m_i v_i^T v_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^f \omega_i^T I_i \omega_i \quad (1.9)$$

Thế biểu thức (1.8) vào (1.9) nhận được:

$$T = \frac{1}{2} \dot{q}^T [\sum_{i=1}^f m_i J_{T_i}^T J_{T_i} + \sum_{i=1}^f J_{R_i}^T I_i J_{R_i}] \dot{q}$$

Đưa vào biểu thức

$$M(q) = \sum_{i=1}^f (m_i J_{T_i}^T J_{T_i} + J_{R_i}^T I_i J_{R_i}) \quad (1.10)$$

Biểu thức (1.10) gọi là ma trận khối lượng suy rộng. Khi đó biểu thức động năng của hệ có dạng:

$$T = \frac{1}{2} \dot{q}^T M(q) \dot{q} \quad (1.11)$$

Thế các biểu thức (1.10) và (1.11) vào phương trình (1.7), thu được:

$$\sum_{i=1}^f m_{jk} \ddot{q}_k + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^f \sum_{l=1}^f (m_{jk,k} + m_{jk,l} - m_{jk,j}) \dot{q}_k \dot{q}_l = -\frac{\partial \Pi}{\partial q_j} + Q_j^*, \quad (j = 1, \dots, f) \quad (1.12)$$

Trong đó ký hiệu: $m_{jk,l} = \frac{\partial m_{jk}}{\partial q_l}$; $m_{kl,j} = \frac{\partial m_{kl}}{\partial q_j}$

Phương trình (1.12) được gọi là dạng thức Lagrange loại II của hệ nhiều vật.

1.7.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

Áp dụng các phương pháp đo lường các đại lượng không điện bằng điện [4][8][12][14][27][28] để xác định các thông số đầu vào và các thông số đầu ra.

Sử dụng các thiết bị đo, cảm biến đo và các phần mềm xử lý số liệu hiện đại để xác định các thông số phục vụ cho khảo sát bài toán lý thuyết như tọa độ trọng tâm, mô men quán tính, diện tích mặt cắt ướt, kích thước của xuống, trọng lượng

của xuồng, hệ số cản, đồng thời đo các thông số đầu ra của bài toán như vận tốc, góc lệch hướng chuyển động, góc nghiêng ngang của xuồng.

Quá trình tổ chức và tiến hành thí nghiệm xác định tọa độ trọng tâm, diện tích mặt cắt ướt, kích thước của xuồng, trọng lượng của xuồng, hệ số cản, góc nghiêng ngang, góc lệch hướng chuyển động của xuồng theo phương pháp thống kê toán học và phương pháp thí nghiệm tàu thủy [4][8][12][13] [14][16];[21].

Việc áp dụng các phương pháp nghiên cứu nêu trên sẽ được trình bày cụ thể ở các chương tiếp theo khi tiến hành nghiên cứu từng nội dung.

Kết luận chương 1:

Từ những kết quả đã phân tích ở trên, luận án có thể rút ra một số kết luận sau:

- Rừng tràm ở đồng bằng sông Cửu Long là tài sản quý của quốc gia, đã được Liên hợp quốc công nhận là khu dự trữ sinh quyển của thế giới, loại rừng này có nguy cơ cháy rừng rất cao. Thiết bị chữa cháy rừng hiện đang sử dụng có hiệu quả là xuồng chữa cháy rừng do đề tài trọng điểm cấp nhà nước thiết kế chế tạo, tuy nhiên thiết bị này còn mất ổn định hướng chuyển động khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy, dễ bị lật khi quay vòng, rẽ sang kênh nhánh và vận tốc chuyển động còn thấp. Đó là một số vấn đề tồn tại cần phải được hoàn thiện.

- Có nhiều công trình nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam về động lực học của tàu thủy khi hoạt động trên sông, trên biển chịu tác động của ngoại lực như sóng, gió... các kết quả nghiên cứu trên là cơ sở khoa học để nghiên cứu động lực học của xuồng chữa cháy rừng tràm.

- Chưa có công trình nghiên cứu về động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng tràm trong điều kiện môi trường có nhiều chướng ngại vật, mực nước nông, chiều rộng kênh hạn chế ... được công bố trên thế giới và ở Việt Nam.

Để có cơ sở khoa học cho việc hoàn thiện và xác định chế độ sử dụng hợp lý xuồng chữa cháy rừng tràm, cũng như làm tài liệu tham khảo cho quá trình nghiên cứu thiết kế chế tạo các loại xuồng vận chuyển khác ở vùng sông nước đồng bằng sông Cửu Long thì việc thực hiện đề tài: "*Nghiên cứu động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng tràm*" mà luận án thực hiện là cần thiết.

Chương 2

XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CHUYỂN ĐỘNG CỦA XUÔNG CHỮA CHÁY RỪNG TRÀM

Nội dung chính của chương này là xây dựng mô hình động lực học ứng với ba bài toán của xuông chữa cháy rừng trầm trong quá trình hoạt động bao gồm:

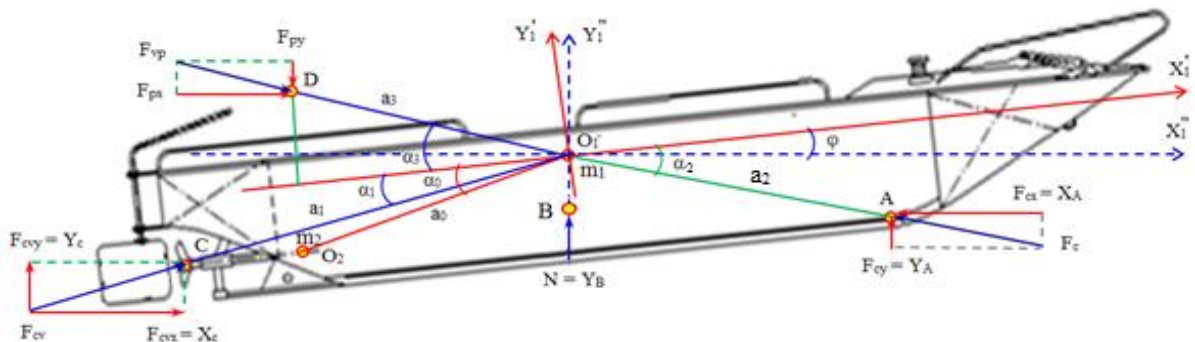
- Bài toán thứ nhất là xây dựng mô hình động lực học chuyển động thẳng của xuông trên kênh có nhiều chướng ngại vật (bèo tây) khi không phun nước chữa cháy;
- Bài toán thứ hai là xây dựng mô hình động lực học ổn định hướng chuyển động khi xuông vừa chạy vừa phun nước chữa cháy rừng;
- Bài toán thứ ba là xây dựng mô hình động lực học ổn định chống lật khi xuông quay vòng rẽ sang kênh vuông góc.

Phương pháp để nghiên cứu nội dung trên là sử dụng phương pháp kế thừa, lý thuyết tàu thủy, lý thuyết mô hình hóa, lý thuyết cơ học để xây dựng mô hình và thiết lập phương trình vi phân. Sau đây luận án tiến hành xây dựng mô hình động lực học cho ba bài toán nêu trên.

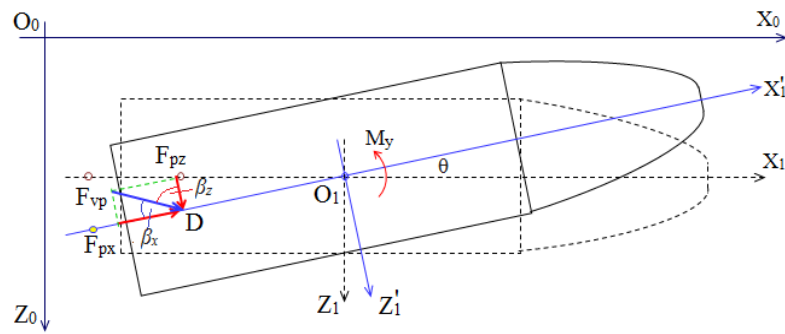
2.1. Xác định các thành phần lực tác dụng lên xuông khi xuông chuyển động chữa cháy rừng trầm

2.1.1. Mô hình các thành phần lực tác dụng lên xuông trong quá trình chuyển động chữa cháy rừng

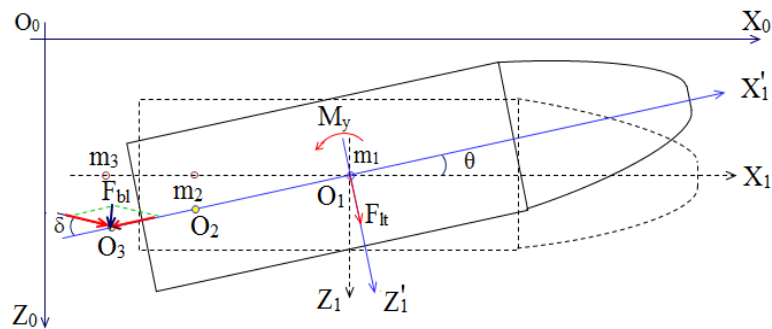
Khi xuông chuyển động chịu tác dụng của các lực bao gồm: Lực cản chuyển động, lực đẩy của chân vịt, lực ly tâm khi xuông quay vòng, lực vòi phun nước, lực cản quay khi xuông quay vòng, lực và mô men phục hồi. Các lực này ảnh hưởng đến khả năng di chuyển, ổn định hướng chuyển động và góc nghiêng ngang của xuông, sơ đồ tổng quát lực tác dụng lên xuông trong quá trình chữa cháy rừng được thể hiện trên hình (2.1),(2.2),(2.3.).



Hình 2.1. Sơ đồ lực tác dụng lên xuông trong quá trình vừa chuyển động vừa phun nước chữa cháy mặt phẳng XOY



Hình 2.2. Sơ đồ lực tác dụng lên xuồng trong quá trình chuyển động trong mặt phẳng XOZ khi phun nước chữa cháy



Hình 2.3. Sơ đồ lực tác dụng lên xuồng trong quá trình chuyển động trong mặt phẳng XOZ khi xuồng quay vòng, rẽ sang kênh nhánh

Trong đó: F_c - lực cản chuyển động tổng hợp của xuồng;

F_{cv} - lực đẩy chân vịt của xuồng;

F_{cq} - lực cản khi xuồng quay vòng;

N - lực nổi (lực đẩy Ac-si-met);

F_{vp} - lực đẩy của vòi phun nước tác dụng lên xuồng khi chữa cháy;

M_y - mô men quay xuồng do lực tác dụng của vòi phun nước;

F_{bl} - lực của dòng nước tác dụng vào bánh lái;

F_{lt} - lực ly tâm khi xuồng quay vòng.

2.1.2. Xác định các thành phần lực tác dụng lên xuồng

2.1.2.1. Lực cản chuyển động của xuồng

Theo lý thuyết tàu thủy [1][2][5][10][20][30], lực cản tổng hợp của xuồng được tính theo công thức sau:

$$R = R_f + R_{vp} + R_w + R_a + R_{ap} + R_{aa} + R_j \quad (2.1)$$

Trong đó: R_f - lực cản ma sát;

R_{vp} - lực cản hình dáng;

R_w - lực cản sóng;

R_a - lực cản độ nhám bề mặt vỏ xuồng;

R_{ap} - lực cản phân nhô của mũi xuồng;

R_{aa} - lực cản không khí;

R_j - lực cản quán tính.

Lực cản chuyển động tổng hợp được tính như sau:

$$R = C \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot \Omega \quad (2.2)$$

Trong đó: C - hệ số lực cản toàn phần.

Ω - diện tích cản choán nước của xuồng, m²;

ρ - trọng lượng riêng của nước, $\frac{N \cdot s^2}{m^4}$;

v - vận tốc chuyển động của xuồng, m/s.

Hệ số lực cản toàn phần có thể biểu diễn dưới dạng sau:

$$C = C_f + C_{vp} + C_w + C_j = C_v + C_w + C_j \quad (2.3)$$

Trong đó: C_f , C_{vp} , C_w , C_v , C_j lần lượt là hệ số lực cản ma sát, cản hình dáng, cản sóng, cản nhớt và hệ số cản quán tính.

Việc xác định lực cản tổng hợp bằng lý thuyết rất khó khăn, giá trị lực cản này có thể xác định được bằng thực nghiệm. Phương chiều và điểm đặt của lực cản tổng hợp này phụ thuộc vào hình dạng, tiết diện mặt cắt ngang của mũi xuồng. Việc xác định chính xác vị trí điểm đặt lực cản này bằng lý thuyết gặp nhiều khó khăn.

2.1.2.2. Lực đẩy của chân vịt

Để xuồng di chuyển được cần phải tác động lên xuồng một lực, lực này do chân vịt của xuồng tạo ra. Mô men quay của động cơ đặt trên xuồng truyền qua trục chân vịt, từ đó làm chân vịt quay với vận tốc nhất định, tạo ra dòng nước đẩy về phía sau đuôi tàu, dòng nước này tạo ra phản lực đẩy tàu tiến về phía trước và gọi là lực đẩy của chân vịt. Lực đẩy này phụ thuộc vào các thông số chân vịt, số vòng quay chân vịt và góc đặt trục chân vịt. Lực đẩy chân vịt được tính như sau:[20]

$$F_{cv} = \frac{nR}{1-t} \quad (2.4)$$

Trong đó: F_{cv} - lực đẩy chân vịt ;

R - lực cản tổng hợp, daN ;

n - số lượng chân vịt ;

t - hệ số lực hút, được tính theo công thức Taylor như sau:

$$t = \frac{2}{3}w_T + 0.01 \quad (2.5)$$

Trong đó: w_t - hệ số dòng theo, được tính theo công thức Papmiel:

$$w_T = 0.165\varepsilon^x \sqrt{\frac{\sqrt[3]{V}}{D}} - \Delta w_T \quad (2.6)$$

Trong đó: $x = 1$ khi chân vịt đặt trên mặt cắt dọc thân xuống ;

V - thể tích lượng chiếm nước, m^3 ;

D - đường kính chân vịt, m;

ε - hệ số béo thể tích.

Lực đẩy chân vịt có thể tính bằng lý thuyết hoặc bằng thực nghiệm.

2.1.2.3. Lực vòi phun nước chữa cháy

Do đặc điểm và cấu tạo của xuống chữa cháy rừng có vòi phun nước đặt trên xuống để chữa cháy rừng, và góc đặt vòi phun nước này hợp với phương chuyển động của xuống một góc β_x , do vậy lực của vòi phun nước này tác dụng lên xuống gây mất ổn định hướng chuyển động. Giá trị lực vòi phun nước này xác định bằng lý thuyết rất khó khăn, có thể xác định giá trị lực này bằng thực nghiệm.

2.1.2.4. Lực cản quay khi xuống quay vòng.

Do xuống một phần chìm trong nước với mớn nước t_n , khi quay vòng toàn bộ phần thân xuống chìm trong nước xoay trong môi trường nước, từ đó xuất hiện lực cản của nước tác động lên xuống gọi là lực cản quay F_{cq} . Lực cản quay được tính như sau:

$$F_{cq} = F_{cqs} - F_{cqt} = k \cdot S_{cqs} \cdot a_S^2 \cdot \theta_1^2 - k \cdot S_{cqt} \cdot a_T^2 \cdot \theta_1^2 = R_{cq} \cdot \theta_1^2 \quad (2.7)$$

Trong đó: F_{cqs} - lực cản quay do nước gây ra phía bên mạn sau xuống;

F_{cqt} - lực cản quay do nước gây ra phía bên mạn trước xuống;

S_{cqt} - diện tích phần thành xuồng tiếp xúc với nước gây cản ở phía trước xuồng;

S_{cqs} - diện tích phần thành xuồng tiếp xúc với nước gây cản ở phía sau xuồng;

k - hệ số cản quay phụ thuộc vào bản chất của môi trường nước tại nơi xuồng di chuyển;

a_T - khoảng cách từ tâm tiết diện S_{cqt} đến trọng tâm xuồng;

a_S - khoảng cách từ tâm tiết diện S_{cqs} đến trọng tâm xuồng;

θ_1 - vận tốc góc quay thân xuồng;

R_{cq} - hệ số cản quay.

2.1.1.5. Lực bức xạ

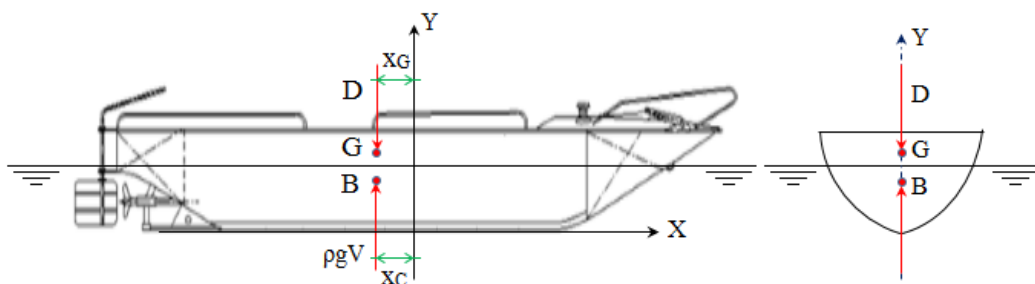
Gồm có khối lượng quán tính bổ sung của lượng môi trường nước chuyển động theo xuồng và lực hấp thụ thủy động do sóng lan truyền của xuồng gây ra tác dụng ngược lại thân xuồng. Các thành phần lực này sẽ gây ra lực cản chuyển động tổng hợp ký hiệu $F_{cx} = X_A$ (hình 2.1). Các lực này khó xác định bằng phương pháp tính toán lý thuyết mà phải xác định bằng thực nghiệm tại hiện trường [20][21].

2.1.2.6. Lực tác dụng của môi trường

Gồm các thành phần: lực do dòng chảy, sóng và gió gây ra. Đối với môi trường hoạt động của xuồng chữa cháy rừng trầm, do không có dòng chảy, gió nhẹ và không có sóng nên bỏ qua không xét đến.

2.1.2.7. Tâm nổi, lực và mô men phục hồi

Lực phục hồi phụ thuộc vào chiều cao tâm định khuynh, vị trí trọng tâm và tâm nổi.



Hình 2.4. Trạng thái cân bằng của xuồng chữa cháy

Theo [10], lực nổi có điểm đặt tại B là trọng tâm của phần thể tích ngâm nước V, theo lý thuyết tàu thủy tâm nổi của xuồng đặt tại điểm B và có tọa độ trọng tâm là x_B, y_B, z_B trong hệ tọa độ OXYZ.

$$\text{Điều kiện cân bằng là: } D = \rho g V \quad (2.8)$$

Phương trình (2.8) là phương trình sức nổi. Từ đó có thể suy ra khối lượng của xuồng:

$$M = \rho V = D/g \quad (2.9)$$

Trong đó: M - khối lượng xuồng chứa chày;

ρ - khối lượng riêng của nước;

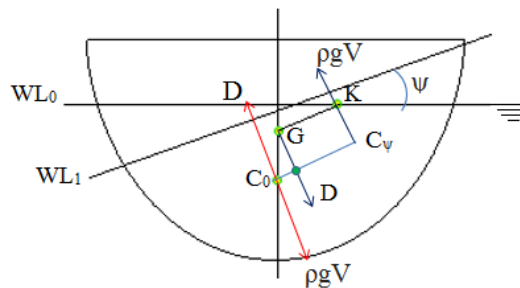
g - gia tốc trọng trường;

V - thể tích ngâm nước của xuồng chứa chày;

D - trọng lượng xuồng chứa chày.

Trọng lượng D của xuồng đặt tại trọng tâm G.

Cũng theo [10], khi xuồng nghiêng ngang một góc ψ thì tâm nổi cũng dịch chuyển nên giữa lực nổi $\rho g V$ và trọng lực D tạo thành ngẫu lực. Mô men của ngẫu lực này gọi là mô men phục hồi.



Hình 2.5. Mô men phục hồi của xuồng

Biểu thức tính mô men phục hồi có dạng:

$$M_h = \rho g V \cdot \overline{GK} \quad (2.10)$$

2.1.2.8. Các lực kích động

Lực kích động bao gồm:

- Lực đẩy của chân vịt và lực của nước tác dụng vào bánh lái khi bánh lái quay đi một góc $\delta \neq 0$ sẽ được xét ở từng trường hợp cụ thể. Trong trường hợp chuyển động thẳng do bánh lái không quay ($\delta = 0$) nên lực tác dụng lên bánh lái không đáng kể. Lực đẩy của chân vịt ký hiệu $F_{cvx} = X_C$ (hình 2.1), giá trị lực này phụ thuộc vào công suất của động cơ, thông số kỹ thuật chân vịt và số vòng quay của

trục chân vịt có thể xác định bằng tính toán lý thuyết [20][30]. Tuy nhiên để số liệu sát với thực tế hơn, luận án xác định giá trị này bằng phương pháp thực nghiệm.

- Lực đẩy của vòi phun nước tác dụng lên xuồng, lực đẩy này làm thay đổi hướng chuyển động của xuồng.

- Lực thủy động, khi xuồng chuyển động thẳng với vận tốc lớn lực này ảnh hưởng đến vận tốc chuyển động của xuồng

2.2. Xây dựng hệ trục tọa độ nghiên cứu động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng tràn

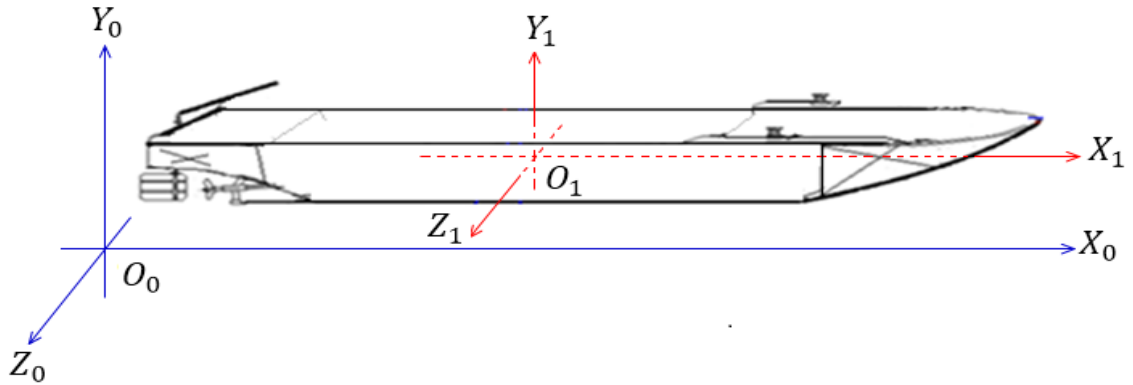
Có nhiều phương pháp xây dựng và thiết lập phương trình động lực học của xuồng, song mỗi một phương pháp có ưu nhược điểm, với mục đích của bài toán là tìm ra mối quan hệ giữa các thông số cần xác định với hàm mục tiêu nghiên cứu, để từ đó xác định được thông số ảnh hưởng giúp cho hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng. Trong các phương pháp nghiên cứu động lực học của xuồng thì việc áp dụng phương pháp cơ học hệ nhiều vật đối với xuồng chữa cháy rừng tràn cho phép xác định được quan hệ giữa thông số kết cấu của xuồng với hàm mục tiêu, để từ đó giúp cho việc hoàn thiện kết cấu của xuồng chữa cháy rừng. Do vậy trong luận án này áp dụng phương pháp cơ học hệ nhiều vật để xây dựng mô hình và thiết lập phương trình động lực học.

Đối với xuồng chữa cháy rừng tràn luận án sẽ tách ra 3 trạng thái cơ bản: thứ nhất là khi xuồng chuyển động thẳng không phun nước chữa cháy thì mô hình nghiên cứu chỉ xét trong mặt phẳng thẳng đứng dọc XOY; thứ hai là khi xuồng vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy và xuồng chỉ di chuyển với tốc độ thấp nên cũng chỉ xét mô hình trong mặt phẳng nằm ngang XOZ và thứ ba là khi xuồng quay vòng rẽ sang kênh nhánh thì cần xét trong mặt phẳng nằm ngang XOZ và mặt phẳng thẳng đứng ngang YOZ.

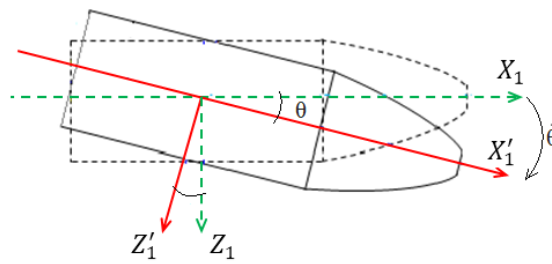
Để mô tả các chuyển động của xuồng và đảm bảo các phép quay của nó không tùy ý, luận án sử dụng quy ước đối với các phép quay như sau:

Cho $X_1Y_1Z_1$ là hệ tọa độ có được bằng cách dịch chuyển hệ tọa độ cố định mặt đất $X_0Y_0Z_0$ song song với nó cho đến khi gốc của nó trùng với gốc của hệ tọa độ cố định thân tàu (hệ tọa độ quán tính). Sau đó hệ tọa độ $X_1Y_1Z_1$ xoay đi

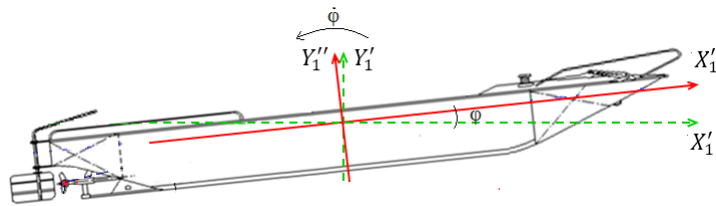
một góc θ quanh trục Y_1 tạo ra hệ tọa độ X'_1, Y'_1, Z'_1 . Hệ tọa độ X'_1, Y'_1, Z'_1 này lại xoay quanh trục Z'_1 một góc φ tạo ra hệ tọa độ X''_1, Y''_1, Z''_1 . Cuối cùng hệ tọa độ X''_1, Y''_1, Z''_1 lại xoay quanh trục X''_1 một góc ψ tạo ra hệ tọa độ cố định thân tàu X'''_1, Y'''_1, Z'''_1 được mô tả như hình 2.4.



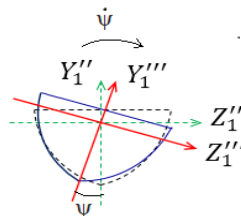
a. Mô hình dịch chuyển tọa độ xuống chữa cháy rừng trầm khi chuyển động thẳng



b. Xuồng xoay một góc θ quanh trục Y_1' khi vừa chuyển động vừa phun nước chữa cháy



c. Xuồng nâng lên một góc φ quanh trục Z_1' khi xuồng chuyển động với tốc độ cao



d. Xuồng nghiêng một góc ψ quanh trục X_1'' khi xuồng quay vòng

Hình 2.6. Mô hình tổng quát hệ trục tọa độ động lực học chuyển động của xuồng

2.3. Xây dựng mô hình và thiết lập phương trình vi phân chuyển động của xuồng chữa cháy rừng trầm

Xuồng chữa cháy rừng trầm do đề tài trọng điểm cấp nhà nước KC07.13/06-10 thiết kế chế tạo và đã được sử dụng để tuần tra kiểm soát, chữa cháy rừng trầm tại vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang.

Về mặt cấu tạo gồm thân xuồng và một số thiết bị chuyên dùng để chữa cháy rừng như máy bơm nước, bể chứa nước trung gian, ống dẫn nước... Tất cả các thiết bị được gắn cứng với thân xuồng. Khi xuồng di chuyển thì các thiết bị này cũng cùng di chuyển với thân xuồng.

Xuồng chuyển động được là nhờ chân vịt đẩy được một lượng nước đủ lớn về phía sau để thân xuồng di chuyển về phía trước. Khi đi vào đường vòng và rẽ sang kênh nhánh, bánh lái phải xoay đi một góc để chặn được một lượng nước cần thiết và gây ra một mô men làm quay thân xuồng, nghĩa là xuồng là một cơ hệ gồm một số vật có chuyển động riêng, chúng được liên kết với nhau và khi hoạt động mới tạo ra chuyển động cho hệ.



Hình 2.7. Xuồng chữa cháy rừng trầm

Theo sơ đồ cấu tạo (hình 1.6 và hình 2.7) và nguyên lý hoạt động của xuồng nói trên là một cơ hệ gồm một số bộ phận có thể coi là những vật rắn, có chuyển động riêng biệt và được liên kết với nhau, cụ thể là:

- Thân xuồng: gồm toàn bộ các phần vỏ xuồng, động cơ thủy, máy bơm nước và các chi tiết gắn chặt vào chúng. Phần này có chuyển động trên mặt nước đối với một hệ quy chiếu cố định nào đó là một chuyển động phức tạp;

- Cơ cấu đẩy nước: gồm trục chân vịt và chân vịt có chuyển động quay tương đối với thân xuồng nhờ mô men truyền từ động cơ thông qua hệ thống truyền động;

- Cơ cấu bánh lái: gồm có trục quay bánh lái và bánh lái có chuyển động quay quanh trục của nó và được gắn với thân xuồng.

Do đó xuồng là một cơ hệ gồm ba vật rắn. Để lập mô hình nghiên cứu chuyển động và đánh giá khả năng di chuyển của nó, luận án đưa ra một số giả thiết như sau:

- Về kết cấu: xuồng có ba vật chuyển động riêng với khối lượng quán tính lần lượt gồm khối lượng thân xuồng và các thiết bị gắn chặt trên nó (m_1); khối lượng chân vịt và trục chân vịt (m_2); khối lượng bánh lái và trục của nó (m_3) và các mô men quán tính đối với các trục tương ứng là I_{iX} , I_{iY} và I_{iZ} ;

- Về liên kết: liên kết giữa các vật trong hệ là liên kết khớp quay, bỏ qua ma sát giữa các trục quay, liên kết giữa thân xuồng với nước là liên kết giữ (luôn luôn tiếp xúc với nước), dừng (không phụ thuộc thời gian) và hình học (không phụ thuộc vận tốc – holonom) môi trường nước là môi trường không nén được;

- Về môi trường: nước có tính chất đồng nhất và đẳng hướng. Các lực tương tác giữa nước với thân xuồng và các cơ cấu có chuyển động tương đối với nước theo qui luật của môi trường chất lỏng như lực đẩy Ac-si-met, lực cản chuyển động tỷ lệ với bình phương vận tốc và diện tích cản trực diện (diện tích vuông góc với phương chuyển động);

- Bỏ qua lực cản không khí vì xuồng chuyển động với vận tốc nhỏ và diện tích cản không khí nhỏ;

- Thân xuồng chuyển động trên mặt nước được xác định là các dịch chuyển đối với hệ cố định $O_0X_0Y_0Z_0$ có thể được phân tích thành hai chuyển động cơ bản:

+ Chuyển động trong mặt phẳng thẳng đứng dọc XOY (hình 2.1): thân xuồng chuyển động thẳng khi bánh lái không quay ($\delta = 0$);

+ Các dịch chuyển trong mặt phẳng nằm ngang XOZ (hình 2.2 và hình 2.3), có 2 trường hợp:

1) Thứ nhất là xuồng vừa di chuyển với tốc độ thấp vừa phun nước chữa cháy, khi đó xuồng bị lệch khỏi phương chuyển động một góc $\theta \neq 0$ khi góc phun của vòi phun nước chữa cháy lệch đi một góc β_x so với phương chuyển động OX.

2) Thứ hai là chuyển động quay vòng khi bánh lái đã quay đi một góc $\delta \neq 0$ so với vị trí ban đầu.

Sau đây luận án sẽ lập phương trình chuyển động của xuồng trong ba trạng thái chuyển động nói trên.

2.3.1. Xây dựng mô hình và thiết lập phương trình động lực học khi xuồng chuyển động thẳng

Trong quá trình sử dụng xuồng chữa cháy phải di chuyển trên kênh thẳng có chiều dài hàng chục km, nhiều vật cản (bèo tây) và với vận tốc càng lớn càng tốt để tiếp cận đám cháy, do vậy vấn đề bài toán thứ nhất luận án tập trung giải quyết đó là vận tốc xuồng khi chuyển động thẳng không phun nước.

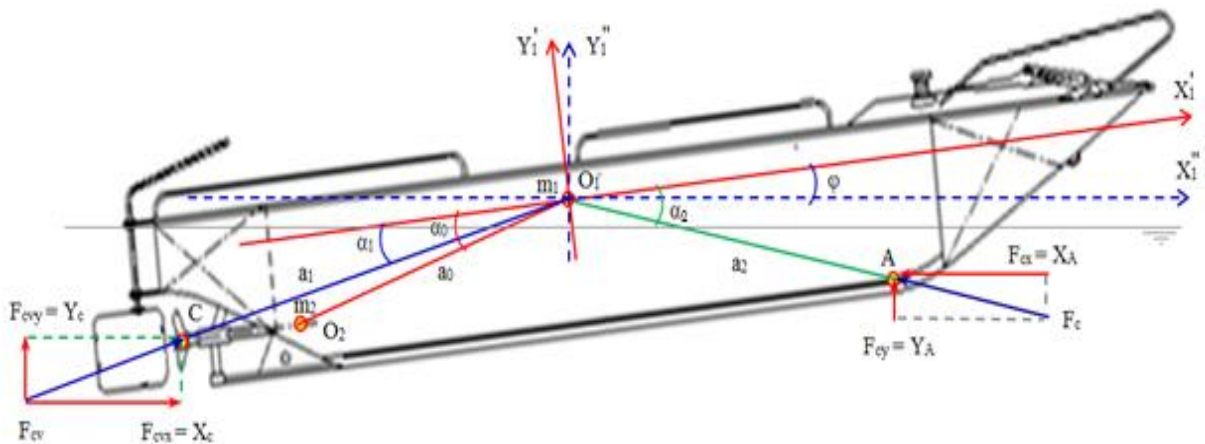
2.3.1.1. Xây dựng mô hình

Giả thiết xây dựng mô hình:

- Lực cản tổng hợp tác dụng lên xuồng đặt tại điểm A được phân thành 2 thành phần X_A và Y_A (trong đó điểm A là lực tác động của lực cản đặt tại tâm diện tích cản của xuồng, lực này phụ thuộc vào góc nghiêng dọc (góc nâng mũi xuồng) φ , chiều chìm của xuồng, vận tốc của xuồng... và ứng với mỗi trạng thái khác nhau vị trí điểm đặt A sẽ khác nhau và giá trị lực cản tổng hợp F_c xác định được sẽ khác nhau).

- Vận tốc của xuồng thấp nên bỏ qua lực cản không khí và lực cản của gió;
- Xuồng hoạt động trên kênh nhỏ mực nước nông nên bỏ qua lực cản sóng;
- Do xuồng có kích thước nhỏ và chạy trên kênh nhỏ, mực nước nông nên lực bức xạ được tính thông qua lực cản tổng hợp;
- Khi chuyển động thẳng bỏ qua mô men phục hồi.

Mô hình động lực học khi xuồng chuyển động thẳng được thể hiện trên hình 2.8.



Hình 2.8. Mô hình động lực học khi xuồng chuyển động thẳng không phun nước chữa cháy

Các ký hiệu trên hình 2.8:

$O_1 \equiv G$ - trọng tâm của xuồng chữa cháy rừng tràn;

O_2 - tâm của hệ trục chân vịt;

A - điểm đặt lực cản chuyển động tổng hợp của xuồng;

C - tâm của chân vịt;

F_{cx} - lực cản chuyển động tổng hợp theo phương $O_1X'_1$ đặt tại điểm A;

F_{cy} - lực cản chuyển động tổng hợp theo phương $O_1Y'_1$ đặt tại điểm A;

F_{cvx} - lực đẩy (phản lực) của chân vịt theo phương $O_1X'_1$;

F_{cvy} - lực đẩy (phản lực) của chân vịt theo phương $O_1Y'_1$;

N - lực nổi (lực đẩy Ac-si-met) của xuồng chữa cháy.

Lực đẩy của nước tác dụng vào cánh chân vịt được thu về tâm C của chân vịt sẽ có các thành phần lực cản tại điểm C : X_C, Y_C, M_{cv} (hình 2.8). Trong đó: lực đẩy F_{cv} của chân vịt được xác định thông qua mô men của trục chân vịt.

Mô men trục chân vịt M_{cv} được xác định từ điều kiện cân bằng mô men của trục chân vịt.

$$M_{cv} = M_{đc}i = N_{đc}\eta/\omega_{cv} = N_{đc}\eta/\dot{\varphi}_2 \quad (2.11)$$

Trong đó: $M_{đc}$ - mô men động cơ đẩy của xuồng;

i - tỉ số truyền của hộp giảm tốc;

$N_{đc}$ - công suất động cơ;

η - hệ số hiệu dụng của hộp giảm tốc;

$\dot{\varphi}_2, \omega_{cv}$ - vận tốc góc của trục chân vịt.

Các thành phần lực này (gồm cả lực cản tổng hợp của nước tác dụng vào thân xuồng và lực tác dụng lên cánh chân vịt) có độ lớn sẽ được xác định bằng thực nghiệm tại hiện trường vì nó phụ thuộc vào môi trường nước và trạng thái chuyển động.

2.3.1.2. Lập phương trình vi phân chuyển động thẳng

Khi chuyển động thẳng, do bánh lái không quay ($\delta = 0$) nên hệ chỉ có hai vật có chuyển động là xuồng và trục chân vịt.

Theo sơ đồ hình 2.8 thì xuồng là một hệ có hai vật rắn chuyển động trong mặt phẳng thẳng đứng, nên số thông số xác định vị trí trong hệ cố định $O_0X_0Y_0Z_0$ là $2 \times 3 = 6$, trong đó có các phương trình liên kết:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 - a_0 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) \\ y_2 &= y_1 - a_0 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) \end{aligned} \right\} \quad (2.12)$$

Trong đó: a_0 - là khoảng cách O_1O_2 ;

α_0 - là góc hợp bởi trục O_1X_1'' với đường thẳng O_1O_2 .

Vì vậy hệ có 4 tọa độ suy rộng (do có hai liên kết) nên chọn các tọa độ suy rộng:

$$q(x_1, y_1, \varphi_1, \varphi_2) \quad (2.13)$$

Trong đó: x_1, y_1 - là các tọa độ trọng tâm của xuồng;

φ_1, φ_2 - lần lượt là góc quay của thân xuồng quanh trục O_1Z_1 và góc quay của trục chân vịt quanh đường tâm của nó.

Để lập phương trình vi phân chuyển động của xuồng theo phương pháp hệ nhiều vật, tiến hành các bước sau:

- Lập vectơ tọa độ khối tâm của các vật 1 (thân xuồng) và vật 2 (trục chân vịt và các cơ cấu dẫn động) dưới dạng ma trận:

$$r_1 = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad r_2 = \begin{bmatrix} x_1 - a_0 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) \\ y_1 - a_0 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

- Lập vectơ vận tốc góc:

$$\omega_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\varphi}_1 \end{bmatrix}; \quad \omega_2 = \begin{bmatrix} \dot{\varphi}_2 \cos(\alpha) \\ \dot{\varphi}_2 \sin(\alpha) \\ 0 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} \dot{\varphi}_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Trong đó: α - là góc hợp bởi đường tâm trục chân vịt với trục OX (trục dọc của thân xuồng). Góc này rất bé nên $\sin \alpha \approx 0$, $\cos \alpha = 1$.

- Từ (2.16), tính được các ma trận Jacôbi tịnh tiến:

$$J_{T_1} = \frac{\partial r_1}{\partial q_i} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

$$J_{T_2} = \frac{\partial r_2}{\partial q_i} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a_0 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) & 0 \\ 0 & 1 & -a_0 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

- Từ (2.17), tính được các ma trận Jacôbi quay của hệ:

$$J_{R_1} = \frac{\partial \omega_1}{\partial \dot{q}_i} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}; J_{R_2} = \frac{\partial \omega_2}{\partial \dot{q}_i} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

- Ma trận mô men quán tính khối lượng:

$$I_{C1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_1 \end{bmatrix}; I_{C2} = \begin{bmatrix} I_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

- Tính ma trận khối lượng $M(q)$:

Biểu thức tổng quát tính ma trận khối lượng:

$$M(q) = \sum_{i=1}^p (J_{T_i}^T m_i J_{T_i} + J_{R_i}^T I_i J_{R_i})$$

$$M(q) = J_{T_1}^T m_1 J_{T_1} + J_{T_2}^T m_2 J_{T_2} + J_{R_1}^T I_1 J_{R_1} + J_{R_2}^T I_2 J_{R_2} \quad (2.20)$$

Trong đó :

$$J_{T_1}^T m_1 J_{T_1} = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$J_{T_2}^T m_2 J_{T_2} =$$

$$= \begin{bmatrix} m_2 & 0 & m_2 a_0 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) & 0 \\ 0 & m_2 & -m_2 a_0 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) & 0 \\ m_2 a_0 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) & -m_2 a_0 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) & m_2 a_0^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$J_{R_1}^T I_1 J_{R_1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; J_{R_2}^T I_2 J_{R_2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_2 \end{bmatrix}$$

Thay các giá trị trên vào biểu thức (2.20), ta được:

$$M(q) = \begin{bmatrix} (m_1 + m_2) & 0 & m_2 a_0 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) & 0 \\ 0 & (m_1 + m_2) & -m_2 a_0 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) & 0 \\ m_2 a_0 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) & -m_2 a_0 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) & (I_1 + m_2 a_0^2) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_2 \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

- Động năng của hệ:

Biểu thức tính động năng của hệ:

$$T = \frac{1}{2} \dot{q}^T M(q) \dot{q} \quad (2.22)$$

Thay $\dot{q} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{y}_1 \\ \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{bmatrix}$ và $\dot{q}^T = [\dot{x}_1 \quad \dot{y}_1 \quad \dot{\varphi}_1 \quad \dot{\varphi}_2]$ và (2.21) vào (2.22), được:

$$T = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (m_1 + m_2)\dot{x}_1^2 + 2m_2 a_0 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) \dot{x}_1 \dot{\varphi}_1 + \\ + (m_1 + m_2)\dot{y}_1^2 - 2m_2 a_0 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) \dot{y}_1 \dot{\varphi}_1 + \\ (I_1 + m_2 a_0^2) \dot{\varphi}_1^2 + I_2 \dot{\varphi}_2^2 \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

- Thế năng của hệ:

Xuồng chuyển động trên mặt nước nên thế năng của hệ là thế năng của lực trọng trường lấy với gốc là vị trí cân bằng nằm ngang, do đó:

$$\Pi = m_1 \cdot g \cdot y_1 + m_2 \cdot g \cdot y_2 = (m_1 + m_2) g y_1 - a_0 g m_2 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) \quad (2.24)$$

- Xác định các thành phần lực suy rộng không có thế:

Các ngoại lực tác dụng không có thế khi xuồng chuyển động thẳng trên mặt nước là các lực cản X_A, Y_A, X_C, Y_C và M_{O_1}, M_{cv} là các mô men của các lực thu gọn về tâm O_1 và tâm của trục chân vịt.

Trong đó: $A(X_A, Y_A)$, và $C(X_C, Y_C)$ là tọa độ các điểm trong hệ động gắn với khối tâm của xuồng như hình 2.8. Các lực này thu gọn về khối tâm thân xuồng và tâm trục chân vịt sẽ được các lực bằng chúng và các mô men:

$$\left. \begin{aligned} M_{O_1} &= X_C \cdot y_C - Y_C \cdot x_C - X_A \cdot y_A + Y_A \cdot x_A \\ M_{cv} &= M_{đc} i = N_{đc} \eta / \dot{\varphi}_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.25)$$

Trong đó: $M_{đc}$ - mô men truyền từ động cơ đến trục chân vịt.

$$\left. \begin{aligned} x_A &= a_2 \cdot \cos \alpha_2; & y_A &= a_2 \cdot \sin \alpha_2; \\ x_C &= a_1 \cdot \cos \alpha_1; & y_C &= a_1 \cdot \sin \alpha_1 \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

Do xuồng luôn luôn tiếp xúc với nước nên:

$$Y_A + Y_C = (m_1 + m_2) g \quad (2.27)$$

Biểu thức công nguyên tố trong di chuyển khả dĩ của hệ:

$$\delta A = -X_A \delta x_A + Y_A \delta y_A + X_C \delta x_C + Y_C \delta y_C + M_{O_1} \delta \varphi_1 + M_C \delta \varphi_2 \quad (2.28)$$

Theo hình 2.8, di chuyển tuyệt đối của điểm A là tổng của các di chuyển tương đối $(A_1 A_1^r)$ và di chuyển theo $(A_1 A_1^e = O_1 O_1^e)$, nên:

$$\begin{aligned} \delta x_A &= \delta x_A^e + \delta x_A^r = \delta x_1 - a_2 \sin \delta \varphi_1 \\ \delta y_A &= \delta y_A^e + \delta y_A^r = \delta y_1 - a_2 \cos \delta \varphi_1 \end{aligned}$$

Vì $\delta \varphi_1$ là vô cùng bé nên có thể coi $\sin \delta \varphi_1 = \delta \varphi_1$ và $\cos \delta \varphi_1 = 1$, do đó

$$\delta x_A = \delta x_1 - a_2 \sin \delta \varphi_1 \approx \delta x_1 - a_2 \delta \varphi_1$$

$$\delta y_A = \delta y_1 - a_2 \cos \delta \varphi_1 \approx \delta y_1 - a_2$$

Tương tự với điểm C, ta có:

$$\delta x_C = \delta x_C^e + \delta C_A^r = \delta x_1 - a_1 \sin \delta \varphi_1 \approx \delta x_1 - a_1 \delta \varphi_1$$

$$\delta y_C = \delta y_C^e + \delta y_C^r = \delta y_1 - a_1 \cos \delta \varphi_1 \approx \delta y_1 - a_1$$

Trong đó: a_1, a_2 là khoảng cách từ trọng tâm xuống đến các điểm A, C:

$$a_1 = O_1C ; a_2 = O_1A$$

- Mô men M_{O_1} trong biểu thức (2.28) được xác định:

$$M_{O_1} = X_C a_1 \sin \alpha_1 - Y_C a_1 \cos \alpha_1 - X_A a_2 \sin \alpha_2 + Y_A a_2 \cos \alpha_2 \quad (2.29)$$

Thay các giá trị trên vào (2.28), thu được:

$$\begin{aligned} \delta A = & (X_C - X_A) \delta x_1 + (Y_C - Y_A) \delta y_1 + [X_C a_1 (1 + \sin \alpha_1) + X_A a_2 (1 - \sin \alpha_2) \\ & + Y_C a_1 \cos \alpha_1 - Y_A a_2 \cos \alpha_2] \delta \varphi_1 + M_{đc} \cdot \delta \varphi_2 - Y_A a_2 - Y_C a_1 \end{aligned} \quad (2.30)$$

Từ (2.30), nhận được các lực suy rộng tương ứng:

$$\left. \begin{aligned} Q_{x_1}^* &= (X_C - X_A); \\ Q_{\varphi_1}^* &= X_C a_1 (1 + \sin \alpha_1) + X_A a_2 (1 - \sin \alpha_2) + Y_C a_1 \cos \alpha_1 - Y_A a_2 \cos \alpha_2; \\ Q_{Y_1}^* &= Y_A + Y_C; \\ Q_{\varphi_2}^* &= M_{đc} i = N_{đc} \eta / \dot{\varphi}_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.31)$$

- Lập phương trình vi phân chuyển động thẳng của hệ:

Phương trình Lagrange loại II có dạng:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \left(\frac{\partial T}{\partial q_i} \right) = - \left(\frac{\partial \Pi}{\partial q_i} \right) + Q_i^* \quad (i = x_1, y_1, \varphi_1, \varphi_2) \quad (2.32)$$

Tính các biểu thức (2.23), (2.24) và (2.31) lần lượt tương ứng theo (2.32), nhận được hệ phương trình vi phân chuyển động thẳng (2.33) của xuống như sau:

$$\left\{ \begin{aligned} (m_1 + m_2) \ddot{x}_1 + a_0 m_2 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) \ddot{\varphi}_1 + a_0 m_2 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) \dot{\varphi}_1^2 &= X_C - X_A \\ (m_1 + m_2) \ddot{y}_1 - a_0 m_2 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) \ddot{\varphi}_1 + a_0 m_2 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) \dot{\varphi}_1^2 &= Y_A + Y_C - (m_1 + m_2)g \\ (I_{1x} + a_0^2 m_2) \ddot{\varphi}_1 + a_0 m_2 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) \ddot{x}_1 - a_0 m_2 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) \ddot{y}_1 + \\ + 2a_0 m_2 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) \dot{x}_1 \dot{\varphi}_1 + 2a_0 m_2 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) \dot{y}_1 \dot{\varphi}_1 - 2a_0 m_2 g \sin(\varphi_1 + \alpha_0) &= \\ &= X_C a_1 (1 + \sin \alpha_1) + X_A a_2 (1 - \sin \alpha_2) + Y_C a_1 \cos \alpha_1 - Y_A a_2 \cos \alpha_2 \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 &= N_{đc} \eta / \dot{\varphi}_2 \end{aligned} \right. \quad (2.33)$$

Nhận xét:

Hệ phương trình vi phân khi xuống chuyển động thẳng không phun nước chứa chày là hệ phương trình vi phân phi tuyến không thuần nhất có các hệ số

chỉ phụ thuộc vào thông số kết cấu của hệ là các khối lượng (m_1, m_2), các kích thước hình học (a_i, x_i), và mô men quán tính (I_i), góc lệch giữa O_1C so với trục O_1X_1'' của xuồng α_1 (góc lắp đặt trục chân vịt).

Vế phải phụ thuộc vào các lực: lực cản tổng hợp của môi trường nước, lực đẩy của chân vịt và công suất động cơ (X_A, Y_A, X_C, Y_C và $N_{đc}$).

Để khảo sát đánh giá khả năng chuyển động của xuồng, làm cơ sở cho việc cải tiến hoàn thiện kết cấu và sử dụng hợp lý xuồng này, cần phải tiến hành giải hệ phương trình vi phân trên theo các điều kiện khác nhau về kết cấu của xuồng và các dạng lực tác dụng từ nước vào thân xuồng. Độ lớn và tính chất của các lực này phải được xác định bằng thực nghiệm tại hiện trường khu rừng tràm ngập nước tại vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang.

2.3.2. Xây dựng mô hình động lực học ổn định hướng chuyển động của xuồng khi vừa chuyển động thẳng vừa phun nước chữa cháy

2.3.2.1. Xây dựng mô hình động lực học chuyển động khi xuồng vừa chuyển động thẳng vừa phun nước chữa cháy rừng

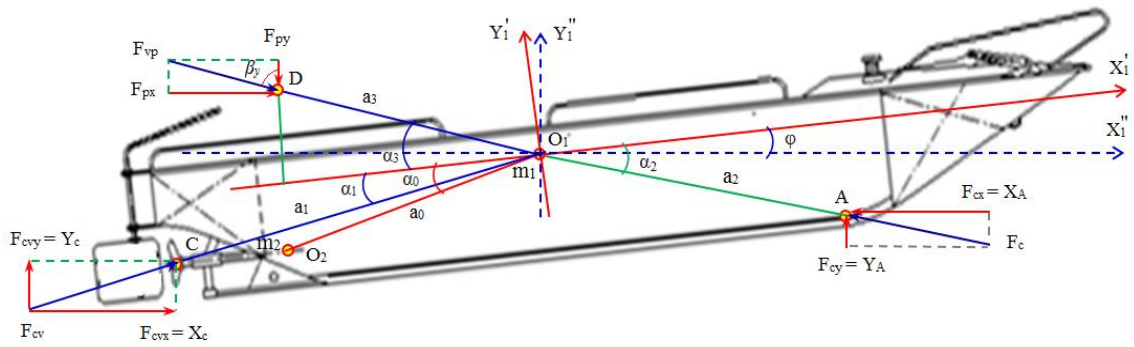
Theo công nghệ chữa cháy rừng tràm, xuồng vừa di chuyển với tốc độ thấp vừa phun nước dập tắt đám cháy, do công nghệ chữa cháy mà vòi phun nước chữa cháy sẽ hợp với phương chuyển động O_1X_1 của xuồng chữa cháy một góc β_x nên lực của vòi phun khi phun nước chữa cháy làm cho xuồng bị lệch khỏi hướng chuyển động theo phương O_1X_1 ban đầu của nó. Từ thực tế hoạt động chữa cháy của xuồng luận án tiến hành xây dựng mô hình động lực học như trên hình 2.9 và hình 2.10.

Mô hình động lực học của xuồng chữa cháy rừng tràm trong trường hợp này tương tự như mô hình của xuồng chữa cháy trong trường hợp xuồng chuyển động thẳng và có thêm các thành phần lực đặt tại điểm D là vị trí đặt vòi phun nước chữa cháy rừng tràm.

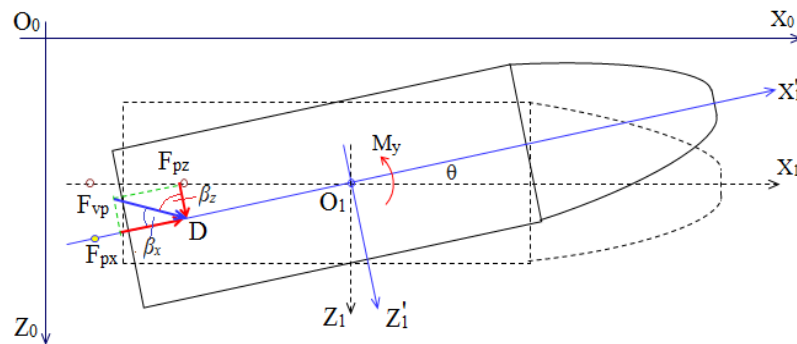
Giải thiết xây dựng mô hình:

- Xuồng vừa chuyển động thẳng với vận tốc nhất định, vừa phun nước chữa cháy rừng

- Góc bánh lái không quay ($\delta = 0$);



Hình 2.9. Mô hình động lực học khi xuống vừa chuyển động thẳng vừa phun nước chữa cháy trong mặt phẳng đứng dọc XOY



Hình 2.10. Mô hình động lực học khi xuống vừa chuyển động thẳng vừa phun nước chữa cháy trong mặt phẳng nằm ngang XOZ.

Các ký hiệu trên hình 2.9 và 2.10:

F_{vp} - lực vòi phun nước chữa cháy rừng tràn;

F_{px} , F_{pz} - lực vòi phun nước chữa cháy rừng tràn theo phương OX và OZ;

β_x, β_z - góc lệch giữa hướng phun nước chữa cháy so với trục dọc (O_1X_1) và trục ngang (O_1Z_1) của thân xuồng.

2.3.2.2. Lập phương trình vi phân ổn định hướng chuyển động của xuồng khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy

Từ mô hình động lực học trên hình 2.9 và hình 2.10 thấy rằng ngoài các lực tác dụng lên xuồng tương tự như trên mô hình khi xuồng chỉ chuyển động thẳng không phun nước chữa cháy (hình 2.8) còn có thêm các lực tác dụng từ vòi phun khi phun nước chữa cháy.

Lực đẩy của vòi phun khi phun nước chữa cháy trong trường hợp xuồng vừa di chuyển vừa phun nước vào đám cháy rừng tràn sẽ xuất hiện phản lực tác dụng vào vòi phun do dòng chất lỏng được phun ra, lực này phụ thuộc vào lưu lượng dòng chất lỏng

và hướng phun của dòng chất lỏng đó. Độ lớn của lực này được xác định theo định luật biến thiên động lượng của dòng chất lỏng, có thể xác định được bằng thực nghiệm vì trong trường hợp chữa cháy rừng lực này phụ thuộc vào nhiều yếu tố như khối lượng riêng của nước được đẩy ra, áp lực không khí ở đầu vòi phun, khoảng cách từ vòi phun đến đám cháy. Giá trị của F_{vp} được xác định bằng lý thuyết hoặc thực nghiệm.

Trong trường hợp tổng quát, giả thiết vòi phun có phương tùy ý trong không gian, lập với các trục tọa độ của xuồng các góc là $\beta_x, \beta_y, \beta_z$ như hình 2.9 và hình 2.10.

Các thành phần của lực F_{vp} theo các trục:

$$\left. \begin{aligned} F_{px} &= F_{vp} \sin \beta_y \sin \beta_z \\ F_{py} &= F_{vp} \cos \beta_y \\ F_{pz} &= F_{vp} \sin \beta_y \cos \beta_z \end{aligned} \right\} \quad (2.34)$$

Khi xuồng vừa chuyển động thẳng vừa phun nước chữa cháy, do bánh lái không quay và vòi phun cũng được đặt ở một vị trí nhất định nên hệ cũng chỉ có hai vật có chuyển động là xuồng và trục chân vịt.

Theo sơ đồ hình 2.9 và hình 2.10 thì xuồng là một hệ có hai vật rắn chuyển động trong không gian, nên số thông số xác định vị trí trong hệ cố định $O_0X_0Y_0Z_0$ là $2 \times 6 = 12$, trong đó có các phương trình liên kết:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 - a_0 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) \cos \theta_1 \\ y_2 &= y_1 - a_0 \sin(\varphi_1 + \alpha_0) \\ z_2 &= z_1 + a_3 \cos(\varphi_1 + \alpha_0) \sin \theta_1 \end{aligned} \right\} \quad (2.35)$$

Trong đó: a_0 - là khoảng cách O_1O_2 ;

α_1 - là góc hợp bởi trục O_1X_1'' với đường thẳng O_1C ;

a_3 - là khoảng cách O_1D ;

θ_1 - là góc lệch hướng chuyển động của xuồng so với phương O_1X_1

ban đầu khi xuồng phun nước chữa cháy.

Khi xuồng quay đi một góc θ_1 quanh trục O_1Y_1 thì trục O_1X_1 cũng quay đi một góc θ_1 tương ứng nên dịch chuyển với hệ cố định sẽ là $x = x_1 \cos \theta_1$ (hình 2.8).

- Nếu $\theta_1 = 90^\circ$ thì $Ox = 0$; nếu $O_1x_1 = 0$ thì $Ox = 0$

Khi đó $z_1 = x \tan \theta_1$

Mặt khác từ hình 2.8 có:

- Nếu $O_1x_1 = 0$ thì $Oz = 0$; nếu $\theta_1 = 0$ thì $Ox = 0$.

$$\text{Do đó } z_1 = x_1 \sin \theta_1 \text{ hay } \sin \theta_1 = \frac{z_1}{x_1} \quad (2.36)$$

Từ đó có 4 phương trình liên kết (2.35) và (2.36).

Đến đây có thể giải quyết bài toán ổn định hướng chuyển động theo 2 cách:

1) Theo nguyên lý cộng tác dụng có thể xác định được z_1 và θ_1 theo các yếu tố là lực của vòi phun và các góc lập giữa phương phun nước với các trục tọa độ $(\beta_x, \beta_y, \beta_z)$.

2) Lập phương trình chuyển động tổng quát của xuồng khi có tác dụng của lực vòi phun.

Phương án (1) có ưu điểm đơn giản dễ thực hiện nhưng chưa kể đến ảnh hưởng của các dịch chuyển theo phương thẳng đứng và nghiêng ngang đến ổn định hướng chuyển động của xuồng theo phương OX.

Phương án (2) thể hiện được đầy đủ các dạng chuyển động nhưng sẽ lập được những phương trình phức tạp, gặp nhiều khó khăn về mặt toán học khi giải quyết bài toán.

Trong phạm vi của luận án chỉ khảo sát ổn định chuyển động theo phương ngang khi phun nước chữa cháy, nên phương án (1) được chọn để giải quyết bài toán.

Vì trục chân vịt gắn chặt với thân xuồng nên góc quay quanh các trục OX, OY và OZ của nó cũng bằng góc quay của thân xuồng:

$$\varphi_2 = \varphi_1; \theta_2 = \theta_1; \psi_2 = \psi_1.$$

Vậy hệ có 6 tọa độ suy rộng (do có hai liên kết) nên ta chọn các tọa độ suy rộng :

$$q(x_1, y_1, z_1, \varphi_1, \theta_1, \psi_1) \quad (2.37)$$

Trong đó: x_1, y_1, z_1 - là các tọa độ trọng tâm của xuồng;

$\varphi_1, \theta_1, \psi_1$ - lần lượt là góc quay thân xuồng quanh trục OZ, OY và OX.

Để lập phương trình vi phân chuyển động của xuồng theo phương pháp hệ nhiều vật cho trường hợp này, luận án tiến hành các bước tương tự như trường hợp xuồng chuyển động thẳng.

Tuy nhiên, các ngoại lực tác dụng không có thể khi xuồng chuyển động trên mặt nước trong trường hợp này là các lực cản $X_A, Y_A, X_C, Y_C, X_D, Y_D$ và M_{O_1}, M_C là các mô men của các lực thu gọn về tâm O_1 và tâm của trục chân vịt, có giá trị được xác định bằng thực nghiệm.

Trong đó: $A(x_A, y_A)$, $C(x_C, y_C)$ và $D(x_D, y_D)$ là tọa độ các điểm trong hệ động gắn với khối tâm của xuồng ($O_1X_1Y_1$) như hình 2.9 và hình 2.10. Các lực này thu gọn về khối tâm thân xuồng và tâm trục chân vịt sẽ được các lực bằng chúng và các mô men:

$$\left. \begin{aligned} M_{O_1} &= X_C \cdot y_C - X_A \cdot y_A + Y_A \cdot x_A - Y_C \cdot x_C + Y_D \cdot x_D - X_D \cdot y_D \\ M_C &= M_{đc} \cdot i = N_d \eta / \dot{\varphi}_2 \\ X_D &= F_{px} = F_{vp} \sin \beta_y \sin \beta_z \\ Y_D &= F_{py} = F_{vp} \cos \beta_y \\ Z_D &= F_{pz} = F_{vp} \sin \beta_y \cos \beta_z \end{aligned} \right\} \quad (2.38)$$

Trong đó: $M_{đc}$ – mô men truyền từ động cơ đến trục chân vịt;

i – tỉ số truyền của hộp giảm tốc.

$$\left. \begin{aligned} x_A &= a_2 \cdot \cos \alpha_2; & y_A &= a_2 \cdot \sin \alpha_2; \\ x_C &= a_1 \cdot \cos \alpha_1; & y_C &= a_1 \cdot \sin \alpha_1 \\ x_D &= a_3 \cdot \cos \alpha_3; & y_D &= a_3 \cdot \sin \alpha_3 \end{aligned} \right\} \quad (2.39)$$

– Xác định các thành phần của lực suy rộng không có thế:

Biểu thức công nguyên tố trong di chuyển khả dĩ của hệ:

$$\delta A = Y_A \delta y_A - X_A \delta x_A + X_C \delta x_C - Y_C \delta y_C - X_D \delta x_D + Y_D \delta y_D + M_{O_1} \delta \varphi_1 + M_C \delta \varphi_2 \quad (2.40)$$

Theo hình 2.9, di chuyển tuyệt đối của điểm A là tổng của các di chuyển tương đối ($A_1 A_1^r$) và di chuyển theo ($A_1 A_1^e = O_1 O_1^e$), nên:

$$\delta x_A = \delta x_A^e + \delta x_A^r = \delta x_1 - a_2 \sin \delta \varphi_1$$

$$\delta y_A = \delta y_A^e + \delta y_A^r = \delta y_1 - a_2 \cos \delta \varphi_1$$

Vì $\delta \varphi_1$ là vô cùng bé nên có thể coi $\sin \delta \varphi_1 = \delta \varphi_1$ và $\cos \delta \varphi_1 = 1$, do đó

$$\delta x_A = \delta x_1 - a_2 \sin \delta \varphi_1 \approx \delta x_1 - a_2 \delta \varphi_1$$

$$\delta y_A = \delta y_1 - a_2 \cos \delta \varphi_1 \approx \delta y_1 - a_2$$

Tương tự với điểm C, có:

$$\delta x_C = \delta x_C^e + \delta C_A^r = \delta x_1 - a_1 \sin \delta \varphi_1 \approx \delta x_1 - a_1 \delta \varphi_1$$

$$\delta y_C = \delta y_C^e + \delta y_C^r = \delta y_1 - a_1 \cos \delta \varphi_1 \approx \delta y_1 - a_1$$

Tương tự với điểm D, có:

$$\delta x_D \approx \delta x_1 - a_3 \delta \varphi_1$$

$$\delta y_D \approx \delta y_1 - a_3$$

Trong đó: a_1 , a_2 và a_3 là khoảng cách từ tâm xuồng đến các điểm A, C và D:

$$a_1 = O_1C; a_2 = O_1A; a_3 = O_1D$$

– Mô men M_{O_1} trong biểu thức (2.38) được xác định:

$$\begin{aligned} M_{O_1} = & X_C a_1 \sin \alpha_1 - Y_C a_1 \cos \alpha_1 - X_A a_2 \sin \alpha_2 + Y_A a_2 \cos \alpha_2 \\ & - X_D a_3 \sin \alpha_3 + Y_D a_3 \cos \alpha_3 \end{aligned} \quad (2.41)$$

Thay các giá trị trên vào (2.40), được:

$$\begin{aligned} \delta A = & (X_C - X_A - F_{vp} \sin \beta_y \sin \beta_z) \delta x_1 + (Y_A - Y_C + F_{vp} \cos \beta_y) \delta y_1 + \\ & + [X_A a_2 (1 - \sin \alpha_2) + X_C a_1 (\sin \alpha_2 - 1) - Y_C a_1 \cos \alpha_1 - Y_A a_2 (1 + \cos \alpha_2) \\ & - a_3 F_{vp} \sin \beta_y \sin \beta_z \cos \alpha_3 + a_3 F_{vp} \cos \beta_y \cos \alpha_3] \delta \varphi_1 \\ & + M_c \cdot \delta \varphi_2 + Y_C a_1 - a_3 F_{vp} \cos \beta_y \end{aligned} \quad (2.42)$$

Từ (2.42), nhận được các lực suy rộng tương ứng:

$$\begin{aligned} Q_{x_1}^* &= (X_C - X_A - F_{vp} \sin \beta_y \sin \beta_z); \\ Q_{\varphi_1}^* &= [X_A a_2 (1 - \sin \alpha_2) + X_C a_1 (\sin \alpha_2 - 1) - Y_C a_1 \cos \alpha_1 - Y_A a_2 (1 + \cos \alpha_2) - \\ & - a_3 F_{vp} \sin \beta_y \sin \beta_z \cos \alpha_3 + a_3 F_{vp} \cos \beta_y \cos \alpha_3] \\ Q_{Y_1}^* &= (Y_A - Y_C + F_{vp} \cos \beta_y); \\ Q_{\varphi_2}^* &= M_c = N_{dc} \eta / \dot{\varphi}_2 \end{aligned} \quad (2.43)$$

Theo nguyên lý cộng tác dụng thì khi có lực cản (phản lực) tác dụng vào vòi phun trong trường hợp xuống vừa chuyển động vừa phun nước vào đám cháy sẽ có hai phương trình chuyển động theo các phương ngang OZ và quay quanh trục thẳng đứng OY:

$$(m_1 + m_2) \ddot{z}_1 = Z_D - F_{Cz} = F_{vp} \sin \beta_y \cos \beta_z - F_{Cz} \quad (2.44)$$

$$I_{1y} \ddot{\theta}_1 = M_{cx} = Z_D \cdot x_D - M_{cy} = a_3 F_{vp} \sin \beta_y \cos \beta_z \cos \alpha_3 - M_{cy} \quad (2.45)$$

Trong đó: F_{Cz} - là lực cản của nước tác dụng vào thân xuống theo phương ngang;

I_1 - mô men quán tính của xuống;

I_2 - mô men quán tính trục chân vịt và cơ cấu dẫn động của nó;

M_{cy} - là mô men cản quay thân xuống quanh trục OY.

Khi xuống quay quanh trục OY, do áp lực của nước tác dụng lên mạn xuống phân bố không đều, thường có dạng hình tam giác như trên hình 2.11b, nên gây ra mô men cản quay M_{cy} .

Lực và mô men cản này có giá trị phụ thuộc chiều dài đoạn tiếp nước hai bên mạn xuồng và vận tốc góc quay $\dot{\theta}_1$.

$$F_{cq} = F_{cqs} - F_{cqt} = k \cdot S_{cqs} \cdot a_S^2 \cdot \dot{\theta}_1^2 - k \cdot S_{cqt} \cdot a_T^2 \cdot \dot{\theta}_1^2 = R_{cq} \cdot \dot{\theta}_1^2 \quad (2.46)$$

$$M_{cy} = F_{cqs} \cdot a_S + F_{cqt} \cdot a_T = k \cdot S_{cqs} \cdot a_S^3 \cdot \dot{\theta}_1^2 + k \cdot S_{cqt} \cdot a_T^3 \cdot \dot{\theta}_1^2 = R_{Mcy} \cdot \dot{\theta}_1^2 \quad (2.47)$$

$$\text{Với } R_{Fb} = (k \cdot S_S \cdot a_S^2 - k \cdot S_T \cdot a_T^2) \text{ và } R_{Mcy} = (k \cdot S_S \cdot a_S^3 + k \cdot S_T \cdot a_T^3) \quad (2.48)$$

Trong đó:

R_{cq} , R_{Mcy} - hệ số cản quay của nước đối với xuồng;

S_{cqt} - diện tích phần thành xuồng tiếp xúc với nước gây cản ở phía trước;

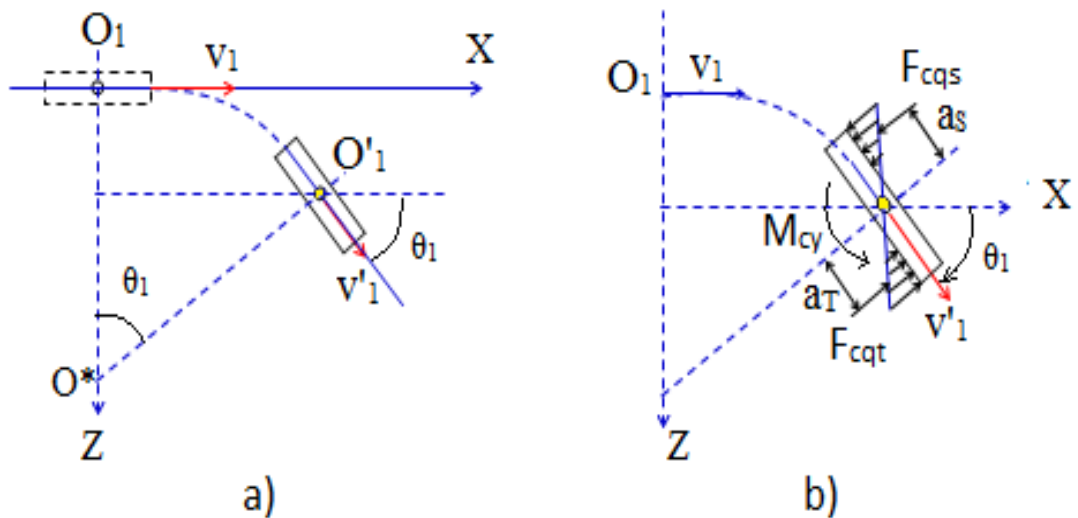
S_{cqs} - diện tích phần thành xuồng tiếp xúc với nước gây cản ở phía sau;

a_T - khoảng cách từ tâm tiết diện S_{cqt} đến trọng tâm thân xuồng;

a_S - khoảng cách từ tâm tiết diện S_{cqs} đến trọng tâm thân xuồng;

F_{cqs} - lực cản quay xuồng do nước gây ra phía bên mạn sau xuồng;

F_{cqt} - lực cản quay xuồng do nước gây ra phía bên mạn trước xuồng.



Hình 2.11. Sơ đồ động học và xác định lực cản khi xuồng quay quanh trục Oy

Thế vào phương trình Lagrange loại II các phương trình (2.23), (2.24), (2.43) và kết hợp với (2.44), (2.45), (2.46), (2.47) thu được hệ gồm sáu phương trình vi phân biểu diễn chuyển động của xuồng khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy thể hiện ở hệ phương trình (2.48). Khi xuồng vừa di chuyển chậm vừa phun nước chữa cháy có 6 phương trình.

$$\left\{ \begin{array}{l}
(m_1 + m_2)\ddot{x}_1 + a_0 \cdot m_2 \sin(\varphi_1 + \alpha_0)\ddot{\varphi}_1 + a_0 m_2 \cos(\varphi_1 + \alpha_0)\dot{\varphi}_1^2 = X_C - X_A - F_{vp} \sin \beta_y \sin \beta_z \\
(m_1 + m_2)\ddot{y}_1 - a_0 m_2 \cos(\varphi_1 + \alpha_0)\ddot{\varphi}_1 + a_0 m_2 \sin(\varphi_1 + \alpha_0)\dot{\varphi}_1^2 = Y_A - Y_C + F_{vp} \cos \beta_y - (m_1 + m_2)g \\
(I_{1x} + a_0^2 m_2)\ddot{\varphi}_1 + a_0 m_2 \sin(\varphi_1 + \alpha_0)\ddot{x}_1 - a_0 m_2 \cos(\varphi_1 + \alpha_0)\ddot{y}_1 + 2a_0 m_2 \cos(\varphi_1 + \alpha_0)\dot{x}_1\dot{\varphi}_1 + \\
2a_0 m_2 \sin(\varphi_1 + \alpha_0)\dot{y}_1\dot{\varphi}_1 = X_A a_2(1 - \sin \alpha_2) + X_C a_1(\sin \alpha_2 - 1) - Y_C a_1 \cos \alpha_1 - Y_A a_2(1 + \cos \alpha_2) - \\
a_3 F_{vp} \sin \beta_y \sin \beta_z \cos \alpha_3 + a_3 F_{vp} \cos \beta_y \cos \alpha_3 + 2a_0 m_2 g \sin(\varphi_1 + \alpha_0) \\
I_2 \ddot{\varphi}_2 = N_{dc} \eta / \dot{\varphi}_2 \\
(m_1 + m_2)\ddot{z}_1 = F_{vp} \sin \beta_y \cos \beta_z - F_{cz} \\
I_{1y} \ddot{\theta}_1 = a_3 \cdot F_{vp} \cdot \cos \alpha_3 \cdot \sin \beta_y \cdot \cos \beta_z - F_{cqs} \cdot a_s + F_{cqt} \cdot a_T = k \cdot S_{cqs} \cdot a_s^3 \cdot \theta_1^2 + k \cdot S_{cqt} \cdot a_T^3 \cdot \theta_1^2
\end{array} \right. \quad (2.48)$$

Nhận xét:

Hệ phương trình vi phân khi xuống vừa chuyển động thẳng vừa phun nước chữa cháy là hệ phương trình vi phân phi tuyến không thuần nhất có các hệ số chỉ phụ thuộc vào thông số kết cấu của hệ là các khối lượng (m_1, m_2), các kích thước hình học (a_i, x_i) và mô men quán tính (I_i), góc α_1 (góc lệch giữa đường tâm trục chân vịt với trọng tâm của xuống so với phương OX trong mặt phẳng đứng dọc), góc lệch β_x giữa vòi phun nước chữa cháy so với phương chuyển động OX trong mặt phẳng nằm ngang.

Vế phải phụ thuộc vào các lực: các lực cản tổng hợp của môi trường nước gây ra, lực đẩy của chân vịt, lực vòi phun nước chữa cháy và công suất động cơ ($X_A, Y_A, X_C, Y_C, X_D, Y_D, F_{vp}$ và N_{dc}).

Để khảo sát đánh giá khả năng ổn định hướng chuyển động của xuống khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy, luận án cần phải tiến hành giải hệ phương trình vi phân trên theo các điều kiện khác nhau về kết cấu của xuống và lực tác dụng của vòi phun, góc đặt vòi phun, vận tốc của xuống.

2.3.3. Xây dựng mô hình ổn định chống lật khi xuống quay vòng rẽ sang kênh vuông góc

Đặc điểm yêu cầu của xuống chữa cháy rừng tràn là chuyển động với vận tốc lớn, kênh rạch trong khu rừng tràn vuông góc với nhau, khi xuống chuyển động quay vòng rẽ vào kênh vuông góc với tốc độ cao thường bị mất ổn định (nước bị tràn qua mạn xuống). Để nghiên cứu tính ổn định khi xuống quay vòng và rẽ sang kênh nhánh cần phải thiết lập mô hình chuyển động của xuống trong trạng thái này. Từ mô hình đó có thể khảo sát, xác định được các thông số động lực học cần thiết đảm bảo an toàn cho xuống khi làm việc trong những điều kiện cụ thể.



Hình 2.12. Xuồng chữa cháy rừng khi chuyển động quay vòng

2.3.3.1. Mô hình cơ học chuyển động quay vòng của xuồng chữa cháy rừng tràn

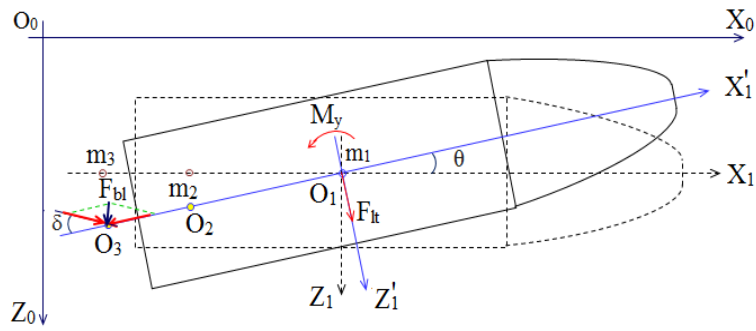
Từ điều kiện thực tế khi xuồng chữa cháy rừng quay vòng, nó chuyển động trong mặt phẳng nằm ngang và mặt phẳng đứng ngang, trong đó có 3 phần tử có thể coi là 3 vật rắn có chuyển động tương đối được với nhau. Đó là thân xuồng, bánh lái và trục chân vịt như hình 2.13 và hình 2.14.

Trong đó bánh lái được xoay đi một góc δ so với vị trí ban đầu. Do áp lực của nước tác dụng vuông góc với bề mặt bánh lái, nên sẽ tạo ra mô men làm quay thân xuồng quanh các trục O_1Y_1 , O_1X_1 và dịch chuyển theo phương O_1Z_1 . Các chế độ chuyển động này cũng sẽ thay đổi tùy thuộc vào giá trị δ khác nhau. Trong trạng thái này cơ hệ gồm 3 vật rắn chuyển động là thân xuồng (O_1), hệ trục chân vịt (O_2), và bánh lái (O_3).

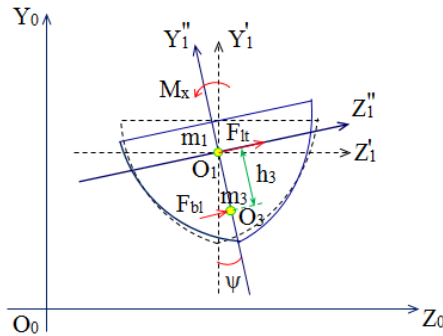
Để lập mô hình cơ học, luận án công nhận một số giả thiết sau:

- Các trục chân vịt, trục bánh lái đều được liên kết với thân xuồng bằng các khớp quay, chúng chỉ có chuyển động quay tương đối quanh các trục của nó;
- Bánh lái được cố định ở một vị trí với góc lệch $\delta = const$;
- Trục chân vịt đang quay với vận tốc góc không đổi $\omega_2 = \dot{\varphi}_2 = const$;
- Lực cản của môi trường nước đối với các dịch chuyển được thu về tâm miền tiếp xúc giữa nước với thân xuồng và bánh lái, có độ lớn tỉ lệ với bình phương vận tốc và diện tích cản trực diện.

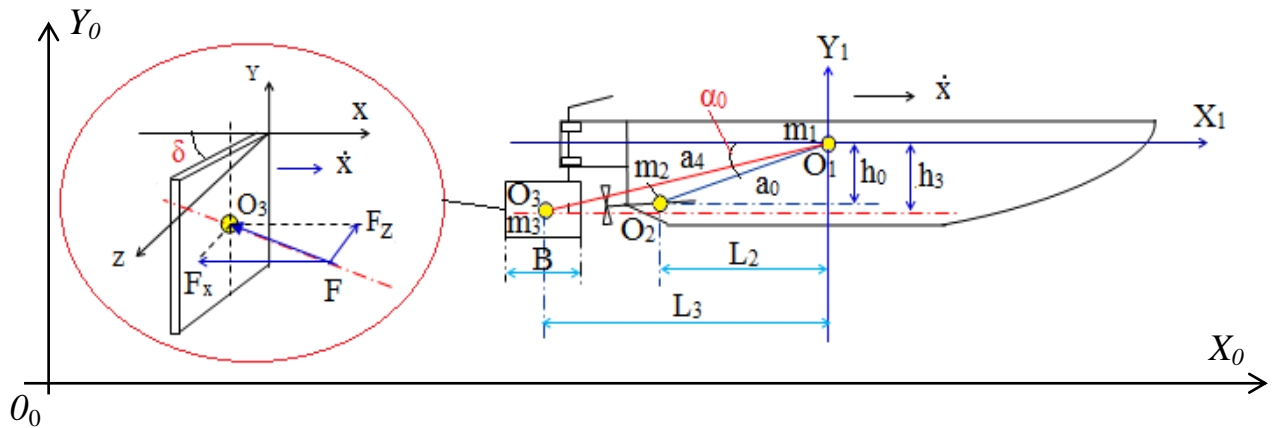
Theo các giả thiết trên thì mô hình cơ học được biểu diễn như trên hình 2.13, hình 2.14 và hình 2.15.



Hình 2.13. Mô hình động lực học khi xuồng quay vòng trong mặt phẳng XOZ



Hình 2.14. Mô hình động lực học khi xuồng quay vòng trong mặt phẳng YOZ



Hình 2.15. Sơ đồ xác định lực tác dụng lên bánh lái khi xuồng quay vòng

Các ký hiệu trên hình 2.13, hình 2.14 và hình 2.15 :

$O_0X_0Y_0$ - hệ trục cố định (quán tính);

$O_1X_1Y_1$ - hệ trục động (gắn với khối tâm thân xuồng O_1);

O_1, O_2, O_3 - tọa độ khối tâm thân xuồng, trục chân vịt và trục bánh lái;

δ - góc quay tương đối của trục bánh lái, góc giữa mặt bánh lái với O_1X_1 ;

θ - góc xoay của thân xuồng quanh trục thẳng đứng O_1Y_1 ;

ψ - góc xoay của thân xuồng quanh trục dọc O_1X_1 (góc nghiêng ngang) ;

F_{lt} - Lực ly tâm khi xuồng quay vòng

L_2, h_2, L_3, h_3 - khoảng cách theo phương ngang và thẳng đứng từ O_1 đến O_2 và O_3 .

Gọi lực đặt vào tâm bánh lái là F_{bl} có cường độ là:

$$F_{bl} = k \cdot S_{bl} \cdot v_n^2 \quad (2.49)$$

Trong đó: k - hệ số cản phụ thuộc vào bản chất của môi trường nước tại nơi xuồng di chuyển;

S_{bl} - diện tích bề mặt tấm bánh lái;

v_n - vận tốc trực diện của nước tác dụng lên bề mặt tấm lái:

$v_n = (\dot{x}_1 + v_c) \sin \delta$ với \dot{x}_1 - vận tốc của thân xuồng theo phương OX;

v_c - vận tốc tịnh tiến của dòng nước do chân vịt đẩy.

Thu gọn lực F_{bl} về tâm O_3 , sẽ được các thành phần lực F_x, F_z và mô men M_x, M_y như trên hình 2.12, hình 2.13 và hình 2.14. Trong đó

$$\left. \begin{aligned} F_x &= F_{bl} \sin \delta = k S_{bl} v_n^2 \sin \delta \\ F_z &= F_{bl} \cos \delta = k S_{bl} v_n^2 \cos \delta \\ F_y &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.50a)$$

$$\left. \begin{aligned} M_{x1} &= h_3 F_z = h_3 k S_{bl} v_n^2 \cos \delta \\ M_{y1} &= L_3 F_x = L_3 k S_{bl} v_n^2 \sin \delta \\ M_{z1} &= h_3 F_x = h_3 k S_{bl} v_n^2 \sin \delta \end{aligned} \right\} \quad (2.50b)$$

Tương tự như trường hợp khi xuồng vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy. Khi xuồng quay vòng cũng chịu áp lực của nước tác dụng lên mạn xuồng phân bố không đều, thường có dạng hình tam giác như trên hình 2.11b, nên cũng gây ra mô men cản quay M_{cy} . Lực và mô men cản này cũng có giá trị phụ thuộc chiều dài đoạn tiếp nước hai bên mạn xuồng và vận tốc góc quay $\dot{\theta}_1$ khi xuồng quay vòng.

$$F_{cq} = F_{cqs} - F_{cqt} = k \cdot S_{cqs} \cdot a_s^2 \cdot \dot{\theta}_1^2 - k \cdot S_{cqt} \cdot a_T^2 \cdot \dot{\theta}_1^2 = R_{cq} \cdot \dot{\theta}_1^2 \quad (2.51)$$

$$M_{cy} = F_{cqs} \cdot a_s + F_{cqt} \cdot a_T = k \cdot S_{cqs} \cdot a_s^3 \cdot \dot{\theta}_1^2 + k \cdot S_{cqt} \cdot a_T^3 \cdot \dot{\theta}_1^2 = R_{mcy} \cdot \dot{\theta}_1^2 \quad (2.52)$$

$$\text{Với } R_{fb} = (k \cdot S_s \cdot a_s^2 - k \cdot S_T \cdot a_T^2) \text{ và } R_{mcy} = (k \cdot S_s \cdot a_s^3 + k \cdot S_T \cdot a_T^3) \quad (2.53)$$

Trong đó:

R_{cq}, R_{mcy} - hệ số cản quay của nước đối với xuồng;

S_{cqt} - diện tích phần thành xuồng tiếp xúc với nước gây cản ở phía trước;

S_{cqs} - diện tích phần thành xuồng tiếp xúc với nước gây cản ở phía sau;

a_T - khoảng cách từ tâm tiết diện S_{cqt} đến trọng tâm thân xuồng;

a_S - khoảng cách từ tâm tiết diện S_{cqs} đến trọng tâm thân xuồng;

F_{cqs} - lực cản quay xuồng do nước gây ra phía bên mạn sau xuồng;

F_{cqt} - lực cản quay xuồng do nước gây ra phía bên mạn trước xuồng.

Lực cản bên F_{cq} có hai thành phần theo các trục OX và OZ là:

$$F_{cqX} = F_{cq} \cdot \sin \theta_1 = R_{cq} \cdot \dot{\theta}_1^2 \cdot \sin \theta_1 \quad (2.54)$$

$$F_{cqZ} = F_{cq} \cdot \cos \theta_1 = R_{cq} \cdot \dot{\theta}_1^2 \cdot \cos \theta_1 \quad (2.55)$$

Tương tự khi xuồng xoay quanh trục dọc OX (nghiêng ngang) cũng sẽ có mô men cản M_{CX} với hệ số cản nghiêng R_{Mcx} :

$$M_{cx} = R_{Mcx} \dot{\psi}_1^2 \quad (2.56)$$

Lực ly tâm được xác định theo công thức:

$$F_{lt} = \frac{Mv^2}{r} \quad (2.57)$$

Trong đó: F_{lt} - Lực ly tâm khi xuồng quay vòng;

M - khối lượng toàn bộ của xuồng;

v - vận tốc khi xuồng quay vòng;

r - bán kính quay vòng.

2.3.3.2. Lập phương trình vi phân chuyển động quay vòng của xuồng chữa cháy

Khi xuồng chuyển động quay vòng bánh lái được giữ ở vị trí có góc lệch $\delta = const$, nên cơ hệ gồm 2 vật rắn là thân xuồng cùng bánh lái và trục chân vịt như hình 2.13, hình 2.14 và hình 2.15.

Các khối lượng của thân xuồng và hệ trục chân vịt là m_1 và m_2 , mô men quán tính khối lượng của chúng đối với các trục tương ứng là I_{1x} , I_{1y} , I_{1z} và I_2 . Trong mặt phẳng nằm ngang hệ có 8 thông số định vị là các dịch chuyển dài (x_i, z_i) và các dịch chuyển góc (ψ_i, θ_i) xoay quanh các trục OX và OY, ($i=1, 2$).

Trong đó trục chân vịt có chuyển động tương đối, quay quanh các ổ trục gắn với thân xuồng với góc φ_2 .

Theo hình 2.13, hình 2.14 và hình 2.15, có các liên kết sau:

$$\left. \begin{aligned} \theta_2 &= \theta_1 \\ x_2 &= x_1 - L_2 \cdot \cos \theta_1 \\ z_2 &= z_1 - h_0 \cdot \sin \psi_1 \end{aligned} \right\} \quad (2.58)$$

Trong đó, đặt: $L_2 = a_0 \cos \alpha_0$; $h_0 = a_0 \sin \alpha_0$

Vậy hệ có 5 bậc tự do, ta chọn các tọa độ suy rộng đủ cho hệ này là :

$$q(x_1, z_1, \psi_1, \theta_1, \varphi_1) \quad (2.59)$$

Véc tơ tọa độ khối tâm khâu 1 (gồm thân xuống và các thiết bị gắn cứng trên đó), tọa độ khối tâm khâu 2 (gồm trục chân vịt và chân vịt):

$$r_1 = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ 0 \\ z_1 \end{bmatrix}; r_2 = \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 - L_2 \cos \theta_1 \\ 0 \\ z_1 - h_0 \sin \psi_1 \end{bmatrix} \quad (2.60)$$

Từ (2.58) ta tính được các ma trận Jacobi tịnh tiến

$$J_{T1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; J_{T2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_2 \sin \theta_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -h_0 \cos \psi_1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.61)$$

Véc tơ vận tốc góc các khâu

$$\omega_1 = \begin{bmatrix} \omega_{1x} \\ \omega_{1y} \\ \omega_{1z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{\psi}_1 \\ \dot{\theta}_1 \\ 0 \end{bmatrix}; \omega_2 = \begin{bmatrix} \dot{\psi}_1 + \dot{\varphi}_2 \cos \alpha_0 \\ \dot{\theta}_1 - \dot{\varphi}_2 \sin \alpha_0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.62)$$

Ở đây $\dot{\varphi}_2$ và α_0 là vận tốc góc quay của trục chân vịt và góc hợp giữa O_1O_2 với O_1X_1 .

Các ma trận Jacobi quay

$$J_{r1} = \frac{\partial \omega_1}{\partial \dot{q}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; J_{r2} = \frac{\partial \omega_2}{\partial \dot{q}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & \cos \alpha_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -\sin \alpha_0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.63)$$

Các ma trận mô men quán tính khối lượng

$$I_{C1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & I_{1x} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{1y} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; I_{C2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & I_{2x} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{2y} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I_{2z} \end{bmatrix} \quad (2.64)$$

Tính ma trận khối lượng:

$$M(q) = J_{T1}^T m_1 J_{T1} + J_{T2}^T m_2 J_{T2} + J_{R1}^T I_1 J_{R1} + J_{R2}^T I_2 J_{R2} \quad (2.65)$$

$$J_{T1}^T m_1 J_{T1} = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$J_{T2}^T m_2 J_{T2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -h_0 \cos \psi_1 \\ L_2 \sin \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} m_2 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_2 \sin \theta_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -h_0 \cos \psi_1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} m_2 & 0 & 0 & m_2 L_2 \sin \theta_1 & 0 \\ 0 & m_2 & -m_2 h_0 \cos \psi_1 & 0 & 0 \\ 0 & -m_2 h_0 \cos \psi_1 & m_2 h_0^2 \cos^2 \psi_1 & 0 & 0 \\ m_2 L_2 \sin \theta_1 & 0 & 0 & m_2 L_2^2 \sin^2 \theta_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

Tương tự: $J_{R1}^T I_1 J_{R1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{1x} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{1y} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

$$J_{R2}^T I_2 J_{R2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{2x} & 0 & -I_2 \cos \alpha_0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{2y} & -I_2 \sin \alpha_0 \\ 0 & 0 & -I_2 \cos \alpha_0 & -I_2 \sin \alpha_0 & I_2 \end{bmatrix}$$

Thay các giá trị này vào biểu thức (2.65) ta có:

$M(q) =$

$$\begin{bmatrix} (m_1 + m_2) & 0 & 0 & m_2 L_2 \sin \theta_1 & 0 \\ 0 & (m_1 + m_2) & -m_2 h_0 \cos \psi_1 & 0 & 0 \\ 0 & -m_2 h_0 \cos \psi_1 & (I_{1x} + I_2 + m_2 h_0^2 \cos^2 \psi_1) & 0 & -I_2 \cos \alpha_0 \\ m_2 L_2 \sin \theta_1 & 0 & 0 & (I_{1y} + I_2 + m_2 h_0^2 \cos^2 \psi_1) & -I_2 \sin \alpha_0 \\ 0 & 0 & -I_2 \cos \alpha_0 & -I_2 \sin \alpha_0 & I_2 \end{bmatrix} \quad (2.66)$$

Động năng của hệ: $T = \frac{1}{2} \dot{q}^T M(q) \dot{q}$ (2.67)

Thay $\dot{q} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{z}_1 \\ \dot{\psi}_1 \\ \dot{\theta}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \end{bmatrix}$ và $\dot{q}^T = [\dot{x}_1 \quad \dot{z}_1 \quad \dot{\psi}_1 \quad \dot{\theta}_1 \quad \dot{\varphi}_2]$ vào (2.61), ta có:

$$T = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (m_1 + m_2) \dot{x}_1^2 + (2m_2 L_2 \sin \theta_1) \dot{x}_1 \dot{\theta}_1 \\ + (m_1 + m_2) \dot{z}_1^2 - (2m_2 h_0 \cos \psi_1) \dot{z}_1 \dot{\psi}_1 \\ + (m_2 h_0^2 \cos^2 \psi_1 + I_{1x} + I_2) \dot{\psi}_1^2 - (2I_2 \cos \alpha_0) \dot{\psi}_1 \dot{\varphi}_2 \\ + (m_2 L_2^2 \sin^2 \theta_1 + I_{1y} + I_2) \dot{\theta}_1^2 - (2I_2 \sin \alpha_0) \dot{\theta}_1 \dot{\varphi}_2 \\ + I_2 \dot{\varphi}_2^2 \end{bmatrix} \quad (2.68)$$

* Tính các đạo hàm

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} \right) = (m_1 + m_2) \ddot{x}_1 + (m_2 L_2 \sin \theta_1) \ddot{\theta}_1 + (m_2 L_2 \cos \theta_1) \dot{\theta}_1^2 ;$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{z}_1} \right) = (m_1 + m_2) \ddot{z}_1 + (m_2 h_0 \cos \psi_1) \ddot{\psi}_1 + (m_2 h_0 \sin \psi_1) \dot{\psi}_1^2 ;$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}_1} \right) &= (m_2 h_0^2 \cos^2 \psi_1 + I_{1x} + I_2) \ddot{\psi}_1 - (m_2 h_0^2 \cos \psi_1 \sin \psi_1) \dot{\psi}_1^2 - \\ &\quad (m_2 h_0 \cos \psi_1) \ddot{z}_1 + (m_2 h_0 \sin \psi_1) \dot{z}_1 \dot{\psi}_1 - (I_2 \cos \alpha_0) \ddot{\varphi}_2 ; \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}_1} \right) &= \\ &\quad (m_2 L_2^2 \sin^2 \theta_1 + I_{1y} + I_2) \ddot{\theta}_1 - (m_2 L_2^2 \sin \theta_1) \ddot{x}_1 + \\ &\quad (m_2 L_2 \cos \theta_1) \dot{x}_1 \dot{\theta}_1 + (m_2 L_2^2 \sin \theta_1 \cos \theta_1) \dot{\theta}_1^2 - (I_2 \sin \alpha_0) \ddot{\varphi}_2 ; \\ \frac{\partial T}{\partial x_1} &= 0 ; \quad \frac{\partial T}{\partial z_1} = 0 ; \\ \frac{\partial T}{\partial \psi_1} &= (m_2 h_0 \sin \psi_1) \dot{z}_1 \dot{\psi}_1 - (m_2 h_0^2 \cos \psi_1 \sin \psi_1) \dot{\psi}_1^2 ; \\ \frac{\partial T}{\partial \theta_1} &= (m_2 L_2 \cos \theta_1) \dot{x}_1 \dot{\theta}_1 + (m_2 L_2^2 \sin \theta_1 \cos \theta_1) \dot{\theta}_1^2 \end{aligned}$$

* Thế năng của hệ:

Xuồng chuyển động trên mặt nước nên thế năng của hệ là thế năng của lực trọng trường lấy với gốc là vị trí cân bằng nằm ngang, do đó:

$$\Pi(mg) = m_1 g y_1 + m_2 g y_2 = 0$$

* Lực suy rộng không có thế

Các ngoại lực tác dụng khi xuồng chuyển động quay vòng trên mặt nước là lực cản của nước đặt tại tâm miền tiếp xúc của nước với thân xuồng và lực tại vị trí tâm bánh lái O_3 . Chúng được xác định theo các biểu thức từ (2.51) đến (2.55).

Để xác định các thành phần của lực suy rộng không thế, ta tìm biểu thức công nguyên tố trong di chuyển khả dĩ của hệ:

$$\begin{aligned} \delta A &= (X_c - F_{cq_x} - F_x) \delta x_1 + (Z_c - F_z - F_{lt} - F_{cq_z}) \delta z_1 + (M_x - M_{cx}) \delta \psi_1 \\ &\quad + (M_y - M_{cy}) \delta \theta_1 + M_{dc} \cdot \delta \varphi_2 = 0 \quad (2.69) \end{aligned}$$

Các di chuyển khả dĩ $\delta x_1, \delta z_1, \delta \psi_1, \delta \theta_1, \delta \varphi_2$ độc lập, ta nhận được:

$$\left. \begin{aligned} Q_{x_1}^* &= X_c - F_{cq_x} - F_x; \quad Q_{z_1}^* = Z_c - F_z - F_{lt} - F_{cq_z} \\ Q_{\psi_1}^* &= M_x - M_{cx}; \quad Q_{\theta_1}^* = M_y - M_{cy}; \quad Q_{\varphi_1}^* = M_{dc} \end{aligned} \right\} \quad (2.70)$$

Trong đó: X_c - là thành phần lực đẩy của chân vịt (X_q) theo phương Ox ;

Z_c - là các thành phần lực đẩy của chân vịt (X_q) theo phương Oz ;

Giá trị của X_q phụ thuộc tốc độ quay của trục chân vịt ($\dot{\varphi}_2$)

Các thành phần $F_x, F_z, F_{lx}, M_x, M_y$ và $F_{cqx}, F_{cqz}, M_{cx}, M_{cy}$ được xác định theo các công thức từ (2.50) đến (2.57).

Do giả thuyết chân vịt quay với tốc độ không đổi, nên $(I_2 \sin \alpha_0) \ddot{\varphi}_2 = 0$.

Thế các biểu thức trên vào phương trình Lagranger loại II thu được phương trình vi phân chuyển động quay vòng của xuồng chữa cháy rừng trong mặt phẳng nằm ngang:

$$\left\{ \begin{array}{l} (m_1 + m_2) \ddot{x}_1 + (m_2 L_2 \sin \theta_1) \ddot{\theta}_1 + (m_2 L_2 \cos \theta_1) \dot{\theta}_1^2 = Q_{x1}^* \\ (m_1 + m_2) \ddot{z}_1 + (m_2 h_0 \cos \psi_1) \ddot{\psi}_1 + (m_2 h_0 \sin \psi_1) \dot{\psi}_1^2 = Q_{z1}^* \\ (m_2 h_0^2 \cos^2 \psi_1 + I_{1x} + I_2) \ddot{\psi}_1 - (m_2 h_0 \cos \psi_1) \dot{z}_1 = Q_{\psi_1}^* \\ (m_2 L_2^2 \sin^2 \theta_1 + I_{1y} + I_2) \ddot{\theta}_1 - (m_2 L_2^2 \sin \theta_1) \dot{x}_1 = Q_{\theta_1}^* \end{array} \right. \quad (2.71)$$

Sau khi đưa các biểu thức từ (2.50)÷(2.56) và (2.68) vào (2.71), ta có hệ phương trình (2.72) như sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} k S_{bl} \dot{x}_1^2 \sin^2 \delta \cos \delta + (m_2 h_0 \sin \psi_1) \dot{\psi}_1^2 + (k S_{cqs} a_S^2 - k S_{cqt} a_T^2) \dot{\theta}_1^2 \cos \theta_1 = 0 \\ (m_1 + m_2) \ddot{z}_1 + (m_2 h_0 \cos \psi_1) \ddot{\psi}_1 + \left(\frac{M}{r} + k S_{bl} \sin^2 \delta \cos \delta\right) \dot{x}_1^2 \\ \quad + (m_2 h_0 \sin \psi_1) \dot{\psi}_1^2 + (k S_{cqs} a_S^2 \dot{\theta}_1^2 - k S_{cqt} a_T^2 \dot{\theta}_1^2) \dot{\theta}_1^2 \cos \theta_1 = 0 \\ (m_2 h_0^2 \cos^2 \psi_1 + I_{1x} + I_2) \ddot{\psi}_1 + (m_2 h_0 \cos \psi_1) \dot{z}_1 \\ \quad - h_3 \cdot k \cdot S_{bl} \cdot \dot{x}_1^2 \sin^2 \theta_1 \cos \theta_1 + R_{M_{cx}} \dot{\psi}_1^2 = 0 \\ (m_2 L_2^2 \cos^2 \theta_1 + I_{1y} + I_2) \ddot{\theta}_1 + (m_2 L_2 \sin \theta_1) \dot{x}_1 \\ \quad - L_3 \cdot k \cdot S_{bl} \cdot \dot{x}_1^2 \sin^3 \delta + (k \cdot S_{cqs} \cdot a_S^3 \cdot \dot{\theta}_1^2 + k \cdot S_{cqt} \cdot a_T^3 \cdot \dot{\theta}_1^2) \dot{\theta}_1^2 = 0 \end{array} \right. \quad (2.72)$$

Nhận xét:

1. Mô hình chuyển động quay vòng của xuồng chữa cháy rừng là hệ có 2 vật rắn di chuyển trong mặt phẳng nằm ngang được biểu diễn trên hình 2.13 và hình 2.14 với các lực tác dụng và quan hệ động học như hình 2.15.

2. Phương trình vi phân chuyển động quay vòng của xuồng (2.72) là hệ phương trình phi tuyến, không thuần nhất có các hệ số phụ thuộc vào các thông số kết cấu bao gồm diện tích mặt cắt ngang S_n , chiều cao tọa độ trong tâm h_0 và h_3 , khoảng cách trong mặt phẳng nằm ngang từ tọa độ trong tâm của xuồng đến tâm trục chân vịt và tâm bánh lái L_2, L_3 và các đại lượng động lực học của hệ bao gồm vận tốc khi quay vòng, góc đánh lái.

3. Để có cơ sở cải tiến kết cấu cho xuồng hoặc xác định chế độ quay vòng hợp lý luận án phải tiến hành khảo sát hệ phương trình động lực học đã lập ở trên, việc khảo sát hệ phương trình vi phân (2.72) được thực hiện bằng phần mềm chuyên dùng. Kết quả khảo sát được trình bày ở chương 3

Kết luận chương 2

1. Luận án đã xây dựng được mô hình tính toán động lực học của xuồng với 3 bài toán cần phải giải quyết trong yêu cầu thực tiễn đó là: mô hình động lực học của xuồng khi chuyển động thẳng trên kênh có nhiều chướng ngại vật (hình 2.8); mô hình động lực học ổn định hướng chuyển động của xuồng khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy rừng (hình 2.9 và hình 2.10); mô hình động lực học ổn định chống lật của xuồng khi quay vòng rẽ nhánh vào kênh vuông góc (hình 2.13, hình 2.14 và hình 2.15)

2. Luận án đã thiết lập được hệ phương trình vi phân chuyển động thẳng của xuồng trên kênh có nhiều chướng ngại vật (2.33); phương trình vi phân ổn định hướng chuyển động của xuồng khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy rừng (2.48); phương trình vi phân ổn định chống lật của xuồng khi quay vòng rẽ nhánh vào kênh vuông góc (2.72).

Chương 3

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ ĐẾN CHUYỂN ĐỘNG VÀ ỔN ĐỊNH CỦA XUỒNG CHỮA CHÁY RỪNG TRÀM

3.1. Yêu cầu kỹ thuật của xuồng chữa cháy rừng tràm

Căn cứ vào yêu cầu kỹ thuật của xuồng chữa cháy rừng tràm, luận án đưa ra chỉ tiêu đánh giá khả năng hoạt động của xuồng chữa cháy rừng tràm như sau:

- Vận tốc của xuồng phải đủ lớn khi di chuyển trên kênh có nhiều bèo tây để đáp ứng yêu cầu về thời gian tiếp cận đám cháy để dập lửa, theo yêu cầu về công nghệ chữa cháy thì vận tốc tối thiểu của xuồng $v \geq 25\text{km/h}$.

- Xuồng phải ổn định hướng chuyển động khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy rừng, vừa đảm bảo vận tốc của xuồng ở giá trị nhất định để dập tắt được ngọn lửa (xuồng chạy nhanh không dập tắt được đám cháy), chỉ tiêu này đánh giá bằng góc lệch hướng θ . Theo yêu cầu về công nghệ chữa cháy rừng tràm thì vận tốc của xuồng khi phun nước chữa cháy rừng là $v=3-5\text{km/h}$, góc lệch hướng $\theta \leq 5^\circ$.

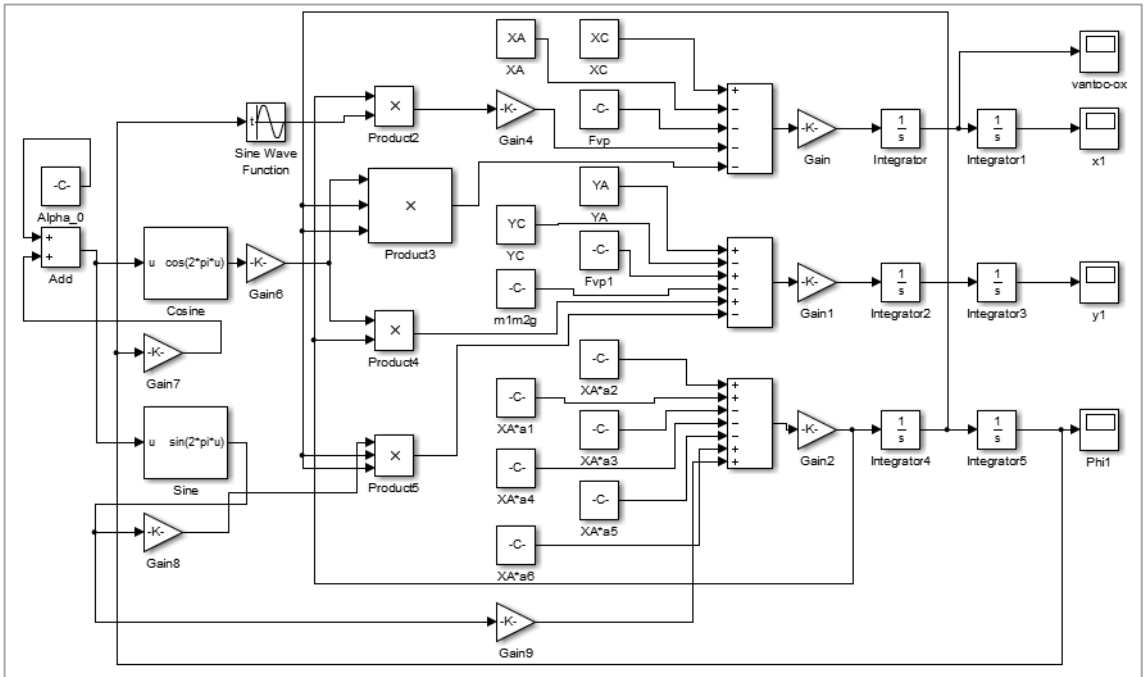
- Xuồng phải ổn định chống lật trong mọi trường hợp hoạt động của xuồng khi quay vòng rẽ vào kênh vuông góc, chỉ tiêu này đánh giá bằng góc nghiêng ngang ψ . Để cho xuồng không bị lật và nước không tràn vào trong khoang thì góc nghiêng ngang của xuồng $[\psi] \leq 23^\circ$.

3.2. Xây dựng sơ đồ thuật toán khảo sát động lực học của xuồng chữa cháy rừng

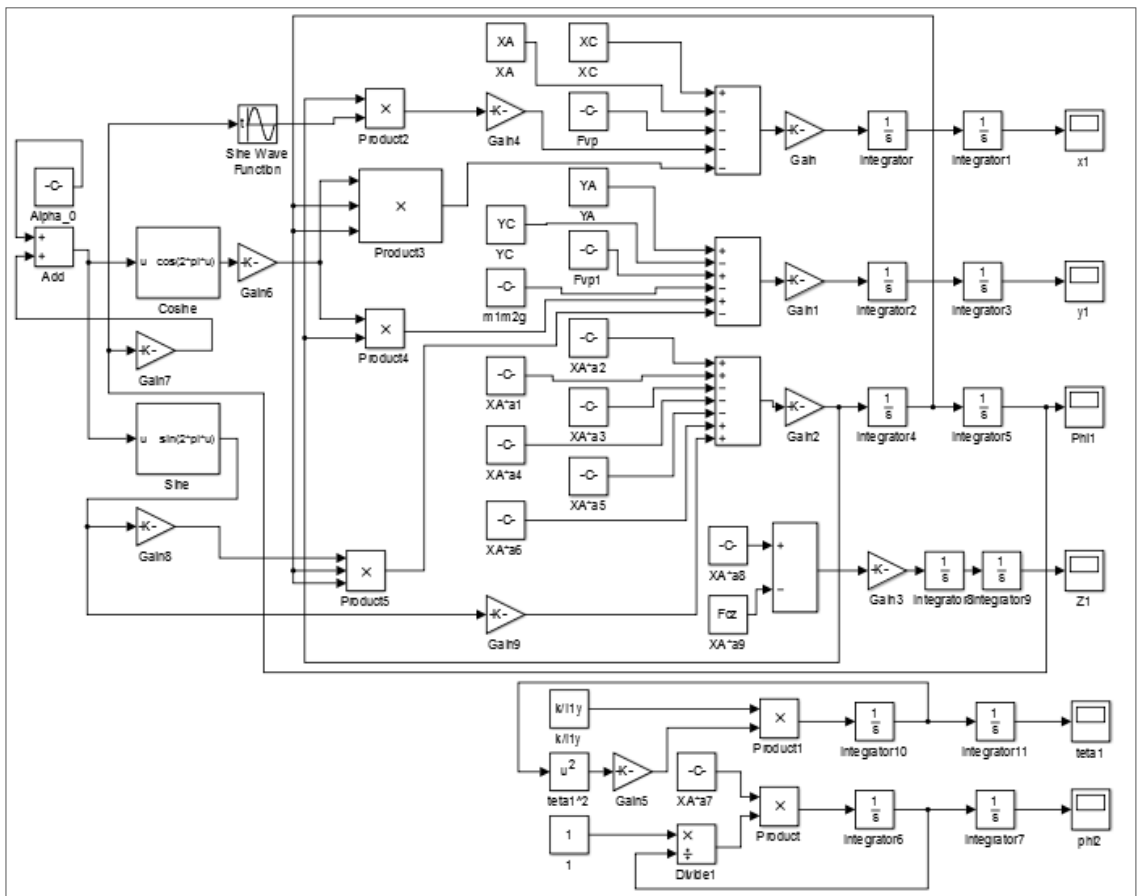
Để khảo sát động lực học của xuồng chữa cháy rừng có thể dùng nhiều phần mềm khác nhau như Mathematical, Maple, Matlab – Simulink. Trong luận án sử dụng phần mềm Matlab – Simulink để khảo sát.

Phần mềm Matlab – Simulink là một công cụ hỗ trợ được sử dụng phổ biến hiện nay để giải và mô phỏng hệ phương trình vi phân. Phần cốt lõi của chương trình bao gồm các hàm toán, các chức năng nhập, xuất, cũng như các chức năng điều khiển chu trình. Simulink là một phần chương trình mở rộng của Matlab. Mô hình đồ họa trên Simulink cho phép thể hiện hệ thống dưới dạng sơ đồ liên kết các khối tín hiệu và các khối chức năng. Simulink có thư viện phong phú với các khối chức năng cho các hệ tuyến tính, phi tuyến và gián đoạn, có khả năng tích hợp hệ thống mạnh, được ứng dụng rộng rãi trong các ngành khoa học khác nhau đem lại những kết quả đáng tin cậy cho các công trình nghiên cứu của các nhà khoa học.

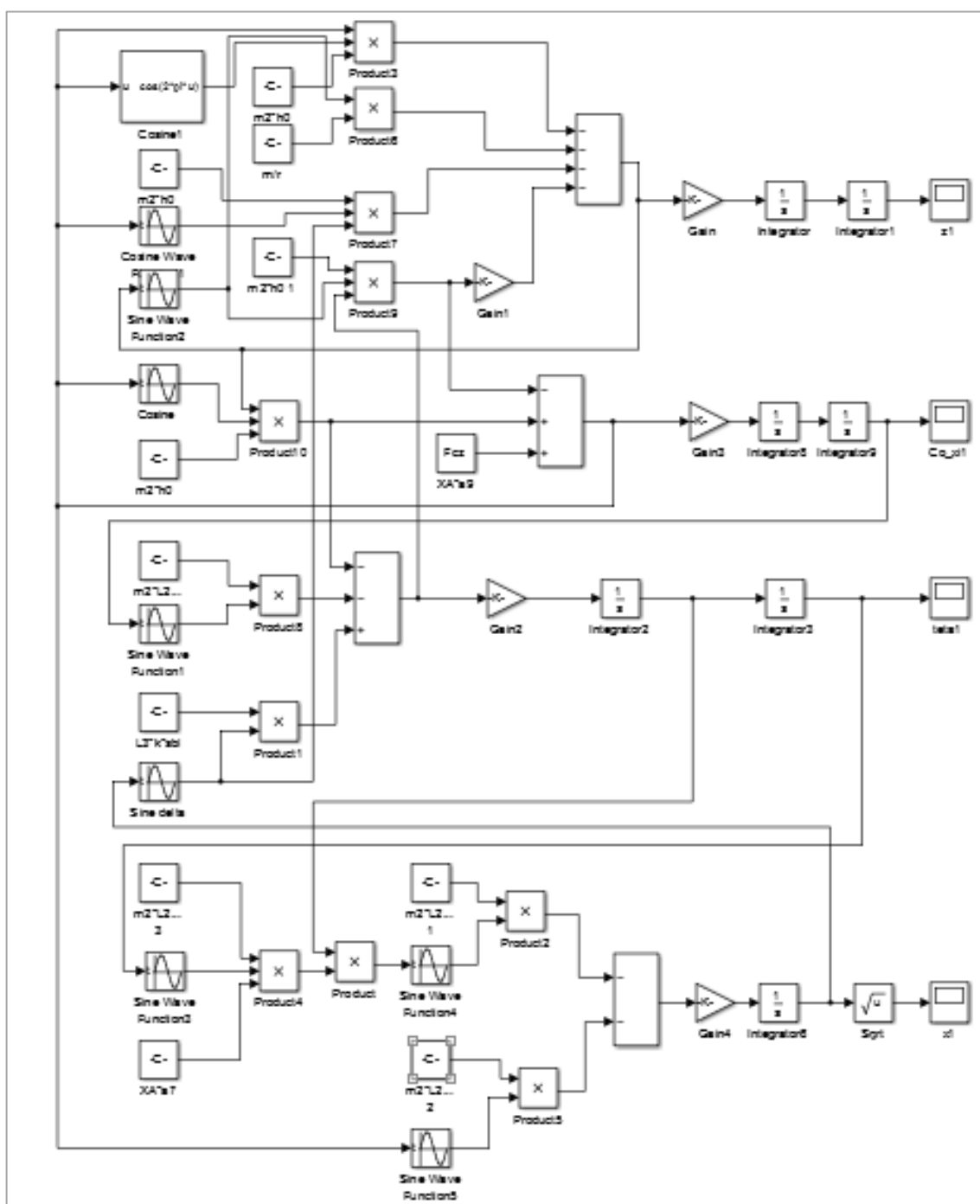
Để mô phỏng hệ phương trình vi phân chuyển động của xuồng, luận án tiến hành xây dựng sơ đồ thuật toán mô phỏng cho ba bài toán đã được xây dựng ở chương 2, kết quả xây dựng sơ đồ mô phỏng được thể hiện trên hình 3.1, hình 3.2 và hình 3.3.



Hình 3.1. Sơ đồ khảo sát động lực học chuyển động thẳng của xường chữa cháy



Hình 3.2. Sơ đồ khảo sát ổn định hướng chuyển động của xường khi vừa chuyển động thẳng vừa phun nước chữa cháy



Hình 3.3. Sơ đồ khảo sát khi xuống quay vòng rẽ vào kênh xuống góc

3.3. Các thông số đầu vào, đầu ra để khảo sát phương trình động lực học của xuống chữa cháy rừng tràn

3.3.1. Các thông số đầu vào khảo sát

Để tiến hành khảo sát hệ phương trình vi phân chuyển động thẳng của xuống (2.33), hệ phương trình vi phân ổn định hướng chuyển động của xuống khi vừa đi

chuyển vừa phun nước chữa cháy (2.48) và hệ phương trình vi phân ổn định chống lật của xuồng khi quay vòng rẽ sang kênh vuông góc (2.72), luận án tiến hành xác định các thông số đầu vào của các hệ phương trình vi phân nêu trên. Việc xác định các thông số đầu vào của các hệ phương trình trên được tiến hành như sau: các thông số hình học của xuồng được xác định bằng phương pháp đo trực tiếp trên xuồng, các thông số trọng lượng được xác định bằng cân điện tử; tọa độ trọng tâm xuồng và mô men quán tính của xuồng đối với các trục OX, OZ được xác định bằng thực nghiệm, một số các thông số khác lấy từ các tài liệu kỹ thuật của xuồng [26] và kết quả nghiên cứu thực nghiệm được trình bày trong chương 4. Kết quả xác định các thông số kỹ thuật của xuồng được ghi ở bảng 3.1.

Bảng 3.1: Các thông số đầu vào của hệ phương trình vi phân

TT	Mô tả	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
I	ĐẦU VÀO				
	Khối lượng toàn bộ xuồng	m	975	kg	
1	Khối lượng xuồng	m_1	932	kg	
2	Khối lượng trục chân vịt	m_2	43	kg	
3	Khoảng cách từ tâm diện tích cản quay trước đến trọng tâm xuồng theo phương OX	a_T	1	m	
4	Khoảng cách từ tâm diện tích cản quay sau đến trọng tâm xuồng theo phương OX	a_S	1.1	m	
5	Khoảng cách O_1O_2	a_0	1.2	m	
6	Khoảng cách O_1C	a_1	2.22	m	
7	Khoảng cách O_1A	a_2	1.8	m	
8	Khoảng cách O_1D	a_3	1.5	m	
9	Góc hợp O_1O_2 và O_1x_1	α_0	20	Độ	
10	Góc hợp O_1C và O_1x_1	α_1	15	Độ	
11	Góc hợp O_1D và O_1x_1	α_3	30	Độ	
12	Công suất động cơ đẩy xuồng	N_{dc}	[15;25]	kw	
13	Số vòng quay chân vịt	φ_2	[800;3200]	v/p	
14	Lực vòi phun	F_{vp}	0-18.5	daN	
15	Mô men quán tính xuồng theo phương Ox	I_{1x}	2.548	kgm^2	
16	Mô men quán tính xuồng theo phương Oz	I_{1z}	3.551	kgm^2	

TT	Mô tả	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
17	Mô men quán tính trục chân vịt	I_2	38.7	kgm^2	
18	Hiệu suất truyền động	η	0,98		
19	Khoảng cách O_1O_2 trong mặt phẳng Oxz	L_2	1.15	m	
20	Khoảng cách O_1O_3 trong mặt phẳng Oxz	L_3	2.15	m	
21	Diện tích cản trực diện	S_n	1.2	m^2	
22	Diện tích bánh lái	S_{bl}	0.15	m^2	
23	Diện tích cản quay trước	S_{cqt}	1.46	m^2	
24	Diện tích cản quay sau	S_{cqs}	1.52	m^2	
25	Góc đánh lái lớn nhất	δ	45	Độ	
26	Chiều cao O_1O_2	h_0	0,14	m	
27	Chiều cao O_1C	h_1	0,22	m	
28	Chiều cao O_1A	h_2	0,25	m	
29	Chiều cao O_1D	h_3	0,6	m	
30	Khoảng cách tọa độ trong tâm đến mũi xuồng	l_1	2.37	m	
31	Khoảng cách tọa độ trong tâm đến đuôi xuồng	l_2	1.89	m	
32	Khoảng cách tọa độ trọng tâm đến mạn phải của xuồng	b_{tr}	0.83	m	
33	Khoảng cách tọa độ trọng tâm đến mạn trái của xuồng	b_{ph}	0.77	m	
34	Cao độ trọng tâm xuồng	h	0.35	m	

3.3.2. Các thông số đầu ra

Các thông số đầu ra cho bài toán khảo sát là một số yêu cầu kỹ thuật của xuồng chữa cháy rừng tràn bao gồm:

- Vận tốc di chuyển của xuồng (v) trên kênh rạch có nhiều chướng ngại vật (bèo tây);
- Góc ổn định hướng chuyển động (θ) khi xuồng vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy rừng
- Góc nghiêng ngang khi xuồng (ψ) khi quay vòng rẽ vào kênh vuông góc

3.4. Kết quả khảo sát các phương trình động lực học của xuồng chữa cháy

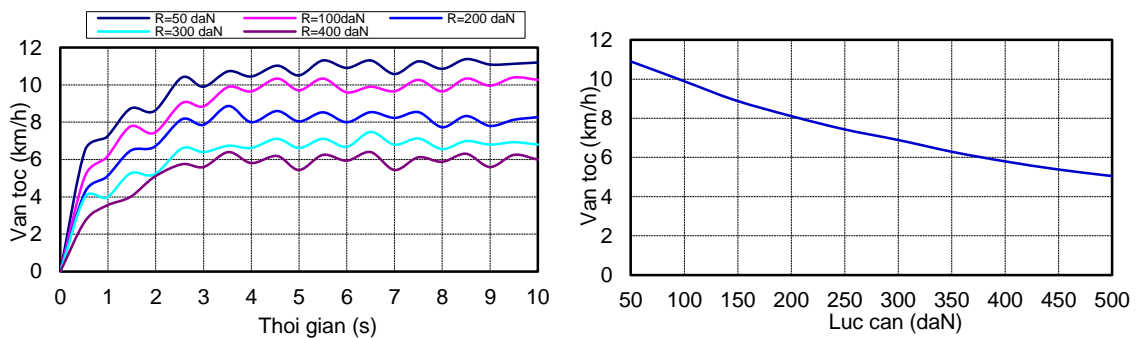
3.4.1. Kết quả khảo sát phương trình vi phân chuyển động thẳng của xuồng khi không phun nước chữa cháy

Căn cứ vào yêu cầu của xuồng chữa cháy rừng trầm là vận tốc của xuồng phải lớn khi di chuyển trên kênh có nhiều chướng ngại vật (bèo tây) để nhanh chóng tiếp cận đám cháy.

Xuất phát từ yêu cầu trên, mục đích của bài toán thứ nhất là xác định quy luật ảnh hưởng của các thông số kết cấu của xuồng đến vận tốc chuyển động của xuồng. Từ mục đích này luận án tiến hành khảo sát bài toán thứ nhất như sau: thay đổi một số thông số ảnh hưởng đến vận tốc chuyển động của xuồng, còn một số thông số khác lấy ở một giá nhất định theo thông số thiết kế. Kết quả khảo sát được thể hiện trên các đồ thị sau:

3.4.1.1. Ảnh hưởng của lực cản đến vận tốc của xuồng

Trong quá trình chuyển động, lực cản làm cho vận tốc xuồng bị ảnh hưởng rất lớn, để xác định quy luật ảnh hưởng, luận án sử dụng phần mềm Matlab-Simulink để khảo sát, quá trình khảo sát được tiến hành như sau: cho lực cản tổng hợp của xuồng là tham số thay đổi, các tham số khác lấy giá trị trong bảng 3.1, đầu ra của chương trình là vận tốc xuồng, từ kết quả thu được vẽ được đồ thị quan hệ giữa lực cản và vận tốc của xuồng. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 3.4.

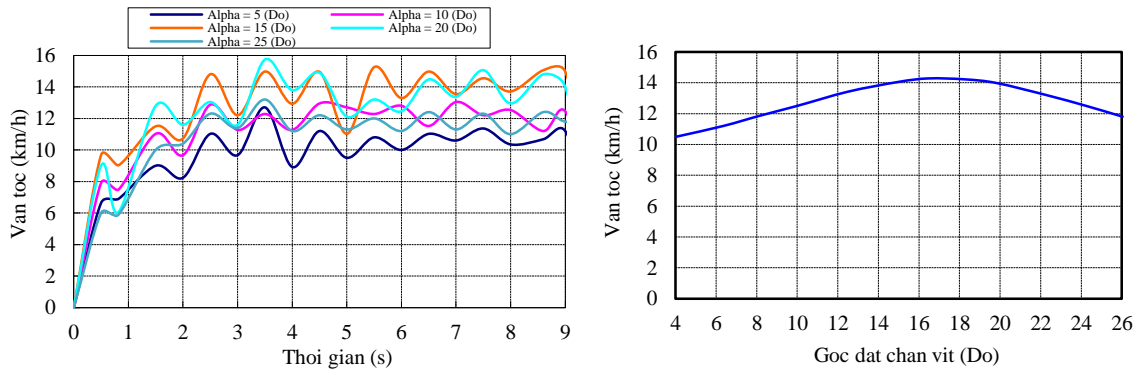


Hình 3.4. Ảnh hưởng của các giá trị lực cản đến vận tốc xuồng

Nhận xét: Lực cản tổng hợp càng lớn vận tốc của xuồng càng thấp, lực cản này phụ thuộc vào diện tích cản của mũi xuồng chìm trong nước, phụ thuộc vào kết cấu xuồng, biên dạng mũi xuồng, đặc biệt do chướng ngại vật trên kênh (bèo tây).... Để nâng cao vận tốc của xuồng, một trong những giải pháp là phải giảm lực cản này.

3.4.1.2 Ảnh hưởng của góc đặt chân vịt đến vận tốc của xuồng

Vận tốc của xuồng phụ thuộc vào lực đẩy do chân vịt tạo ra, lực này phụ thuộc vào góc đặt trục chân vịt, công suất động cơ, các thông số kỹ thuật của chân vịt. Góc đặt trục chân vịt ảnh hưởng đến lực đẩy tổng hợp do chân vịt tạo ra, lực đẩy này được phân ra 2 thành phần, thành phần thứ nhất đẩy xuồng chuyển động, thành phần thứ hai nâng mũi xuồng lên, từ đó giảm được lực cản. Để khảo sát sự ảnh hưởng của góc đặt trục chân vịt đến vận tốc của xuồng, luận án tiến hành khảo sát như sau: cho tham số thay đổi là góc đặt trục chân vịt, các thông số khác lấy giá trị trong bảng 3.1, đầu ra là vận tốc xuồng ứng với các góc đặt trục chân vịt khác nhau. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 3.5.

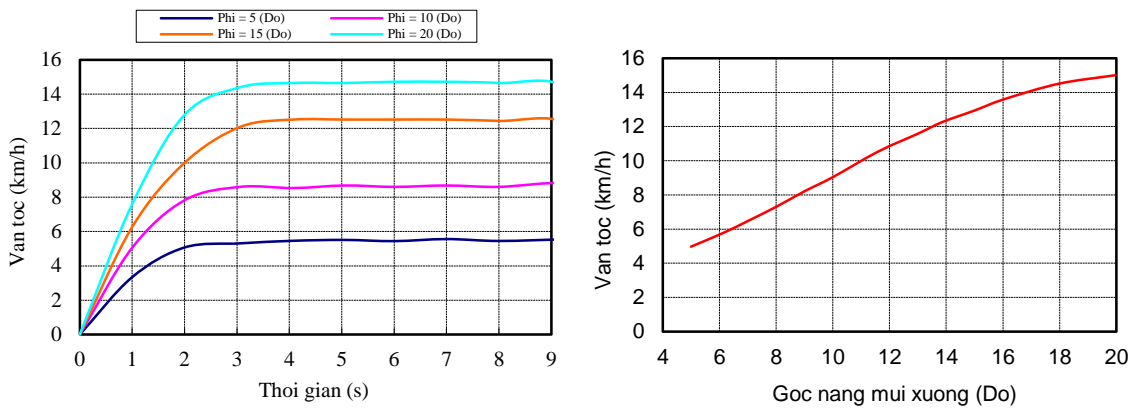


Hình 3.5. Ảnh hưởng của góc đặt trục chân vịt đến vận tốc của xuồng

Nhận xét: Quan hệ giữa góc đặt trục chân vịt với vận tốc của xuồng là hàm phi tuyến, khi góc đặt trục chân vịt tăng từ 15 độ đến 20 độ thì vận tốc tăng lớn nhất, khi góc đặt trục chân vịt tăng từ 20 độ trở lên độ thì vận tốc xuồng giảm. Kết quả khảo sát cho thấy góc đặt trục chân vịt tốt nhất nằm trong khoảng từ 15÷20 độ.

3.4.1.3. Ảnh hưởng của góc nâng mũi xuồng (góc nghiêng dọc) đến vận tốc của xuồng

Lực cản chuyển động của xuồng phụ thuộc vào diện tích cản và kết cấu mũi xuồng. Khi góc nâng thay đổi, diện tích cản của xuồng thay đổi theo dẫn đến lực cản thay đổi, khi lực cản thay đổi thì vận tốc xuồng cũng thay đổi. Để khảo sát sự ảnh hưởng của góc nâng đến vận tốc của xuồng, luận án tiến hành khảo sát như sau: cho góc nâng mũi xuồng là tham số thay đổi, đầu ra là vận tốc xuồng ứng với các góc nâng mũi xuồng khác nhau. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 3.6.



Hình 3.6. Ảnh hưởng của góc nâng (ngiêng dọc) đến vận tốc xuồng

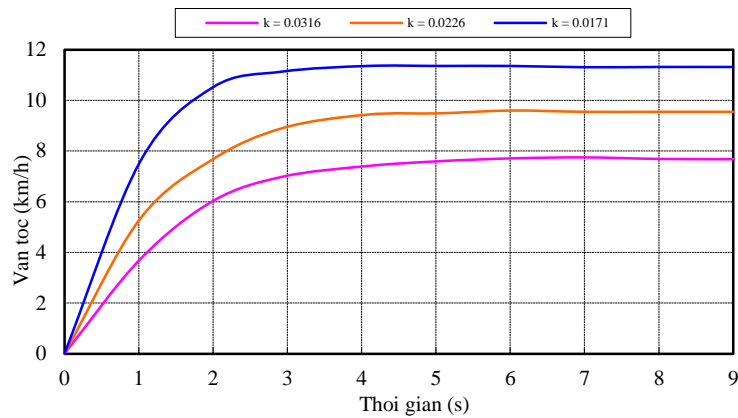
Nhận xét: Quan hệ giữa góc nâng với vận tốc của xuồng là phi tuyến, khi góc nâng càng lớn thì lực cản giảm dẫn đến vận tốc của xuồng tăng lên. Khi xuồng chuyển động, góc nâng này càng lớn làm cho lực cản chuyển động giảm.

3.4.1.4. Ảnh hưởng của hình dạng của mặt cắt ngang của mũi xuồng đến vận tốc của xuồng

Khi xuồng di chuyển trên kênh có bèo tây, hình dạng kết cấu của mũi xuồng sẽ ảnh hưởng rất lớn đến hệ số cản. Theo quan sát thực nghiệm, nếu kết cấu mũi xuồng có dạng hình nêm sẽ có tác dụng rẽ bèo sang hai bên mạn xuồng, từ đó giảm ma sát giữa bề mặt đáy xuồng với bèo tây, ngược lại nếu kết cấu mũi xuồng có dạng hình elip thì toàn bộ phần mặt đáy xuồng sẽ trượt trên bèo, từ đó làm tăng hệ số cản chuyển động của xuồng, dẫn đến vận tốc xuồng bị giảm đi rất nhiều. Để khảo sát ảnh hưởng của hình dạng mặt cắt ngang của mũi xuồng đến vận tốc, luận án tiến hành thay đổi hệ số cản tổng hợp k ứng với các biên dạng mũi xuồng khác nhau, từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm ngoài hiện trường (chương 4), luận án xác định được hệ số cản k ứng với các biên dạng mũi xuồng như sau:

- Biên dạng mũi xuồng hình nêm: $k = 0.0171$;
- Biên dạng mũi xuồng hình elip: $k = 0.0226$;
- Biên dạng mũi xuồng hình thang: $k = 0.0316$.

Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 3.7.



Hình 3.7. Ảnh hưởng của hình dạng mặt cắt ngang mũi xuống đến vận tốc

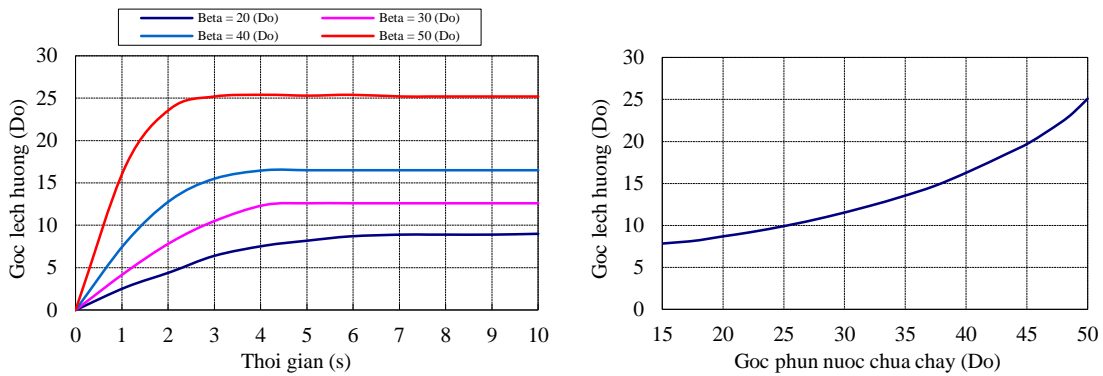
Nhận xét: Từ kết quả khảo sát cho thấy kết cấu mũi xuống có biên dạng hình nêm cho hệ số cản thấp, từ đó dẫn đến vận tốc của xuống lớn. Nguyên nhân do phần lớn bề mặt được rẽ sang hai bên mạn xuống nên lực cản giảm đi.

3.4.2. Kết quả khảo sát phương trình vi phân ổn định hướng chuyển động của xuống khi phun nước chữa cháy

Theo công nghệ chữa cháy rừng trầm, khi chữa cháy ở những khu vực gần kênh thì xuống vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy. Do lực của vòi phun nước chữa cháy tác dụng lên xuống làm cho xuống mất ổn định hướng chuyển động. Để xuống đảm bảo ổn định hướng chuyển động thì vận tốc của xuống phải đạt một giá trị nhất định. Xong khi vận tốc của xuống lớn lại ảnh hưởng đến hiệu quả chữa cháy, do vậy góc đặt vòi phun và lực tác dụng của vòi phun nước chữa cháy tác dụng lên xuống là những tham số ảnh hưởng lớn đến ổn định hướng chuyển động của xuống. Đây là những tham số cần phải khảo sát trong bài toán này.

3.4.2.1. Ảnh hưởng của góc đặt vòi phun nước chữa cháy đến ổn định hướng chuyển động

Bài toán khảo sát được tiến hành như sau: thay đổi góc đặt vòi phun nước chữa cháy theo phương chuyển động của xuống β_x , góc đặt vòi phun theo phương thẳng đứng $\beta_y = 45^\circ$, vận tốc xuống cố định tại $v = 5\text{km/h}$, khoảng cách đặt vòi phun cách tọa độ trọng tâm xuống một khoảng $a_3 = 1.5\text{m}$ về phía trục lái, thông số đầu ra là góc lệch hướng chuyển động của xuống. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 3.8.

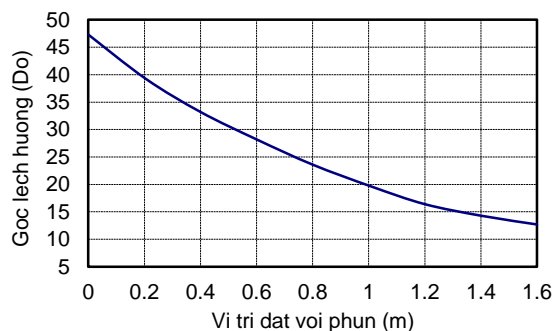


Hình 3.8. Ảnh hưởng của góc đặt vòi phun nước chữa cháy đến ổn định hướng chuyển động của xuồng

Nhận xét: Góc đặt vòi phun nước chữa cháy β_x càng lớn thì góc lệch hướng chuyển động của xuồng càng lớn. Để đảm bảo hiệu quả chữa cháy khi xuồng hoạt động trên kênh có bề rộng từ 3m đến 5m và không bị đâm vào bờ ở vận tốc $v < 5\text{km/h}$, xuồng cần phải ổn định hướng chuyển động với góc $\theta < 20$ độ thì góc đặt vòi phun $\beta_x \leq 45$ độ.

3.4.2.2. Ảnh hưởng của vị trí đặt vòi phun nước chữa cháy đến ổn định hướng chuyển động khi xuồng phun nước chữa cháy

Bài toán khảo sát được tiến hành như sau: thay đổi khoảng cách vị trí đặt vòi phun nước chữa cháy so với tọa độ trọng tâm xuồng trên trục dọc về phía bánh lái, vận tốc xuồng cố định tại $v = 5\text{km/h}$, góc phun nước chữa cháy theo phương chuyển động OX là $\beta_x = 45$ độ, thông số đầu ra là góc lệch hướng chuyển động theo phương OX của xuồng. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 3.9.



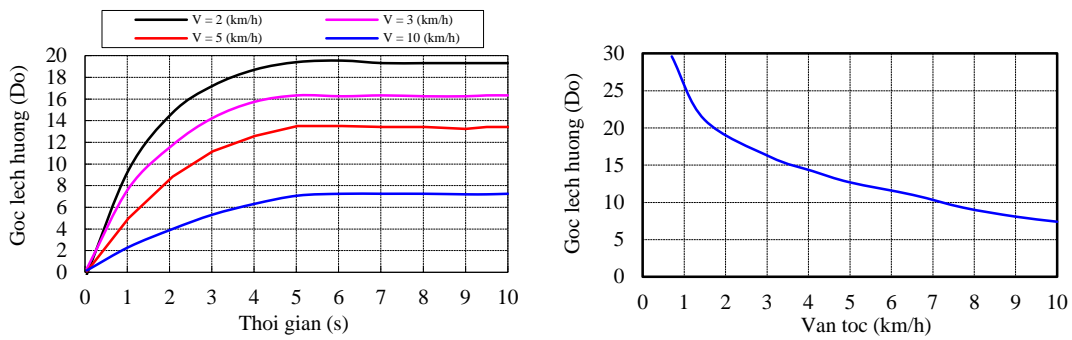
Hình 3.9. Ảnh hưởng của vị trí đặt vòi phun nước chữa cháy đến ổn định hướng chuyển động khi xuồng phun nước chữa cháy

Nhận xét: Vị trí đặt vòi phun nước chữa cháy càng gần tâm bánh lái, khi phun nước chữa cháy xuồng càng ổn định hướng chuyển động, nguyên nhân là khi xuồng quay vòng chuyển hướng thì tâm quay của xuồng đặt tại tâm của bánh lái, do vậy khi

lực vòi phun nước đặt càng xa tâm quay thì mô men của lực vòi phun nước tác động vào xuồng càng lớn, từ đó góc ổn định hướng chuyển động càng lớn. Do vậy vị trí đặt vòi phun nước càng gần bánh lái càng tốt. Căn cứ vào điều kiện kết cấu của xuồng, vị trí thích hợp đặt vòi phun nước chữa cháy cách trọng tâm xuồng 1.5m về phía bánh lái (cách tâm bánh lái 0.58m).

3.4.2.3. Ảnh hưởng của vận tốc di chuyển của xuồng đến ổn định hướng chuyển động khi xuồng phun nước chữa cháy

Bài toán khảo sát được tiến hành như sau: thay đổi vận tốc của xuồng, cố định góc đặt vòi phun $\beta_x = 45^\circ$, khoảng cách $a_3 = 1.5\text{m}$, đầu ra là góc lệch hướng chuyển động của xuồng. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 3.10.



Hình 3.10. Ảnh hưởng của vận tốc xuồng đến ổn định hướng chuyển động khi phun nước chữa cháy

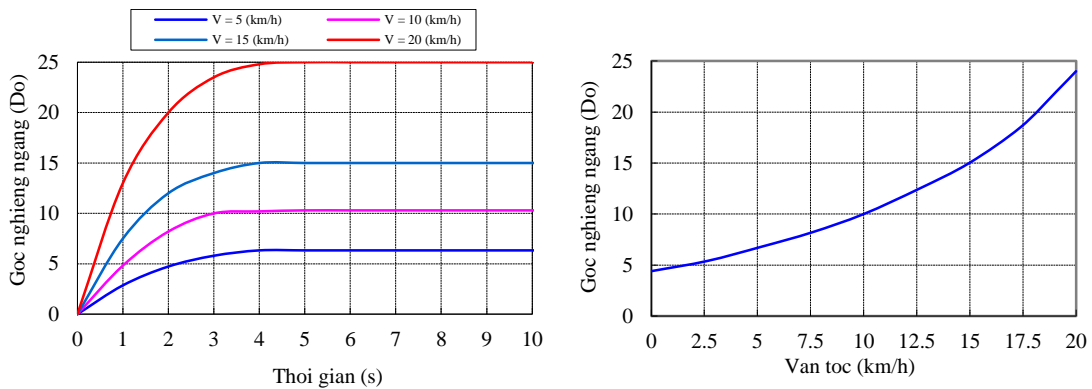
Nhận xét: Vận tốc của xuồng càng lớn thì góc lệch hướng chuyển động của xuồng càng nhỏ nguyên nhân là khi vận tốc xuồng lớn thì lực đẩy chân vịt tác động vào xuồng lớn, trong khi lực vòi phun cố định, dẫn đến hợp lực để làm thay đổi hướng chuyển động của xuồng có xu hướng giảm. Ngược lại khi vận tốc xuồng thấp, lực đẩy chân vịt nhỏ, trong khi đó lực tác dụng của vòi phun nước làm cho xuồng lệch hướng chuyển động là không đổi, dẫn đến góc lệch hướng chuyển động của xuồng tăng lên. Từ kết quả khảo sát cho thấy khi xuồng chạy với vận tốc 5km/h, góc lệch hướng chuyển động 13 độ, với vận tốc này xuồng có thể ổn định hướng khi có sự can thiệp của góc lái.

3.4.3. Kết quả khảo sát phương trình vi phân ổn định chống lật của xuồng khi quay vòng rẽ nhánh sang kênh vuông góc

Căn cứ vào yêu cầu của xuồng chữa cháy rừng phải ổn định trong mọi điều kiện hoạt động, do vậy trong bài toán này luận án tiến hành khảo sát một số thông số ảnh hưởng đến góc nghiêng ngang (góc lật) của xuồng trong trường hợp nguy hiểm nhất đó là khi quay vòng rẽ nhánh sang kênh vuông góc, sau đây là kết quả khảo sát:

3.4.3.1. Ảnh hưởng của vận tốc di chuyển của xuồng đến góc nghiêng ngang của xuồng khi quay vòng rẽ sang kênh vuông góc

Bài toán khảo sát được tiến hành như sau: thay đổi vận tốc chuyển động của xuồng, góc lái lấy ở giá trị lớn nhất $\delta = 45^\circ$, đầu ra của bài toán khảo sát là góc nghiêng ngang của xuồng. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 3.11.

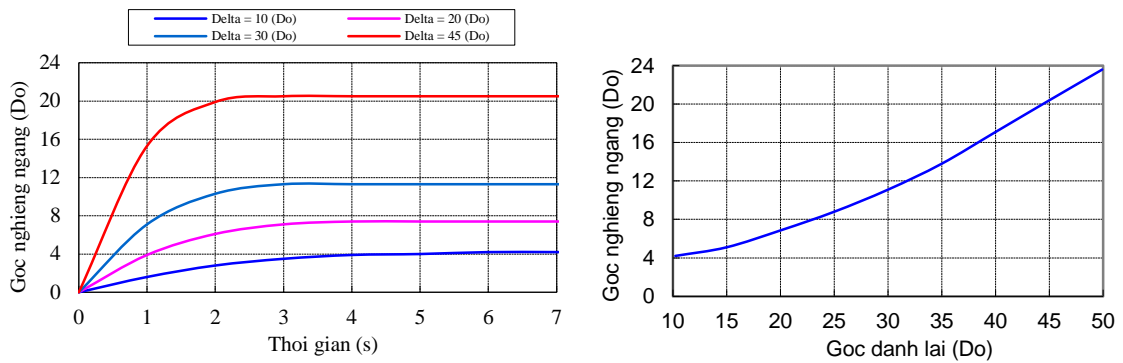


Hình 3.11. Ảnh hưởng của vận tốc xuồng đến góc nghiêng ngang khi xuồng quay vòng rẽ sang kênh vuông góc

Nhận xét: Khi vận tốc xuồng nhỏ hơn 15km/h, xuồng vẫn còn ổn định. Khi vận tốc xuồng lớn hơn 15 km/h, thì góc nghiêng ngang của xuồng $\psi > 20^\circ$ và nước có khả năng tràn qua mạn vào xuồng. Đối với xuồng chữa cháy được nghiên cứu, góc nghiêng ngang lớn nhất $\psi_{\max} = 23^\circ$ thì nước tràn qua mạn xuồng.

3.4.3.2. Ảnh hưởng của góc lái của xuồng đến góc nghiêng ngang của xuồng

Bài toán khảo sát được tiến hành như sau: thay đổi góc đánh lái, vận tốc lấy ở một giá trị nhất định $v = 15\text{km/h}$, đầu ra là góc nghiêng ngang của xuồng. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 3.12.

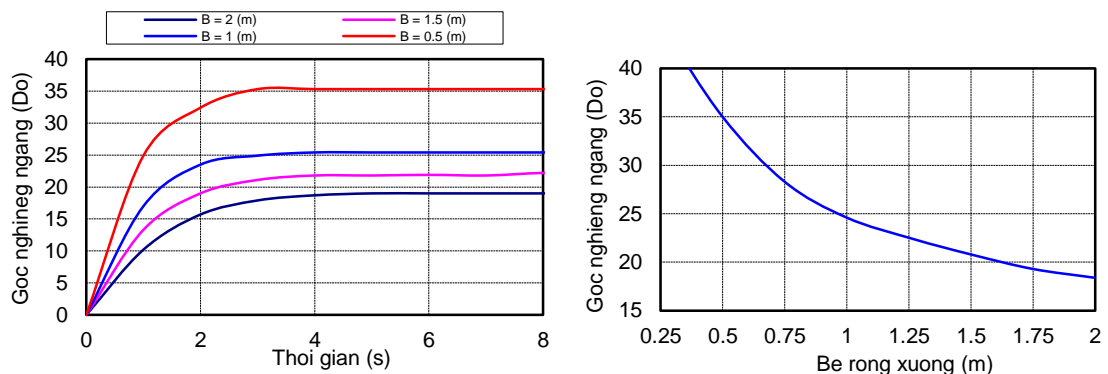


Hình 3.12. Ảnh hưởng của góc đánh lái xuống đến góc nghiêng ngang

Nhận xét: Góc đánh lái càng lớn thì góc nghiêng ngang càng lớn. Đối với xuống chữa cháy rừng được khảo sát, khi chạy ở vận tốc $v = 15\text{km/h}$, góc đánh lái $\delta = 45$ độ thì góc nghiêng ngang của xuống sấp xỉ 20 độ, nhỏ hơn góc nghiêng ngang giới hạn $\psi_{\max} = 23$ độ.

3.4.3.3. Ảnh hưởng của tiết diện ngang S_n đến góc nghiêng ngang

Bài toán khảo sát được tiến hành như sau: cho bề rộng của xuống là tham số, các thông số khác lấy ở một giá trị trong bảng 3.1 (giữ nguyên chiều cao tọa độ trọng tâm và chiều dài của xuống, góc lái lấy ở giá trị lớn nhất $\delta = 45$ độ). Kết quả khảo sát trên đồ thị hình 3.13

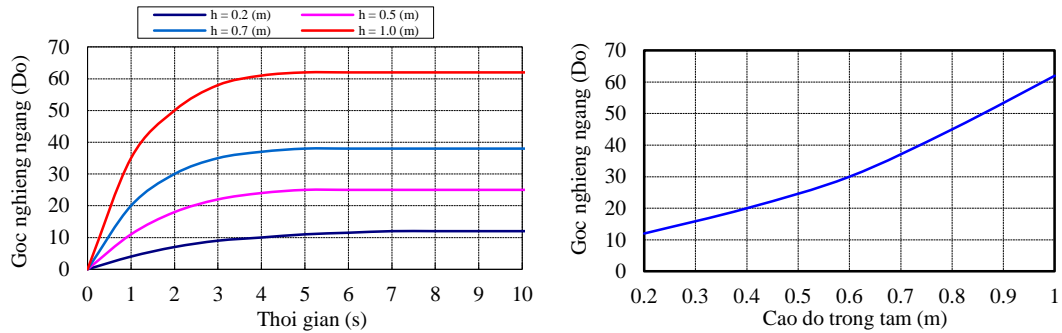


Hình 3.13. Ảnh hưởng của tiết diện ngang S_n đến góc nghiêng ngang

Nhận xét: Khi bề rộng của xuống càng nhỏ, góc nghiêng ngang của xuống càng lớn. Từ kết quả khảo sát, căn cứ vào yêu cầu của xuống chữa cháy rừng là góc nghiêng ngang $\psi \leq 23$ độ, do vậy để xuống ổn định bề rộng tối thiểu của xuống $B \geq 1.5\text{m}$.

3.4.3.4. Ảnh hưởng của chiều cao tọa độ trọng tâm đến góc nghiêng ngang của xuống

Bài toán khảo sát được tiến hành như sau: thay đổi chiều cao tọa độ trọng tâm của xuồng, vận tốc khảo sát $v = 15 \text{ km/h}$, góc đánh lái $\delta = 45^\circ$, các thông số khác lấy ở một giá trị nhất định. Kết quả khảo sát được thể hiện trên hình 3.14.



Hình 3.14. Ảnh hưởng của chiều cao tọa độ trọng tâm đến góc nghiêng ngang

Nhận xét: Chiều cao tọa độ trọng tâm càng lớn thì góc nghiêng ngang của xuồng càng lớn, từ đó khả năng ổn định chống lật càng kém. Kết quả khảo sát cho thấy khi cao độ trọng tâm bằng 0.4m thì góc nghiêng ngang sấp xỉ 20 độ và nước có khả năng tràn vào xuồng. Vì vậy để đảm bảo ổn định chống lật cho xuồng chữa cháy, chiều cao tọa độ trọng tâm của xuồng nhỏ hơn 0.4m.

3.5. Xác định các thông số hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng

3.5.1. Thông số kết cấu của xuồng chữa cháy rừng

Căn cứ vào kết quả khảo sát đã được phân tích ở phần trên, luận án xác định một số thông số để hoàn thiện kết cấu của xuồng chữa cháy rừng trầm như sau:

- Góc đặt trục chân vịt: để tạo ra lực đẩy tổng hợp tốt nhất giúp xuồng chuyển động, đồng thời tăng góc nâng cho xuồng nhằm giảm lực cản chuyển động. Căn cứ vào đồ thị khảo sát hình 3.5, khi góc đặt trục chân vịt nằm trong khoảng từ 15 đến 20 độ thì vận tốc của xuồng đạt giá trị lớn nhất.

- Biên dạng mũi xuồng: để rẽ bèo tây khi xuồng chuyển động, biên dạng mũi xuồng phải có dạng hình nêm, khi đó bèo tây được gạt sang hai bên mạn xuồng làm giảm lực cản chuyển động. Căn cứ vào đồ thị khảo sát hình 3.7, khi mũi xuồng có biên dạng hình nêm thì vận tốc xuồng đạt giá trị lớn nhất.

- Bề rộng tối thiểu của xuồng chữa cháy rừng: căn cứ vào đồ thị khảo sát hình 3.13, khi bề rộng xuồng có giá trị lớn hơn 1.5m thì góc nghiêng ngang lớn nhất là

21 độ, nhỏ hơn góc nghiêng giới hạn cho phép ($\psi_{\max} = 23$ độ), để xuồng ổn định chống lật trong mọi trạng thái thì bề rộng tối thiểu của xuồng $B = 1.5\text{m}$.

- Chiều cao tọa độ trọng tâm: căn cứ vào đồ thị khảo sát hình 3.14, để xuồng ổn định không bị nước tràn vào qua mạn xuồng trong mọi trạng thái thì chiều cao tọa độ trọng tâm của xuồng lớn nhất $h = 0.4\text{m}$.

3.5.2. Thông số sử dụng của xuồng chữa cháy rừng tràn

Căn cứ vào kết quả khảo sát đã được phân tích ở phần trên, luận án xác định một số thông số sử dụng để hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng tràn như sau:

- Xác định vận tốc xuồng khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy: căn cứ vào đồ thị khảo sát hình 3.10, khi vận tốc của xuồng $v = 3$ km/h thì góc ổn định hướng chuyển động của xuồng đạt $\theta = 16$ độ, khi đó kết hợp với điều khiển cơ cấu lái thì xuồng vẫn ổn định hướng chuyển động. Theo yêu cầu của công nghệ chữa cháy rừng thì vận tốc tối đa cho phép $v = 5$ km/h. Như vậy để đáp ứng được điều kiện về ổn định hướng và công nghệ chữa cháy thì vận tốc hợp lý nhất của xuồng nằm trong khoảng từ 3 đến 5 km/h.

- Xác định góc đặt vòi phun nước chữa cháy: căn cứ vào đồ thị khảo sát hình 3.8, khi góc đặt vòi phun $\beta_x = 45$ độ thì góc ổn định hướng chuyển động của xuồng đạt $\theta = 20$ độ, khi đó kết hợp với điều khiển cơ cấu lái thì xuồng vẫn ổn định hướng chuyển động. Theo yêu cầu của công nghệ chữa cháy rừng thì góc đặt vòi phun nước chữa cháy $\beta_x = 90$ độ là tốt nhất. Như vậy để đáp ứng được điều kiện về ổn định hướng chuyển động và công nghệ chữa cháy thì góc đặt vòi phun hợp lý nhất là $\beta_x = 45$ độ .

- Xác định vận tốc khi quay vòng rẽ nhánh vào kênh vuông góc: căn cứ vào đồ thị khảo sát hình 3.11, khi vận tốc của xuồng $v = 18$ km/h thì góc nghiêng ngang đạt $\psi = 20$ độ, nhỏ hơn góc nghiêng ngang giới hạn $\psi_{\max} = 23$ độ, do vậy để xuồng không bị nước tràn vào khi quay vòng thì vận tốc lớn nhất cho phép là $v = 18\text{km/h}$.

Kết luận chương 3:

Từ kết quả nghiên cứu ở chương 3, luận án rút ra một số kết luận như sau:

1. Luận án đã tiến hành khảo sát ảnh hưởng của một số thông số ảnh hưởng đến vận tốc chuyển động và ổn định của xuồng với 3 bài toán đã lập ở trên. Kết quả khảo sát đã xác định được một số thông số kết cấu hợp lý của xuồng bao gồm: góc đặt trục chân vịt hợp lý từ $15 \div 20$ độ, tiết diện mặt cắt ngang của mũi xuồng có dạng hình nêm để rẽ bèo giảm hệ số cản của xuồng; góc đặt vòi phun nước hợp lý $\beta_x = 45$ độ; Bề rộng tối thiểu của xuồng $B \geq 1.5\text{m}$; Chiều cao tọa độ trọng tâm $h \leq 0.4\text{m}$

2. Kết quả khảo sát đã xác định được chế độ sử dụng hợp lý của xuồng là: vận tốc của xuồng khi vừa di chuyển vừa phun nước $v = 3 \div 5$ km/h; vận tốc lớn nhất khi quay vòng rẽ nhánh vào kênh vuông góc $v = 18$ km/h thì xuồng không mất ổn định (nước không tràn vào trong xuồng).

3. Kết quả khảo sát trên là cơ sở khoa học cho việc hoàn thiện kết cấu và xác định chế độ sử dụng hợp lý của xuồng chữa cháy rừng.

Chương 4.

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

4.1. Mục tiêu và nhiệm vụ của nghiên cứu thực nghiệm

Luận án tiến hành nghiên cứu thực nghiệm vì các lý do sau:

1. Để khảo sát được quá trình chuyển động của xuồng theo mô hình lý thuyết đã lập ở chương 2, cần phải xác định được hệ số cản giữa xuồng với các chướng ngại vật trên kênh, mô men quán tính của xuồng, trọng lượng của xuồng, tọa độ trọng tâm. Những hệ số trên không có trong tài liệu kỹ thuật nên cần phải tiến hành nghiên cứu thực nghiệm.

2. Để khảo sát quá trình chuyển động của xuồng trên kênh có nhiều chướng ngại vật, cần phải xác định lực đẩy của chân vịt. Lực đẩy này phụ thuộc vào nhiều yếu tố, khó có thể xác định theo lý thuyết được. Do vậy cũng cần phải được xác định bằng thực nghiệm trong điều kiện thực tế .

3. Trong quá trình xuồng hoạt động chữa cháy rừng, xuồng vừa chạy vừa phun nước chữa cháy, lực đẩy của vòi phun ảnh hưởng đến ổn định hướng chuyển động của xuồng, lực đẩy này được thể hiện trên mô hình lý thuyết đã lập ở chương 2. Để khảo sát được mô hình lý thuyết đã lập, cần phải xác định giá trị lực đẩy của vòi phun nước chữa cháy này.

Xuất phát từ lý do trên, luận án tiến hành nghiên cứu thực nghiệm với mục tiêu và nhiệm vụ nghiên cứu như sau:

4.1.1. Mục tiêu nghiên cứu thực nghiệm

1. Xác định giá trị bằng số của một số đại lượng, một số hệ số trong phương trình vi phân chuyển động của xuồng chữa cháy rừng để phục vụ cho việc khảo sát chuyển động của xuồng mà mô hình bài toán đã lập ở chương 2.

2. Kiểm nghiệm một số kết quả tính toán bằng lý thuyết từ đó đánh giá mức độ tin cậy của phương trình toán học đã lập.

3. Xác định một số thông số hợp lý của xuồng làm cơ sở để hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng.

4.1.2. Nhiệm vụ nghiên cứu thực nghiệm

Để đạt được mục tiêu trên, nhiệm vụ của nghiên cứu thực nghiệm như sau:

- Xác định tọa độ trọng tâm của xuồng (l, b, h);
- Xác định mô men quán tính (I);
- Xác định lực cản chuyển động (R/X_A);
- Xác định lực đẩy chân vịt (F_{cv});
- Xác định lực đẩy của vòi phun nước chữa cháy (F_{vp});
- Xác định độ chòng chành (góc nghiêng ngang) của xuồng (ψ);
- Xác định góc nghiêng ngang giới hạn (góc lật) của xuồng (ψ_{max});
- Xác định vận tốc của xuồng (v);
- Xác định góc ổn định hướng chuyển động khi xuồng vừa di chuyển vừa

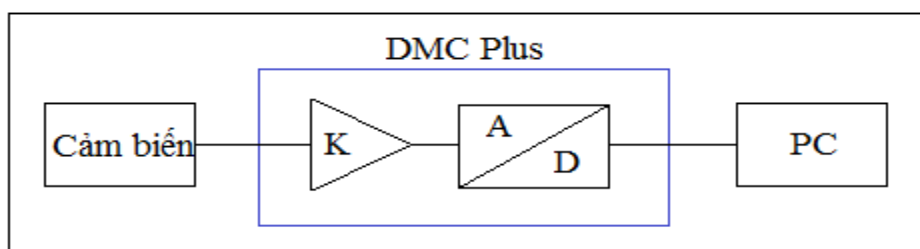
phun nước chữa cháy (θ).

4.2. Đối tượng nghiên cứu thực nghiệm

Đối tượng nghiên cứu thực nghiệm là xuồng chữa cháy rừng do đề tài trọng điểm cấp nhà nước KC07.13/06-10 và dự án sản xuất thử nghiệm cấp nhà nước mã số DAĐL2011/06 thiết kế chế tạo. Địa điểm tiến hành thực nghiệm tại vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang.

4.3. Phương pháp xác định các đại lượng nghiên cứu

Việc bố trí thí nghiệm xác định các đại lượng nghiên cứu được tiến hành trên đối tượng nghiên cứu thực nghiệm tại hiện trường, áp dụng phương pháp đo các đại lượng không điện bằng điện thông qua một số loại cảm biến đo tiêu chuẩn của Cộng hòa Liên bang Đức như các cảm biến đo gia tốc, cảm biến đo lực. Kết quả thí nghiệm được ghi lại và được xử lý bằng các phần mềm Catman, Excel.



Hình 4.1. Sơ đồ khối cấu trúc của thiết bị thí nghiệm

Cảm biến sẽ đo các trạng thái thay đổi vật lý thành các tín hiệu điện, các tín hiệu điện này được DMC Plus khuếch đại và chuyển qua bộ chuyển đổi tương tự số A/D (Analog Digital Converter) và được lưu vào máy tính.

4.3.1. Phương pháp xác định mô men quán tính của xuồng

Khi nghiên cứu các yếu tố động học và động lực học một cơ cấu cần phải xác định được giá trị mô men quán tính. Trong trường hợp thiết kế mới, mô men quán tính có thể được xác định bằng phương pháp giải tích. Trong thực tế nghiên cứu giải quyết các bài toán động lực học của một hệ vật đôi khi thiếu các thông số đầu vào như khối lượng, tọa độ trọng tâm, mô men quán tính theo các trục chính, gây nhiều khó khăn cho quá trình nghiên cứu.

Để xác định mô men quán tính của xuồng chữa cháy rừng có thể sử dụng các công thức tính gần đúng hoặc bằng phương pháp thí nghiệm.

Để tiến hành thí nghiệm xác định mô men quán tính của xuồng chữa cháy rừng, luận án bố trí thí nghiệm trên đối tượng thực nghiệm là xuồng chữa cháy rừng trà, sử dụng hệ thống các thiết bị đo và phần mềm chuyên dùng của Trung tâm thí nghiệm thuộc Khoa Cơ điện và Công trình, trường Đại học Lâm nghiệp gồm: Thiết bị đo chuyên dụng DMC Plus kết nối với Laptop cùng phần mềm DMCLabplus P12.

Khi nghiên cứu bài toán động lực học của xuồng chữa cháy rừng trà, luận án cần phải xác định được mô men quán tính theo các trục chính: mô men quán tính theo trục dọc J_{ox} và mô men quán tính theo trục ngang J_{oz} .

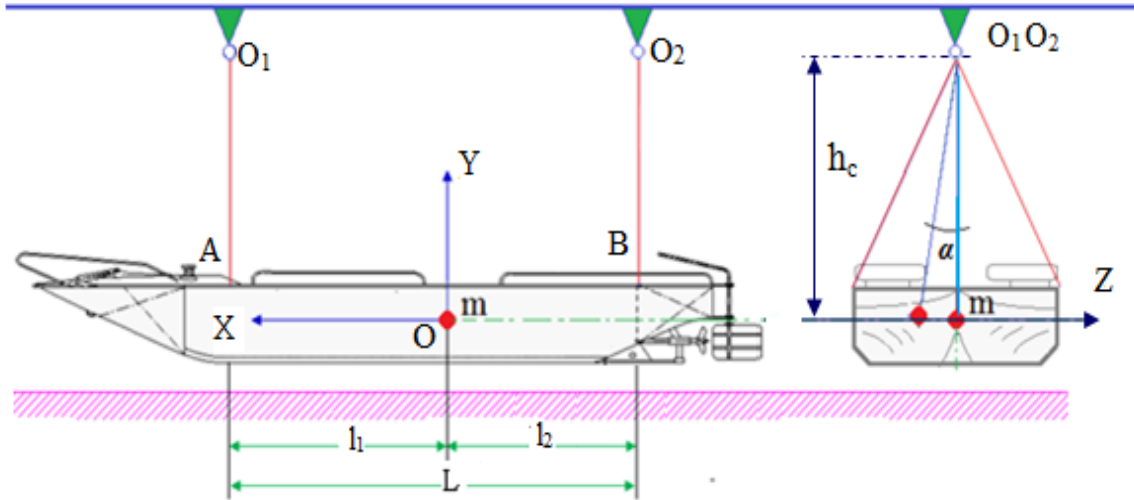
4.3.1.1. Phương pháp xác định mô men quán tính của xuồng theo trục dọc OX

Để xác định mô men quán tính của xuồng chữa cháy, luận án áp dụng phương pháp thí nghiệm tương tự như xác định mô men quán tính của ô tô [4][8][12].

Phương pháp xác định mô men quán tính trong trường hợp này được thực hiện bằng cách treo xuồng cân bằng trên mặt phẳng nằm ngang với đầy đủ các thiết bị và hệ thống chữa cháy được bố trí trên xuồng như thiết kế lên 2 ròng rọc O_1 và O_2 bằng dây cáp, tạo ra một góc lệch α và cho xuồng dao động lắc tự do quanh trục O_1O_2 như hình 4.2.

Theo [4][8][12], mô men quán tính được xác định qua phương trình dao động lắc quanh trục OX. Phương trình dao động của xuồng quanh trục O_1O_2 như sau:

$$J_{O_1O_2}\ddot{\alpha} + k\dot{\alpha} + Mgh_c \sin \alpha = 0 \quad (4.1)$$



Hình 4.2. Sơ đồ xác định mô men quán tính của xuồng theo trục OX

Với góc α nhỏ thì $\sin \alpha \approx \alpha$.

$$\text{Đặt} \quad 2\delta = \frac{k}{J_{O_1O_2}} \quad \text{và} \quad \omega_0^2 = \frac{Mgh_c}{J_{O_1O_2}} \quad (4.2)$$

$$\text{Vậy ta có:} \quad \ddot{\alpha} + 2\delta\dot{\alpha} + \omega_0^2\alpha = 0 \quad (4.3)$$

Trong đó: h_c - khoảng cách từ điểm treo đến trục OX;

k - hệ số cản dao động;

M - khối lượng của xuồng;

g - gia tốc trọng trường;

δ - hệ số tắt dần;

ω_0 - tần số dao động.

$$\text{Mặt khác ta lại có:} \quad T_x = \frac{2\pi}{\omega_0} \quad (4.4)$$

Sau khi tiến hành thí nghiệm, ta xác định được giá trị của chu kỳ lắc T_x .

Thay các giá trị T_x vào (4.4) xác định được ω_0 .

Và từ (4.2) xác định được $J_{O_1O_2}$.

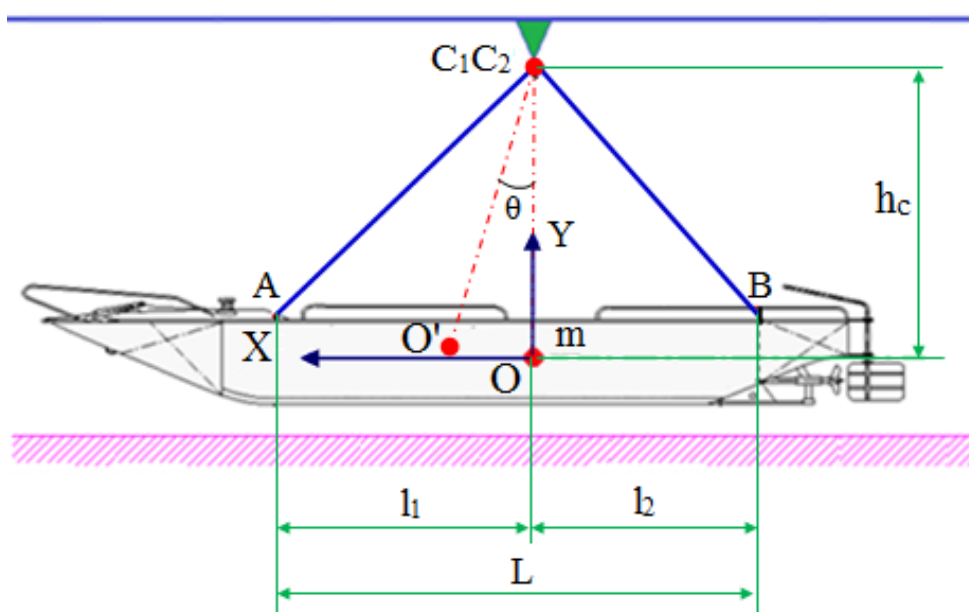
Mô men quán tính của xuồng đối với trục Ox được xác định như sau:

$$J_{Ox} = J_{O_1O_2} - Mh_c^2 \left(\frac{T^2}{4\pi^2} g - h_c \right) \quad (4.5)$$

Theo kết quả thí nghiệm đo được: $T_x = 4.75$ s; khoảng cách từ điểm treo đến trục OX là $h_c = 3$ m; khối lượng của xuồng $M = 975$ kg, gia tốc trọng trường $g = 9.81$ m/s². Thay các giá trị trên vào (4.5), xác định được mô men quán tính của xuồng với trục OX là $J_{Ox} = 2548$ kgm².

4.3.1.2. Phương pháp xác định mô men quán tính của xuồng với trục OZ

Để xác định mô men quán tính của xuồng với trục OZ, luận án thực hiện tương tự như xác định mô men quán tính của xuồng với trục OX, treo xuồng trên ròng rọc C bằng dây cáp, tạo ra một góc θ và cho xuồng dao động lắc tự do quanh trục C_1C_2 như hình 4.3.



Hình 4.3. Sơ đồ xác định mô men quán tính của xuồng theo trục OZ

Tương tự như trên, mô men quán tính của xuồng đối với trục OZ được xác định theo phương trình vi phân dao động quanh C_1C_2 như sau:

$$J_c \ddot{\theta} + k\dot{\theta} + Mgh_c \sin \theta = 0 \quad (4.6)$$

Tương tự như khi xác định mô men quán tính của xuồng đối với trục OX, ta tiến hành thí nghiệm và từ kết quả thí nghiệm, xác định được chu kỳ dao động T_z , tính được J_c , ω_c .

Mô men quán tính của xuồng theo trục OZ được xác định như sau:

$$J_{Oz} = J_{C_1C_2} - Mh_c^2 \left(\frac{T^2}{4\pi^2} g - h_c \right) \quad (4.7)$$

Theo kết quả thí nghiệm đo được: $T_y = 5.165 \text{ s}$; khoảng cách từ điểm treo đến trục OZ là $h_c = 3\text{m}$; khối lượng của thân xuồng $M = 975 \text{ kg}$; $g = 9.81 \text{ m/s}^2$. Thay các kết quả trên vào công thức vào công thức (4.7), xác định được mô men quán tính của xuồng đối với trục OZ là $J_{Oz} = 3551 \text{ kgm}^2$.

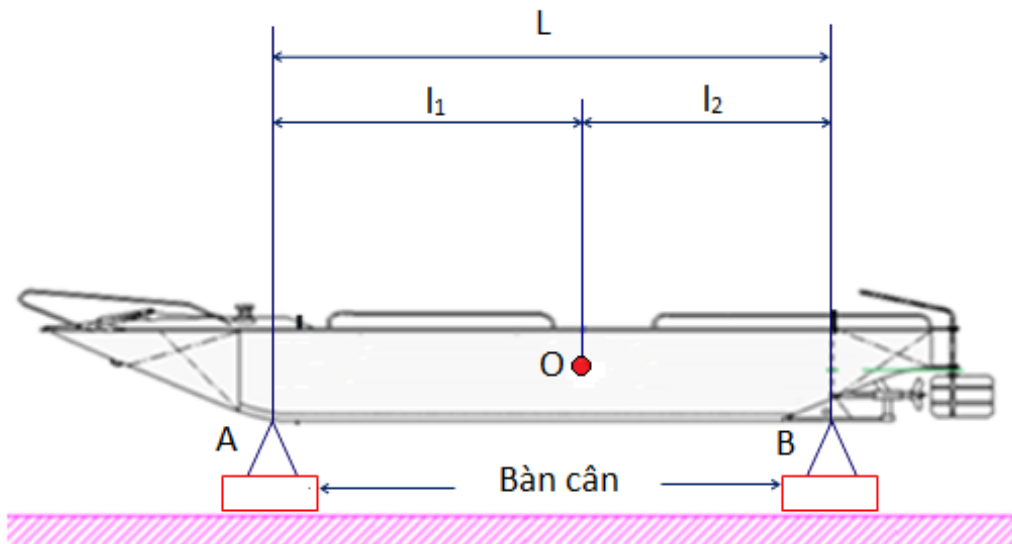
4.3.2. Phương pháp xác định tọa độ trọng tâm của xuồng chữa cháy rừng tràn

Một trong những thông số ảnh hưởng đến độ ổn định của xuồng khi hoạt động là tọa độ trọng tâm và được xác định qua các phương pháp thực nghiệm như sau:

4.3.2.1. Xác định tọa độ trọng tâm của xuồng chữa cháy rừng theo chiều dọc

Để xác định tọa độ trọng tâm của xuồng chữa cháy rừng theo chiều dọc, đặt tất cả các thiết bị chữa cháy lên xuồng đúng vị trí thiết kế và tiến hành cân trên mặt phẳng nằm ngang như hình 4.4, với vị trí bàn cân đặt tại vị trí treo cân bằng xuồng trong thí nghiệm xác định mô men quán tính của xuồng, vị trí cân phía trước đặt tại điểm A cách mũi xuồng 1.16m, xác định được trọng lượng phân bố phía trước xuồng $M_1 = 503.5 \text{ kg}$ và vị trí cân phía sau tại điểm B cách đuôi xuồng 0.6m, xác định được trọng lượng phân bố phía sau xuồng $M_2 = 471.5 \text{ kg}$. Khoảng cách giữa hai vị trí đặt bàn cân trên xuồng $AB = L = 2.5\text{m}$. Trọng lượng toàn bộ của xuồng được xác định theo công thức:

$$M = M_1 + M_2 = 975 \text{ kg} \quad (4.8)$$



Hình 4.4. Sơ đồ xác định tọa độ trọng tâm của xuồng theo chiều dọc

Tọa độ trọng tâm theo chiều dọc của xuồng được xác định như sau:

$$l_1 = \frac{M_2}{M} L = 1.21\text{m} \quad \text{và} \quad l_2 = \frac{M_1}{M} L = 1.29\text{m} \quad (4.9)$$

Trong đó: l_1 - khoảng cách từ trọng tâm xuồng đến vị trí đặt bàn cân phía trước;

- l_2 - khoảng cách từ trọng tâm xuồng đến vị trí đặt bàn cân phía sau;
- L - khoảng cách giữa hai vị trí đặt bàn cân;
- M - trọng lượng của xuồng khi có bố trí tất cả các hệ thống và thiết bị chữa cháy;
- M_1 - trọng lượng xuồng phân bố lên vị trí đặt bàn cân phía trước xuồng;
- M_2 - trọng lượng xuồng phân bố lên vị trí đặt bàn cân phía sau xuồng.

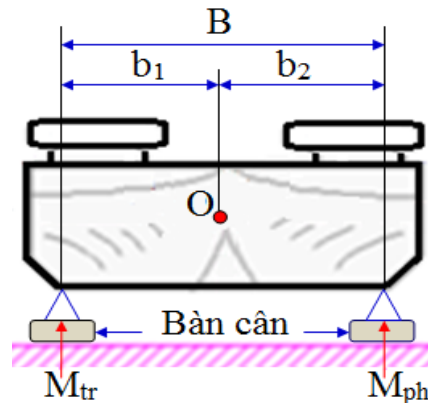
Vậy tọa độ trọng tâm của xuồng theo chiều dọc là:

$$l_t = 1.21 + 1.16 = 2.37\text{m} ; l_s = 1.29 + 0.6 = 1.89\text{m}$$

4.3.2.2. Xác định tọa độ trọng tâm của xuồng chữa cháy rừng trầm theo chiều ngang

Tương tự như phương pháp xác định tọa độ trọng tâm của xuồng theo chiều dọc. Luận án tiến hành cân trọng lượng xuồng phân bố theo chiều ngang của xuồng với $B = 1.5\text{m}$, vị trí đặt bàn cân cách mạn xuồng mỗi bên 0.05m như hình 4.5, xác định được trọng lượng phân bố bên trái và bên phải của xuồng như sau:

$$M_{tr} = 471 \text{ kg} ; M_{ph} = 504 \text{ kg}$$



Hình 4.5. Sơ đồ xác định tọa độ trọng tâm của xuồng theo chiều ngang

Tọa độ trọng tâm theo chiều ngang của xuồng được xác định :

$$b_1 = \frac{M_{ph}}{M} \cdot B = 0.78\text{m} \text{ và } b_2 = \frac{M_{tr}}{M} \cdot B = 0.72\text{m} \quad (4.10)$$

- Trong đó: b_1 - khoảng cách từ trọng tâm xuồng đến vị trí đặt bàn cân bên trái ;
 b_2 - khoảng cách từ trọng tâm xuồng đến vị trí đặt bàn cân bên phải;
 B - khoảng cách giữa hai vị trí đặt bàn cân;
 M - trọng lượng của xuồng khi có bố trí tất cả các hệ thống và thiết bị chữa cháy;
 M_{tr} - trọng lượng xuồng phân bố lên vị trí đặt bàn cân bên trái xuồng;

M_{ph} - trọng lượng xuồng phân bố lên vị trí đặt bàn cân bên phải xuồng.

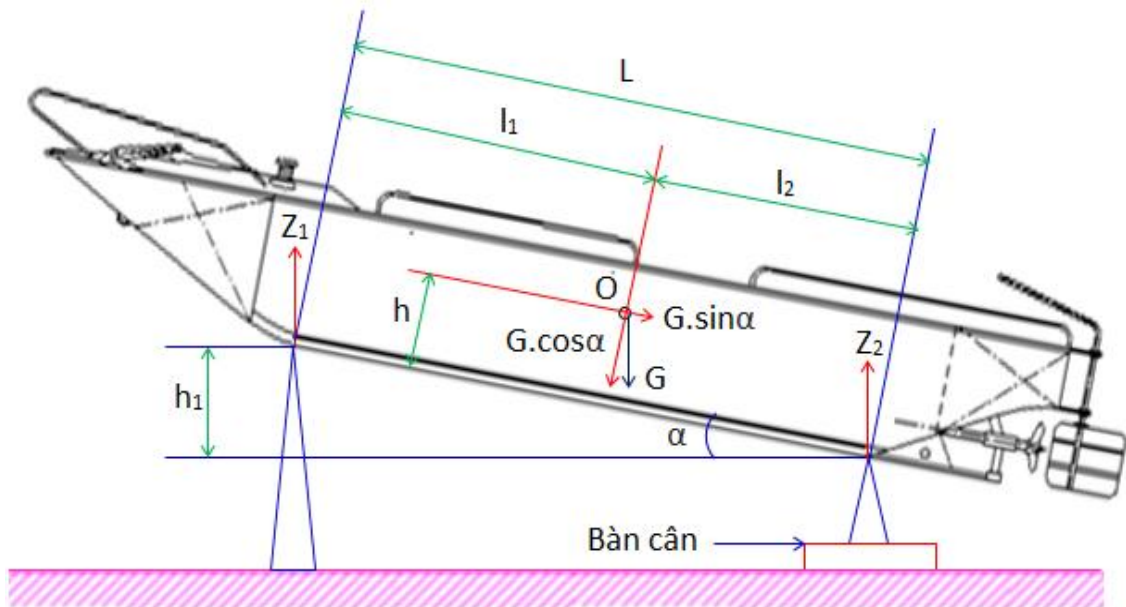
Tọa độ trọng tâm của xuồng theo chiều ngang là:

$$b_{tr} = 0.78 + 0.05 = 0.83\text{m} ; b_{ph} = 0.72 + 0.05 = 0.77\text{m}$$

4.3.2.3. Xác định tọa độ trọng tâm của xuồng chữa cháy rừng theo chiều cao

Để xác định chiều cao của trọng tâm xuồng chữa cháy rừng tràm, luận án tiến hành nâng phần mũi của xuồng lên độ cao $h_1 = 0,8\text{m}$, xuồng lệch so với mặt đường một góc α . Khi đó sẽ cân được trọng lượng phân bố lên phần sau của xuồng $Z_2 = 518\text{ kg}$ được bố trí như hình 4.6. Trọng lượng xuồng tác dụng lên phần mũi xuồng khi đó sẽ là Z_1 :

$$Z_1 = G - Z_2 = 975 - 517 = 458\text{ kG} \quad (4.11)$$



Hình 4.6. Sơ đồ xác định tọa độ trọng tâm của xuồng theo chiều cao

Trước khi nâng xuồng lên, tiến hành cố định xuồng trên bệ đỡ và bàn cân để xuồng không bị trượt xuống theo độ dốc α .

Trên hình 4.6 có:

- h - chiều cao trọng tâm của xuồng chữa cháy rừng so với mặt đáy của xuồng, m;
- h_1 - chiều cao từ vị trí điểm đặt gối đỡ trên bàn cân trong mặt phẳng nằm ngang đến vị trí nâng mũi xuồng, m;
- Z_1 - phản lực pháp tuyến tác dụng lên gối đỡ phần trước xuồng, N;

Z_2 - phản lực pháp tuyến tác dụng lên gối đỡ phân sau xuống, N;

L - khoảng cách giữa hai vị trí gối đỡ ở phần trước và sau xuống, m.

$$\text{Xác định được:} \quad \sin \alpha = \frac{h_1}{L} \quad (4.12)$$

Lập phương trình cân bằng mô men của tất cả các lực tác dụng lên xuống chữa cháy rừng đối với điểm Z_2 trong trường hợp này, được:

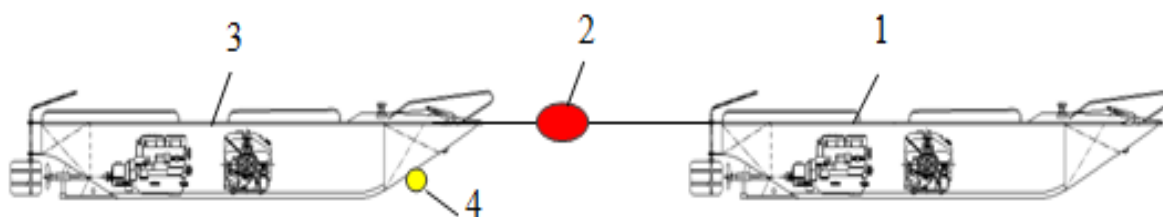
$$Z_1 \cdot \cos \alpha \cdot L + h \cdot G \cdot \sin \alpha - l_2 \cdot G \cdot \cos \alpha = 0 \quad (4.13)$$

Từ (4.12) và (4.13), tính được cao độ trọng tâm của xuống:

$$h = \frac{(G \cdot l_2 - Z_1 \cdot L) \cdot \cos \alpha}{G \cdot \frac{h_1}{L}} = 0.35 \text{ m} \quad (4.14)$$

4.3.3. Phương pháp xác định lực cản tổng hợp của xuống với các chướng ngại vật trên kênh

Sơ đồ bố trí thí nghiệm xác định lực cản của xuống chữa cháy khi hoạt động trên kênh có nhiều chướng ngại vật (rong, bèo, lục bình) được thể hiện trên hình 4.7.



Hình 4.7. Sơ đồ bố trí thí nghiệm xác định lực cản của xuống chữa cháy

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1. Động lực (xuống kéo) | 2. Cảm biến đo lực kéo |
| 3. Xuống chữa cháy rừng tràn | 4. Chướng ngại vật (bèo tây) |

Sử dụng một xuống máy có công suất lớn (1) để kéo xuống thí nghiệm (3) thông qua cảm biến đo lực (2) di chuyển trên kênh có nhiều chướng ngại vật (4) ở nhiều vận tốc khác nhau. Giá trị lực kéo đo được cũng chính là lực cản tổng hợp tác động vào xuống thí nghiệm được xác định theo công thức: [25]

$$\begin{aligned} R_c &= R_{ms} + R_d \\ R_c &= \frac{1}{2} \rho v^2 \Omega k \end{aligned} \quad (4.15)$$

Trong đó: R_c : lực cản toàn phần, N;

R_{ms} , R_d - lực cản ma sát và lực cản dư;

k - hệ số cản tổng hợp (hệ số cản ma sát và hệ số sức cản dư);

ρ - trọng lượng riêng của nước, $\frac{N.s^2}{m^4}$;

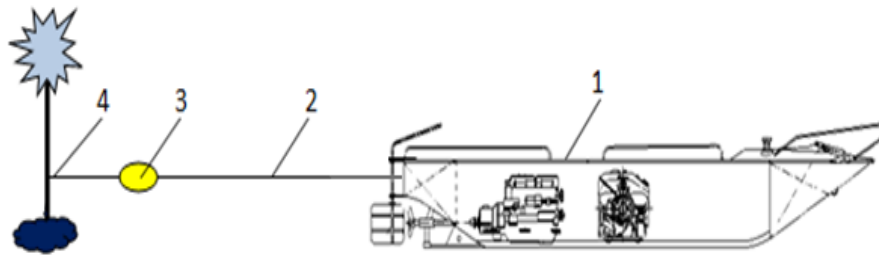
Ω - diện tích cân choán nước của xuồng, m^2 ;

v - vận tốc của xuồng thí nghiệm tại thời điểm đo, m/s .

Để xác định hệ số cân ứng với các biên dạng mũi xuồng khác nhau, luận án tiến hành thí nghiệm như sau: thay đổi biên dạng mũi xuồng thí nghiệm theo ba dạng là hình nêm, hình elip và hành thang. Việc thí nghiệm xác định các hệ số cân cho mỗi biên dạng được tiến hành như đã trình bày bên trên. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong bảng 4.3.

4.3.4. Phương pháp xác định lực đẩy của chân vịt

Thí nghiệm xác định lực đẩy chân vịt của xuồng chữa cháy khi động cơ đầy hoạt động ở chế độ toàn tải được thể hiện trên hình 4.8.



Hình 4.8. Sơ đồ thí nghiệm xác định lực đẩy chân vịt của xuồng

- | | |
|------------------------------|----------------|
| 1. Xuồng chữa cháy rìng tràm | 2. Dây cáp kéo |
| 3. Cảm biến đo lực kéo | 4. Cây tràm |

Lực đẩy chân vịt được tính theo công thức sau:

$$R_d = F_{cv} = T_k + R_c \quad (4.16)$$

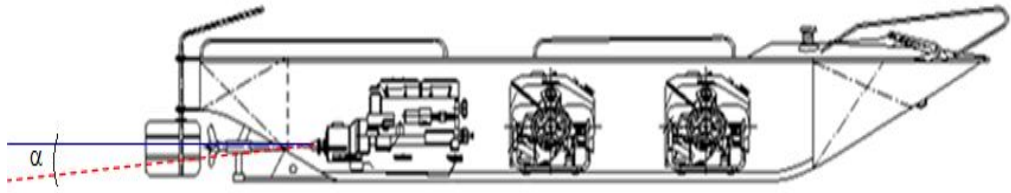
Trong đó: R_d - là lực đẩy của chân vịt, N ;

T_k - là lực kéo thu được từ thí nghiệm, N ;

R_c - là lực cản toàn phần thu được từ thí nghiệm đo lực cản, N .

4.3.5. Phương pháp xác định vận tốc xuồng ứng với các góc đặt trục chân vịt khác nhau

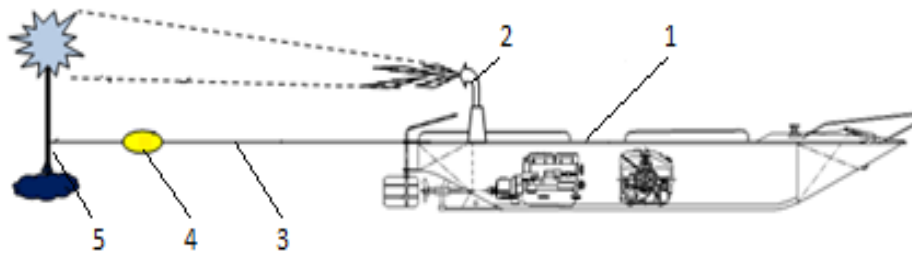
Thí nghiệm xác định vận tốc xuồng chữa cháy ứng với các góc đặt trục chân vịt khác nhau được thể hiện trên hình 4.9. Thí nghiệm xác định vận tốc xuồng với các góc α khác nhau như sau: $\alpha = 10^0$; $\alpha = 15^0$; $\alpha = 20^0$; $\alpha = 25^0$; $\alpha = 30^0$.



Hình 4.9. Sơ đồ thí nghiệm khảo sát vận tốc xuống ứng với các góc đặt trục chân vịt khác nhau

4.3.6. Phương pháp xác định lực đẩy của vòi phun nước chữa cháy đặt trên xuồng

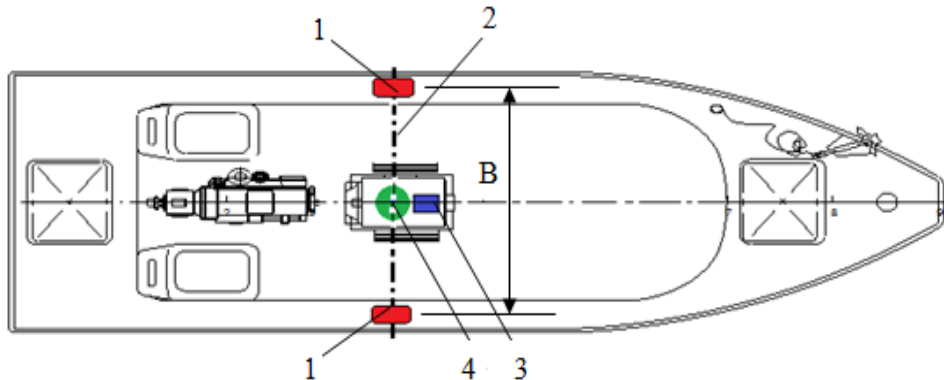
Thí nghiệm xác định lực đẩy của vòi phun nước trên xuồng chữa cháy rừng tràn khi hoạt động phun nước trực tiếp vào thân cây được thể hiện trên hình 4.10.



Hình 4.10. Sơ đồ thí nghiệm xác định lực đẩy của vòi phun nước chữa cháy
1. Xuồng chữa cháy rừng tràn 2. Vòi phun nước 3. Dây cáp
4. Cảm biến đo lực 5. Cây tràn

4.3.7. Phương pháp xác định góc lắc ngang của xuồng (độ chòng chành) khi các thiết bị công tác trên xuồng hoạt động

Sơ đồ bố trí thí nghiệm được thực hiện như hình 4.11.



Hình 4.11. Sơ đồ thí nghiệm xác định góc lắc của xuồng
1. Đầu đo gia tốc theo phương thẳng đứng 2. Trục đi qua trọng tâm xuồng
3. Đầu đo gia tốc theo phương chuyển động 4. Cảm biến đo góc lắc của xuồng

Đo gia tốc thẳng đứng ở hai bên thành xuồng bằng cảm biến đo gia tốc.

Để xác định góc lắc ngang của xuồng, luận án tiến hành đo đồng thời dịch chuyển theo phương thẳng đứng ở hai bên thành xuồng đó là dịch chuyển bên trái Z_t và dịch chuyển bên phải Z_p .

Việc xác định dịch chuyển bên trái và bên phải được đo bằng hai đầu đo gia tốc B12/1000. Sơ đồ đo gia tốc trên xuồng chữa cháy được thể hiện trên hình 4.11. Sau đó lần lượt tích phân hai lần giá trị gia tốc tương ứng bên trái và bên phải ta sẽ xác định được dịch chuyển bên trái và bên phải của xuồng:

$$Z = \iint \ddot{Z} dt \quad (4.17)$$

Trong đó: \ddot{Z} - là gia tốc thu được từ quá trình đo;

Z - là chuyển dịch của thành xuồng (Z_t và Z_p).

Góc lắc ngang của xuồng (độ chòng chành) được xác định như sau:

$$\psi = \arctan\left(\frac{|Z_t| - |Z_p|}{B/2}\right) \quad (4.18)$$

Trong đó: ψ - góc lắc ngang của xuồng chữa cháy;

B - là khoảng cách giữa hai cảm biến đo gia tốc bên trái và bên phải;

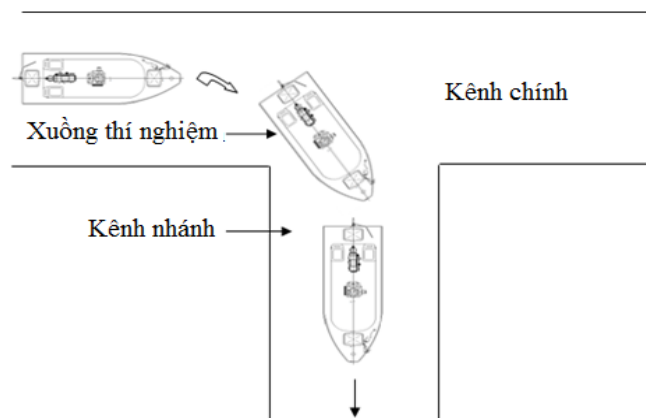
Z_t, Z_p - là giá trị dịch chuyển bên trái và bên phải của thành xuồng.

Ngoài phương pháp trên, luận án còn xác định góc lắc ngang bằng cảm biến đo góc (hình 4.13).

4.3.8. Phương pháp xác định góc nghiêng ngang (góc lật) của xuồng khi quay vòng rẽ vào kênh vuông góc

4.3.8.1. Bố trí thí nghiệm

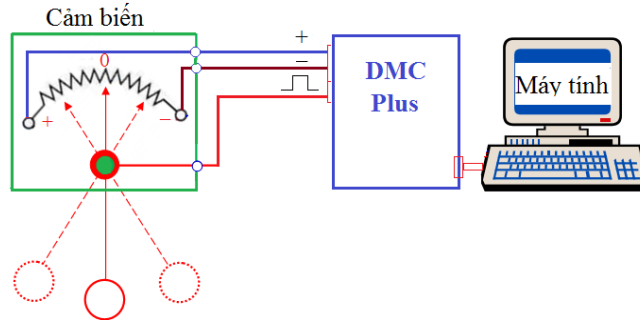
Cho xuồng chữa cháy chạy với tốc độ cao và chuyển hướng gấp sang kênh nhánh vuông góc với kênh chính thể hiện như trên hình 4.12.



Hình 4.12. Sơ đồ bố trí thí nghiệm xác định góc nghiêng ngang

4.3.8.2. Thiết bị đo góc nghiêng ngang

Để xác định góc nghiêng ngang của xuồng, luận án sử dụng cảm biến đo góc được đặt tại trọng tâm của xuồng. Nguyên lý của cảm biến được thể hiện như hình 4.13.



Hình 4.13. Sơ đồ nguyên lý đo góc nghiêng ngang của xuồng

4.3.9. Phương pháp xác định vận tốc của xuồng

4.3.9.1. Phương pháp xác định vận tốc của xuồng bằng cách đo quãng đường trên đơn vị thời gian

Để xác định vận tốc của xuồng, luận án sử dụng phương pháp bấm giây thời gian chuyển động của xuồng và đo khoảng cách đi được của xuồng trong khoảng thời gian xác định. Từ các thông số thời gian và khoảng cách, luận án xác định được vận tốc chuyển động của xuồng theo công thức:

$$v = \frac{S}{t} \quad (4.19)$$

Trong đó: v - vận tốc xuồng, (m/s).

S - quãng đường xuồng di chuyển, (m)

t - thời gian xuồng di chuyển trên quãng đường S , (s).

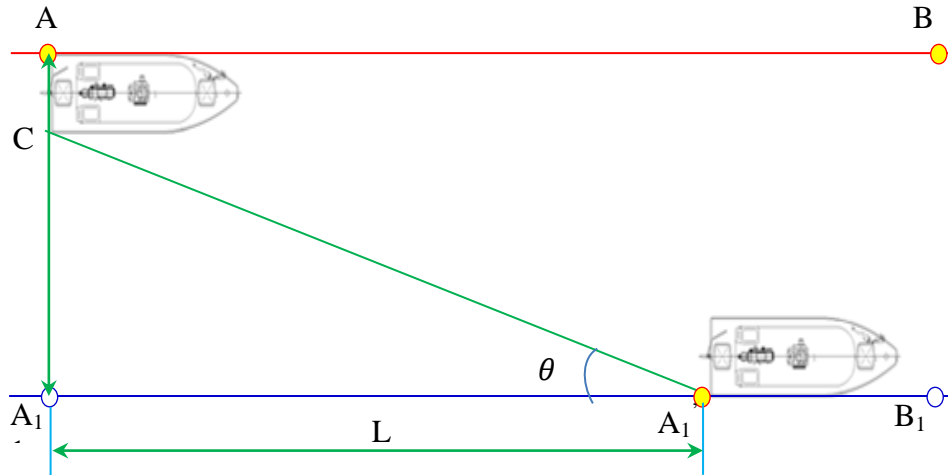
4.3.9.2. Phương pháp xác định vận tốc xuồng bằng cảm biến đo gia tốc theo phương chuyển động

Ngoài phương pháp bấm giây, luận án còn sử dụng phương pháp đo vận tốc của xuồng thông qua cảm biến đo gia tốc theo phương chuyển động được thể hiện như trên hình 4.11. Sau khi xác định được gia tốc chuyển động Z_{cd} , vận tốc của xuồng được xác định bằng công thức sau:

$$v = \int \ddot{Z}_{cd} dt \quad (4.20)$$

4.3.10. Phương pháp xác định độ ổn định hướng chuyển động theo phương OX của xuồng

Luận án sử dụng la bàn đặt tại tọa độ trọng tâm xuồng. Đồng thời bố trí và tiến hành thí nghiệm như hình 4.14.



Hình 4.14. Sơ đồ bố trí thí nghiệm xác định góc lệch hướng chuyển động của xuồng theo phương OX khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy

Trên kênh thí nghiệm, căng hai đoạn dây song song AB và A₁B₁ có chiều dài L bằng nhau nổi trên mặt nước và cách nhau một khoảng AA₁.

Cho xuồng thí nghiệm di chuyển ở từng vận tốc $v = (3, 5, 7)$ km/h với góc phun nước chữa cháy hợp với phương thẳng đứng OY một góc $\beta_y = 45$ độ. Ở mỗi vận tốc v của xuồng chữa cháy, tiến hành thí nghiệm với nhiều vị trí góc phun nước β_x hợp với phương ngang OX khác nhau.

Góc lệch hướng chuyển động của xuồng khi vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy được xác định như sau:

$$\theta = \arctan\left(\frac{A_1C}{L}\right) [\text{độ}] \quad (4.21)$$

Với $A_1C = AA_1 - 1.6$; (bề rộng xuồng bằng 1.6m).

4.4. Thiết bị đo và cảm biến đo

4.4.1. Thiết bị khuếch đại

Luận án sử dụng bộ khuếch đại tín hiệu DMC-Plus của Cộng hòa liên bang Đức. Thiết bị này là bộ thu thập và khuếch đại thông tin đo lường kết nối với máy

tính như hình 4.15. Thiết bị này thay thế cho bộ khuếch đại K và bộ chuyển đổi A/D (Analog/Digital) trong sơ đồ nguyên lý của phương pháp thí nghiệm.

+ Modul DV01: Là modul khuếch đại kiểu dòng một chiều DC, dùng để đo nhiệt độ, nối với cặp nhiệt, các dòng một chiều. Modul này có thể đo được nguồn điện áp với dải đo rất rộng ($\pm 0,1V$; $\pm 1V$; $\pm 10V$; $\pm 200V$), dải tần 2,2 kHz.

+ Modul DV10: Kiểu khuếch đại dòng một chiều DC, để nối các cầu đủ và bán cầu điện trở, có thể đo điện thế, nguồn điện áp DC, dải tần 4,4 Hz.

+ Modul DV30: Kiểu khuếch đại là tần số 600Hz, dùng để đo các cầu đủ và bán cầu điện trở, đo điện thế, nguồn điện áp DC, dải tần 250 Hz.

+ Modul DV35: Kiểu khuếch đại là tần số, thích hợp để đo điện trở, nguồn điện áp DC, dải tần 250 Hz.

+ Modul DV55: Kiểu khuếch đại là tần số, khoảng khuếch đại là 4,8 kHz, rất thông dụng. Dùng để nối với các cầu đủ và bán cầu điện trở, đo điện áp các nguồn áp DC, dải tần 2,2 kHz.

+ Modul DZ65: Dùng cho việc nối các cảm biến đo mô men và tốc độ, công suất.



Hình 4.15. Thiết bị DMC Plus

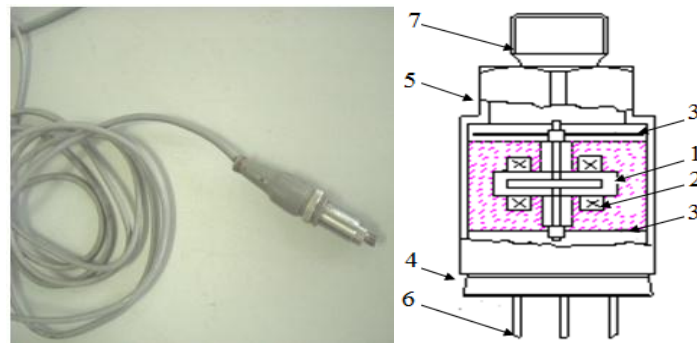
Thiết bị DMC Plus có các modul được chế tạo theo các kênh:

4.4.2. Cảm biến đo

4.4.2.1. Cảm biến đo gia tốc

Để xác định gia tốc thẳng đứng của hai bên thành xuống bằng phương pháp thực nghiệm, luận án sử dụng hai cảm biến đo gia tốc B12/1000 theo nguyên lý điện cảm do hãng HBM của Cộng hoà liên bang Đức sản xuất, hình dáng và sơ đồ nguyên lý được thể hiện ở hình 4.16.

Cảm biến được gắn cố định vào hai bên thành xuống tại trục ngang đi qua tọa độ trọng tâm theo phương thẳng đứng và đối xứng nhau. Khi xuống chuyển động, dưới tác dụng của chướng ngại vật và sự dao động của xuống làm khối quán tính (1) dao động trong hai cuộn dây điện cảm (2), làm cho từ trở của mạch từ thay đổi dẫn đến điện cảm của hai cuộn dây (2) thay đổi. Sự thay đổi điện cảm này sẽ được thiết bị DMC Plus thu thập, khuếch đại lên gấp nhiều lần và được ghi lại vào máy tính. Như vậy, biên độ dịch chuyển của khối quán tính (1) lớn hay nhỏ phụ thuộc vào độ ổn định của xuống hay tùy thuộc vào gia tốc dao động của xuống.



Hình 4.16. Cảm biến đo gia tốc B12/1000

1. Khối quán tính; 2. Mặt cắt của hai cuộn dây điện cảm; 3. Lò xo lá (phần tử đàn hồi); 4. Thân đầu đo; 5. Cạnh vát; 6. Cọc nối dây; 7. Đầu có ren lắp vào vật đo

4.4.2.2. Cảm biến đo lực kéo

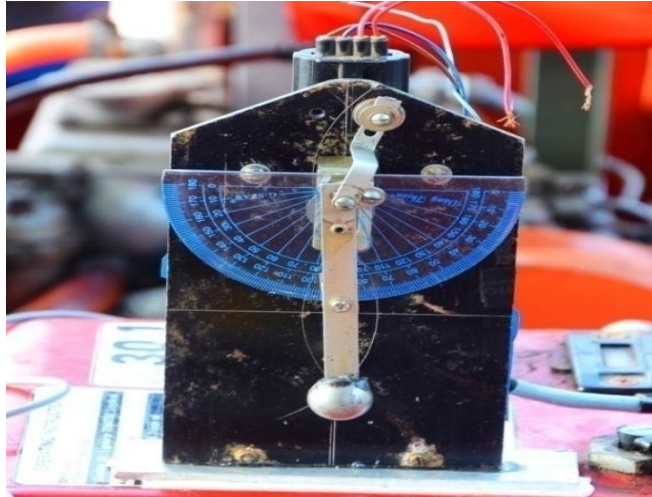
Để đo các lực kéo trong các thí nghiệm, luận án sử dụng cảm biến đo lực kéo tiêu chuẩn của hãng HBM của Cộng hòa liên bang Đức hình 4.17, dải đo lực từ 0 đến 5KN



Hình 4.17. Cảm biến đo lực kéo HBM

4.4.2.3. Cảm biến đo góc nghiêng ngang

Để xác định góc nghiêng ngang trong quá trình quay vòng rẽ sang kênh vuông góc cũng như góc nghiêng ngang giới hạn của xuống, luận án sử dụng cảm biến đo góc loại hiệu ứng Hall (hình 4.18), cảm biến kết nối DMC.



Hình 4.18. Cảm biến đo góc nghiêng ngang

4.5. Tổ chức và tiến hành thí nghiệm

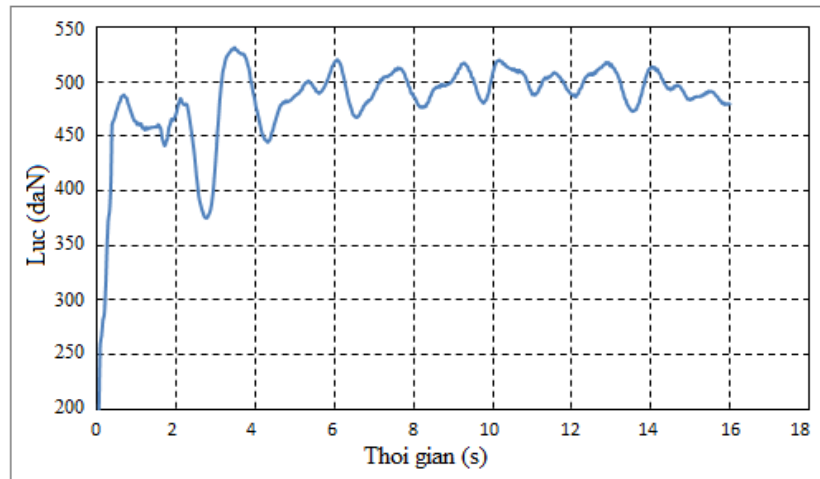
4.5.1. Đo lực cản chuyển động của xuồng

Thí nghiệm được tiến hành trên kênh có nhiều rong, bèo, lục bình ... với mật độ nhất định tại vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang, sử dụng xuồng có công suất lớn để kéo xuồng chữa cháy rừng trầm (xuồng thí nghiệm) thông qua sợi dây cáp dài 40 m (khoảng cách 2 xuồng là 40m) với các vận tốc yêu cầu của xuồng chữa cháy 15km/h. Cảm biến đo lực kéo được kết nối với thiết bị đo DMC Plus và máy tính, kết quả đo được lưu trên máy tính. Quá trình đo được thể hiện trên hình 4.19.



Hình 4.19. Thí nghiệm đo lực cản

Để bảo đảm độ tin cậy của các số liệu thí nghiệm đạt 95%, theo phương pháp đã biết, luận án đã xác định số lần lặp lại của mỗi thí nghiệm là 3.



Hình 4.20. Đồ thị đo lực cảm chuyển động của xuồng chữa cháy

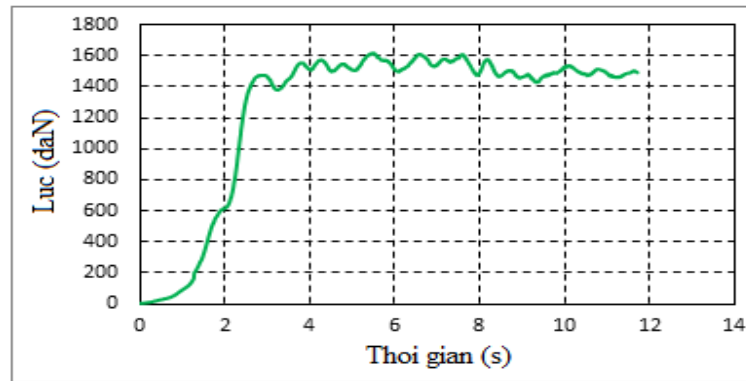
Hình 4.20 là đồ thị lực cảm chuyển động của xuồng chữa cháy rừng ứng với vận tốc 15km/h. Giá trị lực cảm ban đầu tăng rất nhanh do bè tây bị dồn nén lại đến khoảng 500 daN thì lực cảm ổn định do mũi xuồng làm bè tây bị rẽ sang hai bên. Kết quả thí nghiệm được xử lý bằng phần mềm DMC Labplus và Catman.

4.5.2. Đo lực đẩy chân vịt của xuồng chữa cháy rừng

Đo lực đẩy lớn nhất của chân vịt được thực hiện tại vườn quốc gia U Minh Thượng tỉnh Kiên Giang. Để xác định lực đẩy của chân vịt, luận án tiến hành thí nghiệm như sau: Cố định một đầu cảm biến đo lực kéo vào gốc cây tràm, đầu còn lại của cảm biến đo lực kéo được nối vào thân xuồng thông qua dây cáp. Dây tín hiệu của cảm biến đo lực kéo được kết nối vào thiết bị thu thập tín hiệu thí nghiệm DMC Plus và máy tính. Quá trình đo được thể hiện như hình 4.21.



Hình 4.21. Thí nghiệm lực đẩy chân vịt của xuồng chữa cháy



Hình 4.22. Biểu đồ lực đẩy chân vịt của xuồng chữa cháy

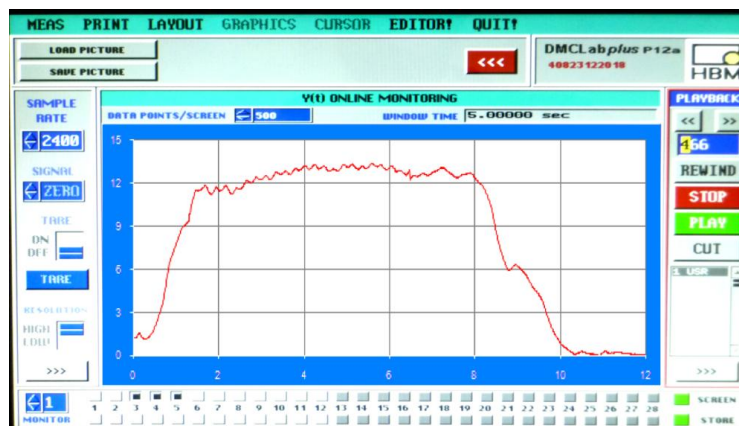
Luận án tiến hành thí nghiệm với các góc đặt trục chân vịt khác nhau với $\alpha = 10$; $\alpha = 15$; $\alpha = 20$; $\alpha = 25$; $\alpha = 30$. Để đảm bảo tin cậy của các số liệu thí nghiệm là 95%, theo các số liệu của thí nghiệm thăm dò ban đầu, xác định được số lần lặp lại cho mỗi thí nghiệm là 3.

Ngoài ra luận án còn tiến hành thí nghiệm đo lực đẩy chân vịt ở các giá trị số vòng quay động cơ khác nhau $n = (1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500)$ vòng/phút.

Kết quả thí nghiệm được xử lý bằng phần mềm DMCLapPlus và Catman. Hình 4.22 là biểu đồ lực đẩy chân vịt của xuồng chữa cháy rừng.

4.5.3. Đo góc nghiêng ngang (góc lật) của xuồng khi quay vòng

Thí nghiệm đo góc nghiêng ngang được thực hiện tại hiện trường, quá trình đo như sau: khi vận tốc xuồng đạt đến giá trị quy định, tiến hành đánh lái thật nhanh đến góc lái lớn nhất để cho xuồng quay vòng, giá trị góc nghiêng ngang tăng nhanh đến khi góc nghiêng ngang của xuồng đạt đến giá trị ổn định như hình 4.23. Sử dụng thiết bị đo góc nghiêng ngang ghi lại giá trị đo. Kết quả thí nghiệm xử lý bằng phần mềm DMC LapPlus, Catman và được thể hiện trên hình 4.23.



Hình 4.23. Kết quả đo góc nghiêng ngang của xuồng chữa cháy

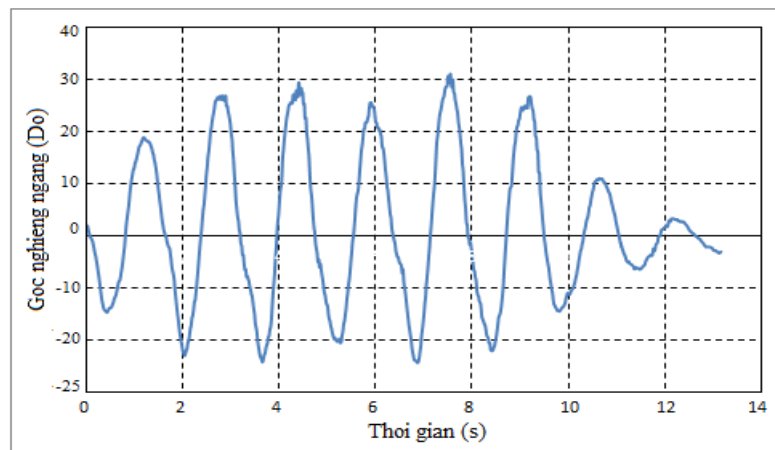


Hình 4.24. Thí nghiệm đo góc nghiêng khi xuồng quay vòng với góc lái lớn nhất

Ngoài ra để xác định góc nghiêng ngang giới hạn, luận án tiến hành thí nghiệm như sau: dùng ngoại lực kích động cho xuồng nghiêng ngang ở trạng thái tĩnh, lực kích động càng lớn thì góc nghiêng ngang của xuồng càng lớn. Khi góc nghiêng ngang đạt đến giá trị $\psi = 23$ độ thì nước tràn qua mạn xuồng. Quá trình thực hiện đo góc nghiêng ngang giới hạn được thể hiện trên hình 4.24 và hình 4.25.



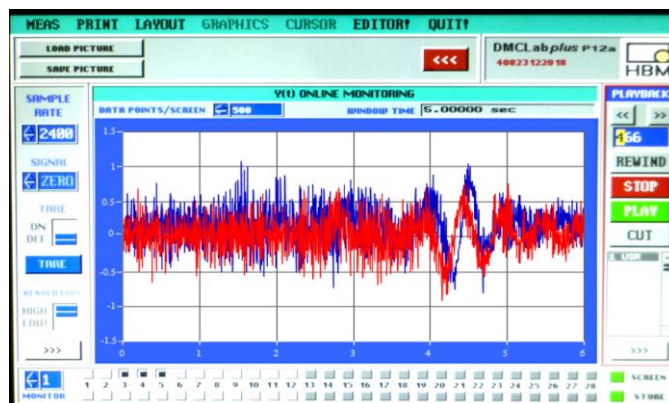
Hình 4.25. Thí nghiệm đo góc nghiêng ngang giới hạn của xuồng chữa cháy



Hình 4.26. Biểu đồ đo góc nghiêng ngang giới hạn của xuồng chữa cháy

4.5.4. Đo góc lắc ngang (độ chòng chành) của xuồng khi các thiết bị trên xuồng đang hoạt động

Để xác định góc lắc ngang của xuồng, luận án tiến hành thí nghiệm như sau: cho xuồng vừa di chuyển vừa vận hành hệ thống phun nước chữa cháy, đo gia tốc đặt hai bên thành xuồng như sơ đồ bố trí thí nghiệm như hình 4.11. Kết quả thí nghiệm xử lý bằng phần mềm DMC LapPlus, Catman và DasyLab 10.



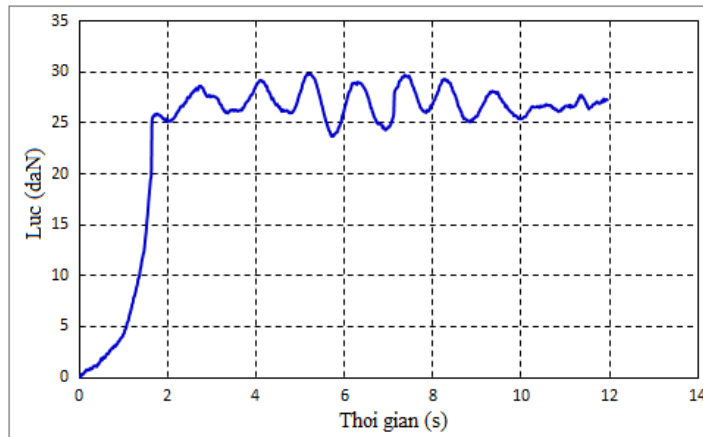
Hình 4.27. Biểu đồ đo gia tốc lắc hai bên mạn xuồng chữa cháy

4.5.5. Đo lực của vòi phun nước chữa cháy

Thí nghiệm đo lực của vòi phun nước chữa cháy được thực hiện như sau: cố định đầu đo lực kéo vào gốc cây tràm, đầu còn lại được gắn chặt với xuồng thông qua dây cáp hình 4.28, cho máy bơm nước hoạt động với công suất lớn nhất. Sử dụng cảm biến đo lực kéo và thiết bị đo DMC Plus sẽ xác định được lực đẩy của vòi phun nước. Kết quả thí nghiệm được xử lý bằng phần mềm DMC LapPlus và Catman



Hình 4.28. Thí nghiệm đo lực của vòi phun nước chữa cháy



Hình 4.29. Biểu đồ đo lực đẩy của vòi phun nước chữa cháy

4.5.6. Đo vận tốc chuyển động của xuồng trên kênh có nhiều chướng ngại vật

Cho xuồng chạy với vận tốc lớn nhất trên các đoạn kênh có nhiều bèo tây, thay đổi góc đặt trục chân vịt $\alpha_1=5^\circ$; $\alpha_1=10^\circ$; $\alpha_1=15^\circ$; $\alpha_1=20^\circ$; $\alpha_1=25^\circ$. Sử dụng đồng hồ bấm giây đo thời gian di chuyển của xuồng, sử dụng thước dây đo quãng đường di chuyển của xuồng, ngoài ra luận án còn sử dụng cảm biến đo gia tốc được kết nối với thiết bị đo DMC Plus và máy tính để đo gia tốc chuyển động của xuồng, quá trình đo được thể hiện trên hình 4.30. Kết quả đo được xử lý bằng phần mềm DMC Labplus và Catman và DasyLab 10.



Hình 4.30. Thí nghiệm đo vận tốc của xuồng

4.6. Xử lý kết quả thí nghiệm

Để kết quả thí nghiệm chính xác luận án tiến hành thí nghiệm theo từng lô, mỗi lô có ba thí nghiệm. Theo định luật số lớn thì phân bố xác suất trung bình mẫu tiệm cận chuẩn [13], [14], [16].

Công thức ước lượng mẫu tổng thể là:

$$P\left(\bar{X} - U_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu_m \leq \bar{X} + U_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha \quad (4.22)$$

Trong đó: \bar{X} - trị số trung bình mẫu tổng thể;

S - tiêu chuẩn mẫu;

α - mức ý nghĩa. $\alpha = 0,05$; $1 - \alpha = 0,95$

Tra bảng $U_{\alpha/2} = 1,96$

Nếu gọi Δ là sai số tuyệt đối của ước lượng, ta có:

$$\Delta = u_{12} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\Rightarrow P. (\bar{X} - \Delta \leq \mu_m \leq \bar{X} + \Delta) = 1 - \alpha \quad (4.23)$$

$$\text{Dung lượng mẫu cần thiết là: } n_{ct} = \frac{u_{\alpha/2} \cdot S^2 \cdot 10^4}{(\bar{X})^2 \cdot (\Delta_c\%)^2} \quad (4.24)$$

Trong đó $\Delta_c\%$ sai số tương đối của ước lượng, lấy $\Delta_c\% = 5\%$.

Kết quả từ các thí nghiệm đo lực cản chuyển động của xuồng, đo lực đẩy của chân vịt, đo các góc lắc, góc lật và đo gia tốc được xử lý theo phương pháp "THKU 53X" [14] và phần mềm Tewin để xác định các đặc trưng động lực học, các bước xử lý số liệu bao gồm:

- Loại bỏ các gia tốc bất bình thường;
- Xác định hàm tương quan;
- Xác định các giá trị theo thời gian bằng phương pháp tung độ điểm;

Theo [16], hàm tương quan được tính theo công thức thức sau:

$$R_x(\Delta t_j) = \frac{1}{N-j} \cdot \sum_{i=1}^{N-j} X'_i \cdot X'_{i+j} \quad (4.25)$$

Trong đó: Δt - Số gia thời gian;

j - Bước nhảy;

N- Số số liệu X'_i ;

i - Số hạng tương ứng X'_i .

4.7. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm

4.7.1. Xác định mô men quán tính, tọa độ trọng tâm và các thông số hình dạng xuồng

Bằng các thí nghiệm được mô tả ở mục 4.3.1 và 4.3.2, luận án đã xác định được một số thông số hình dạng và mô men quán tính, tọa độ trọng tâm của xuồng được ghi trong bảng 4.1

Bảng 4.1. Các thông số kỹ thuật của xuồng

Stt	Thông số kỹ thuật	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
1	Chiều dài/ rộng/cao	m/m/m	4.26/1.6/0.7	
2	Trọng lượng toàn bộ	kg	975	
3	Môn men quán tính theo chiều dọc xuồng Ox	kgm ²	2548	
4	Môn men quán tính theo chiều ngang xuồng Oy	kgm ²	3551	
5	Tọa độ trọng tâm: - Dọc (l_1/l_2) - Ngang (b_1/b_2) - Cao	m	2.37/1.89 0.83/0.77 0.35	
6	Diện tích mặt cắt ướ	m ²	1.2	

4.7.2. Xác định hệ số cản chuyển động giữa xuồng với các chướng ngại vật trên kênh

Sau khi đo được lực kéo (F_{cv}) và xác định được vận tốc của xuồng, thay vào công thức (4.15), xác định được hệ số cản chuyển động của xuồng với các chướng ngại vật trên kênh có bèo tây. Kết quả xác định hệ số cản tổng hợp k được trình bày ở bảng 4.2.

Bảng 4.2. Hệ số cản chuyển động giữa xuồng với các chướng ngại vật trên kênh

Trạng thái của kênh	Hệ số cản k ứng với các vận tốc khác nhau			
	6 km/h	9 Km/h	12 Km/h	15 Km/h
Nước không có bèo	0.0168	0.0171	0.0214	0.0240
Bèo cái	0.0189	0.0229	0.0236	0.0262
Bèo tây	0.0241	0.0258	0.0264	0.0271
Hỗn hợp	0.0225	0.0231	0.0261	0.0266

Bảng 4.3. Hệ số cản chuyển động của xuồng ứng với các biên dạng mũi xuồng khác nhau

Trạng thái của kênh	Hệ số cản k ứng với các biên dạng mũi xuồng khác nhau		
	Hình nêm	Hình elip	Hình thang
Nước không có bè	0.0240	0,0274	0,0316
Bè cái	0.0262	0.0296	0.0331
Bè tây	0.0271	0.0319	0.0358
Hỗn hợp	0.0266	0.0305	0.0346

Nhận xét: Hệ số cản phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của xuồng và chướng ngại vật trên kênh đối với kênh có chướng ngại vật (bè tây) có hệ số cản lớn hơn đối với kênh không có chướng ngại vật, vận tốc của xuồng càng lớn thì hệ số cản chuyển động càng tăng (thể hiện ở bảng 4.2). Hệ số cản phụ thuộc vào biên dạng mũi xuồng, biên dạng mũi xuồng hình nêm có hệ số cản nhỏ nhất

4.7.3. Xác định vận tốc của xuồng chữa cháy rừng ứng với các góc đặt trục chân vịt khác nhau

Sau khi đo được vận tốc xuồng ứng với các góc đặt trục chân vịt khác nhau. Xử lý số liệu theo phương pháp thống kê toán học và được trình bày ở bảng 4.4. Góc đặt trục chân vịt tăng từ 5 đến 20 độ thì vận tốc của xuồng được cải thiện tăng lên, khi góc đặt trục chân vịt tăng đến 25 độ thì vận tốc xuồng không tăng mà có xu hướng giảm xuống. Từ kết quả thí nghiệm cho thấy góc đặt trục chân vịt tốt nhất nằm trong khoảng từ 15 đến 20 độ.

Bảng 4.4. Vận tốc của xuồng ứng với các góc đặt trục chân vịt khác nhau

TT	Thông số đo	Các góc đặt trục chân vịt				
		5 ⁰	10 ⁰	15 ⁰	20 ⁰	25 ⁰
1	Vận tốc xuồng (km/h)	9.3	10.8	12.4	12.8	11

4.7.4. Xác định góc lắc ngang của xuồng (độ chòng chành) khi các hệ thống công tác trên xuồng hoạt động

Sau khi xác định được gia tốc thẳng đứng bên trái và bên phải mạn xuồng, thay vào công thức (4.16), sử dụng phần mềm DasyLab 10 để tích phân hai lần các giá trị gia tốc, xác định được chuyển dịch bên trái và bên phải của mạn xuồng, thay các giá trị chuyển dịch vào công thức (4.17), xác định được góc lắc ngang (độ chòng chành) của xuồng khi các hệ thống công tác trên xuồng hoạt động. Kết quả tính toán được thể hiện ở bảng 4.5.

Bảng 4.5. Góc lắc ngang khi các hệ thống công tác trên xuồng hoạt động

TT	Thông số đo	Trạng thái xuồng chạy thẳng và phun nước	Trạng thái xuồng quay vòng rẽ nhánh	Quy phạm thiết kế
1	Góc lắc ngang của xuồng (độ chòng chành)	2.2 độ	7.1 độ	8.7 độ

Nhận xét: góc lắc ngang (độ chòng chành) của xuồng nhỏ hơn quy phạm thiết kế xuồng

4.7.5. Xác định góc nghiêng ngang giới hạn (góc lật) khi xuồng quay vòng

Sau khi thu được kết quả thí nghiệm, luận án tiến hành xử lý và xác định được giá trị góc nghiêng ngang giới hạn (góc lật) thể hiện trên bảng 4.6.

Bảng 4.6. Góc nghiêng ngang giới hạn của xuồng khi quay vòng rẽ nhánh

TT	Thông số đo	Góc nghiêng ngang ứng với các vận tốc khác nhau			Góc nghiêng ngang giới hạn
		5 km/h	10 km/h	15 km/h	
1	Góc nghiêng ngang (độ)	6.3	9.2	13.7	23

Nhận xét: Vận tốc chuyển động càng cao thì giá trị góc nghiêng ngang của xuồng càng lớn.

4.7.6. Xác định lực vòi phun nước chữa cháy

Sau khi đo được lực của vòi phun nước chữa cháy, sử dụng phần mềm Catman, luận án xác định được lực của vòi phun nước ghi trong bảng 4.7. Phản lực của vòi phun nước chữa cháy tác dụng lại xuống khi phun vào mặt đất có giá trị lớn nhất.

Bảng 4.7. Lực vòi phun nước ứng với các trạng thái phun khác nhau

TT	Trạng thái phun	Lực vòi phun (DaN)	Ghi chú
1	Phun vào bụi cỏ	17.5	Phun trực diện
2	Phun vào ngọn cây	21.0	Phun trực diện
3	Phun vào mặt đất	27.5	Phun trực diện

4.7.7. Xác định góc ổn định hướng chuyển động

Sau khi tiến hành thí nghiệm, luận án xác định được góc lệch hướng chuyển động, kết quả thí nghiệm được xử lý và ghi ở bảng 4.8.

Bảng 4.8. Góc lệch hướng chuyển động của xuống chữa cháy ứng với các tốc độ khác nhau

TT	Thông số xác định	Vận tốc của xuống			
		2 km/h	3 km/h	5 km/h	10 km/h
1	Góc lệch hướng θ (độ)	16.5	14.2	11.3	6.6

4.8. So sánh kết quả tính toán lý thuyết với thực nghiệm

Để đánh giá độ tin cậy của mô hình lý thuyết, luận án lập bảng so sánh một số thông số động lực học chuyển động của xuống chữa cháy rừng tính theo mô hình lý thuyết và kết quả đo bằng thực nghiệm. Luận án tiến hành so sánh kết quả khảo sát trong 3 bài toán lý thuyết với thí nghiệm.

4.8.1. So sánh vận tốc chuyển động của xuồng khi di chuyển trên kênh có chướng ngại vật

Căn cứ vào kết quả khảo sát ở chương 3 và kết quả nghiên cứu thực nghiệm thu được ở trên, luận án lập bảng so sánh kết quả tính theo lý thuyết và kết quả thí nghiệm trong cùng một điều kiện. Kết quả so sánh được thể hiện trong bảng 4.9.

Bảng 4.9. So sánh vận tốc chuyển động của xuồng tính theo mô hình lý thuyết và thực nghiệm.

TT	Trạng thái so sánh	Vận tốc chuyển động (km/h)		
		Kết quả khảo sát lý thuyết	Kết quả thực nghiệm	Sai số (%)
1	Góc đặt chân vịt ($\alpha_1 = 5^0$)	10.5	9.3	11.4
2	Góc đặt chân vịt ($\alpha_1 = 10^0$)	12.5	10.8	13.6
3	Góc đặt chân vịt ($\alpha_1 = 15^0$)	14.1	12.4	12
4	Góc đặt chân vịt ($\alpha_1 = 20^0$)	14.0	12.8	8.5
5	Góc đặt chân vịt ($\alpha_1 = 25^0$)	11.8	11.0	6.8

Nhận xét: sai số giữa tính theo mô hình lý thuyết và kết quả thực nghiệm nằm trong phạm vi cho phép

4.8.2. So sánh góc lệch hướng chuyển động khi xuồng vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy

Để kiểm chứng mô hình tính toán góc lệch hướng chuyển động của xuồng, luận án tiến hành so sánh giữa kết quả tính theo lý thuyết và thực nghiệm trong cùng một điều kiện. Kết quả so sánh được thể hiện trên bảng 4.10.

Bảng 4.10. So sánh góc lệch hướng chuyển động của xuồng tính theo mô hình lý thuyết và thực nghiệm.

TT	Trạng thái so sánh	Góc lệch hướng chuyển động θ		
		Kết quả khảo sát lý thuyết (độ)	Kết quả đo thực nghiệm (độ)	Sai số (%)
1	Vận tốc của xuồng $v = 2\text{km/h}$	18.5	16.5	10.8
2	Vận tốc của xuồng $v = 3\text{km/h}$	16.3	14.2	12.9
3	Vận tốc của xuồng $v = 5\text{km/h}$	12.6	11.3	10.3
4	Vận tốc của xuồng $v = 10\text{km/h}$	7.5	6.6	12.0

4.8.3. So sánh nghiêng ngang của xuồng khi quay vòng rẽ nhánh

Để kiểm chứng mô hình tính toán góc nghiêng ngang của xuồng khi quay vòng rẽ sang kênh nhánh, luận án tiến hành so sánh giữa kết quả tính theo lý thuyết và thực nghiệm trong cùng một điều kiện. Kết quả so sánh được thể hiện trên bảng 4.11.

Bảng 4.11. So sánh nghiêng ngang của xuồng tính theo mô hình lý thuyết và thực nghiệm.

TT	Trạng thái so sánh	Góc nghiêng ngang khi xuồng quay vòng (ψ)		
		Kết quả khảo sát lý thuyết (độ)	Kết quả đo thực nghiệm (độ)	Sai số (%)
1	Vận tốc của xuồng $v = 5\text{km/h}$	7.1	6.3	11.2
2	Vận tốc của xuồng $v = 10\text{km/h}$	9.8	9.2	6.1
3	Vận tốc của xuồng $v = 15\text{m/h}$	15.1	13.7	9.3

Nhận xét: Từ kết quả thực nghiệm nhận được ở trên, luận án có một số nhận xét sau:

- Sai lệch giữa kết quả xác định vận tốc chuyển động của xuồng trên kênh có nhiều chướng ngại vật; độ ổn định của xuồng thông qua góc lệch hướng chuyển động θ và góc nghiêng ngang ψ (góc lật) của xuồng khi quay vòng rẽ sang kênh vuông góc bằng thực nghiệm so với tính theo lý thuyết nằm trong phạm vi cho phép (sai lệch dưới 15%) và chấp nhận được, như vậy mô hình động lực học chuyển động của xuồng theo lý thuyết xây dựng ở chương 2 là có thể tin cậy được. Sự sai lệch giữa kết quả trong bài toán lý thuyết và thực nghiệm là do trong quá trình thực nghiệm còn một số yếu tố ảnh hưởng có tác động lẫn nhau mà trong nghiên cứu lý thuyết chưa kể đến tác động này.

4.9. Xác định các thông số kỹ thuật để hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng

4.9.1. Xác định góc đặt trục chân vịt

Từ kết quả thí nghiệm thu được ở bảng 4.3, sử dụng phần mềm chuyên dùng, chúng tôi thiết lập được phương trình tương quan giữa góc đặt trục chân vịt (α_1) với lực đẩy chân vịt như sau:

- Mô hình hồi qui:

$$V = 7.6 + 0.631\alpha_1 - 0.019\alpha_1^2 \quad (4.26)$$

Giá trị tính toán tiêu chuẩn Kokhren, $G_{tt} = 0,327$, giá trị tính toán tiêu chuẩn Fisher là $F_{tt} = 2.1$.

- Kiểm tra tính đồng nhất của phương sai: giá trị Kokhren tra bảng VIII [16], với $\alpha = 0.05$; $G_b = 0.6644$, so sánh với giá trị Kokhren theo tính toán có: $G_{tt} = 0.327 < G_b = 0.6644$, phương sai của thí nghiệm coi là đồng nhất.

- Kiểm tra tính tương thích của phương trình hồi qui: giá trị tiêu chuẩn Fisher tra bảng VI [16] với mức độ chính xác của nghiên cứu là 0,05; $F_b = 2.5$; so sánh với giá trị Fisher tính toán ta có: $F_{tt} = 2.1 < F_b = 2.5$ mô hình hồi qui là tương thích.

Khảo sát phương trình tương quan (4.26) thấy phương trình trên đạt cực đại khi góc $\alpha_1 = 16.6$ độ, cho vận tốc là lớn nhất $v = 14.9$ km/h.

Như vậy góc đặt trục chân vịt tối ưu là $\alpha_1 = 16.6$ độ.

4.9.2. Xác định công suất động cơ

Sau khi xác định được hệ số cản chuyển động của xuồng chữa cháy rừng trầm khi hoạt động chữa cháy trên kênh có chướng ngại vật, thay hệ số cản đã xác định vào công thức tính công suất động cơ [20], luận án xác định được công suất cần thiết của động cơ cho xuồng chữa cháy rừng trầm là:

$$P_s = \frac{P_e}{\eta_d \cdot \eta_s} \quad (4.27)$$

Với
$$P_e = k \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot S_n \cdot v$$

Thay các giá trị vào công thức (4.27), xác định công suất động cơ thực tế cần thiết cho xuồng chữa cháy là $P_s = 26$ kw .

4.9.3. Xác định vị trí, góc đặt vòi phun nước chữa cháy trên xuồng

Căn cứ vào kết quả khảo sát ở chương 3 và kết quả nghiên cứu thực nghiệm ở phần trên cho thấy góc đặt vòi phun nước chữa cháy hợp lý nhất là $\beta_x \leq 45$ độ, vị trí đặt vòi phun nước chữa cháy cách tọa độ trọng tâm 1.5 m về phía bánh lái khi đó góc lệch hướng chuyển động của xuồng nhỏ, xuồng vẫn ổn định hướng chuyển động ở vận tốc $v = 3 \div 5$ km/h khi có tác động của điều khiển bánh lái, đồng thời vẫn đảm bảo được công nghệ chữa cháy rừng đạt hiệu quả.

4.10. So sánh một số thông số kỹ thuật của xuồng nghiên cứu cải tiến so với xuồng hiện tại đang sử dụng

Để đánh giá tính năng kỹ thuật của xuồng nghiên cứu cải tiến so với xuồng hiện tại đang sử dụng, luận án tiến hành lập bản so sánh một số thông số kỹ thuật, kết quả so sánh được thể hiện ở bảng 4.12.

Bảng 4.12. So sánh một số chỉ tiêu kỹ thuật của xuồng đang sử dụng với xuồng nghiên cứu cải tiến

TT	Chỉ tiêu so sánh	Xuồng đang sử dụng (xuồng do đề tài thiết kế)	Xuồng nghiên cứu cải tiến, hoàn thiện
1	Biên dạng mũi xuồng	- Hình thang	- Hình nêm
2	Góc đặt trục chân vịt	- $\alpha_1 = 10$ [độ]	- $\alpha_1 = 16.6$ [độ]
3	Góc đặt vòi phun β_x - (khi xuồng vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy)	- Không xác định	- $\beta_x < 45$ [độ]
4	Vị trí đặt vòi phun	- Cách trọng tâm 2m về phía mũi xuồng	- Cách trọng tâm 1.5m về phía bánh lái (đuôi xuồng)
5	Công suất động cơ	- $P_s = 15$ [kw]	- $P_s = 26$ [kw]
6	Vận tốc xuồng	- 8 [km/h]	- 15 [km/h]
7	Góc ổn định hướng chuyển động khi xuồng vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy (θ)	- Không ổn định	- Ổn định với $\theta < 20$ [độ] ở vận tốc $v = 3 \div 5$ km/h
8	Lực cản chuyển động	- $F_{cv} = 300$ [daN]	- $F_{cv} = 220$ [daN]
9	Cao độ trọng tâm	- $h = 0.35$ [m]	- $h = 0.35$ [m]
10	Bề rộng xuồng	- $B = 1.6$ [m]	- $B = 1.6$ [m]
11	Góc nghiêng ngang giới hạn ψ_{max}	- $\psi_{max} = 23$ [độ]	- $\psi_{max} = 23$ [độ]

Kết luận chương 4

Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm, luận án rút ra một số kết luận sau:

1. Luận án đã xây dựng được phương pháp thực nghiệm xác định một số thông số động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng trầm, phương pháp thực nghiệm này có thể dùng để tham khảo khi xác định các thông số động lực học của các phương tiện vận tải đường thủy khác.

2. Đã xác định được tọa độ trọng tâm, mô men quán tính, hệ số cản ứng với các biên dạng mũi xuồng khác nhau trên kênh có nhiều chướng ngại vật khác nhau, lực đẩy chân vịt, lực vòi phun nước chữa cháy. Các thông số trên đã được sử dụng trong tính toán khảo sát ở luận án này, ngoài ra còn có thể làm tài liệu tham khảo khi tính toán động lực học của xuồng.

3. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm thu được đã so sánh với kết quả tính theo mô hình lý thuyết với sai số nằm trong phạm vi cho phép (sai số nhỏ hơn 15%), từ đó có thể khẳng định mô hình bài toán lý thuyết về động lực học chuyển động của xuồng đã lập ở chương 2 là đáng tin cậy.

4. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đã xác định được một số thông số kết cấu hợp lý của xuồng bao gồm: góc đặt trục chân vịt $\alpha = 16.6$ độ, vị trí đặt vòi phun nước chữa cháy $a_3 = 1.5$ m cách tọa độ trọng tâm về phía trục lái và góc đặt vòi phun nước chữa cháy $\beta_x \leq 45$ độ, đồng thời cũng xác định được chế độ sử dụng hợp lý của xuồng khi hoạt động chữa cháy rừng bao gồm: vận tốc khi xuồng vừa chạy vừa phun nước chữa cháy từ $v = 3 \div 5$ km/h, vận tốc khi quay vòng rẽ vào kênh vuông góc $v \leq 15$ km/h thì xuồng không bị nước tràn qua mạn xuồng và không đâm vào bờ.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Trên cơ sở của những nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về động lực học chuyển động của xuồng chữa cháy rừng trầm, luận án đã đạt được một số kết quả như sau:

1. Xuồng chữa cháy rừng trầm là thiết bị mới do đề tài trọng điểm cấp nhà nước thiết kế chế tạo hiện đang được sử dụng có hiệu quả tại các đơn vị chữa cháy rừng thuộc khu vực Đồng bằng sông Cửu Long, tuy nhiên thiết bị này còn một số tồn tại cần phải hoàn thiện để đáp ứng yêu cầu của công nghệ chữa cháy rừng

2. Luận án đã thiết lập được mô hình và phương trình vi phân chuyển động thẳng của xuồng (2.33), phương trình vi phân khi xuồng vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy (2.48), phương trình vi phân khi xuồng quay vòng rẽ nhánh vào kênh vuông góc (2.72).

3. Luận án đã tiến hành khảo sát các phương trình vi phân đã lập được ở chương 2, kết quả khảo sát đã xác định được một số thông số kết cấu hợp lý của xuồng chữa cháy rừng trầm bao gồm: góc đặt trục chân vịt hợp lý từ $15 \div 20$ độ, tiết diện mặt cắt ngang của mũi xuồng có dạng hình nêm để rẽ bèo giảm hệ số cản của xuồng, góc đặt vòi phun hợp lý $\beta_x \leq 45$ độ; chế độ sử dụng hợp lý bao gồm vận tốc của xuồng khi vừa di chuyển vừa phun nước $v = 3 \div 5$ km/h, vận tốc lớn nhất khi quay vòng rẽ vào kênh vuông góc $v = 18$ km/h thì xuồng không mất ổn định (không bị nước tràn qua mạn xuồng).

4. Luận án đã xây dựng được phương pháp nghiên cứu thực nghiệm xác định một số thông số động lực học bao gồm: tọa độ trọng tâm, mô men quán tính, hệ số cản ứng với các biên dạng mũi xuồng trên kênh có nhiều chướng ngại vật khác nhau, lực đẩy chân vịt, lực vòi phun nước chữa cháy; đã tiến hành so sánh kết quả tính toán theo mô hình lý thuyết và thực nghiệm, kết quả so sánh cho thấy sai số nằm trong phạm vi cho phép (sai số nhỏ hơn 15%), từ đó có thể khẳng định rằng mô hình bài toán lý thuyết đã xây dựng ở chương 2 là đáng tin cậy.

5. Bằng nghiên cứu thực nghiệm, luận án đã tiến hành xác định được một số thông số kết cấu và chế độ sử dụng hợp lý nhằm hoàn thiện xuồng chữa cháy rừng

trảm bao gồm: góc đặt trục chân vịt tốt nhất $\alpha_1 = 16.6$ độ, vị trí đặt vòi phun nước chữa cháy cách tọa độ trọng tâm xuống 1.5 m về phía bánh lái, góc đặt vòi phun nước chữa cháy $\beta_x = 45$ độ, vận tốc khi xuống vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy $v = 3 \div 5$ km/h, vận tốc xuống khi quay vòng rẽ sang kênh vuông góc $v=15$ km/h.

6. Các thông số của xuống được rút ra từ kết quả nghiên cứu đã khắc phục được những tồn tại của xuống hiện đang sử dụng và đáp ứng được yêu cầu về công nghệ và kỹ thuật của xuống chữa cháy rừng đó là: vận tốc di chuyển xuống lớn để tiếp cận đám cháy, ổn định hướng chuyển động khi xuống vừa di chuyển vừa phun nước chữa cháy và ổn định chống lật khi xuống quay vòng rẽ sang kênh nhánh vuông góc.

2. Kiến nghị

Nghiên cứu động lực học chuyển động của xuống chữa cháy rừng là vấn đề lớn cần có thời gian nghiên cứu dài. Do vậy để đề tài được hoàn thiện, luận án kiến nghị cần nghiên cứu tiếp một số nội dung sau đây:

1. Nghiên cứu về dao động của xuống để hạn chế ảnh hưởng đến sức khỏe của cán bộ chữa cháy và chất lượng hoạt động của các thiết bị chữa cháy.
2. Nghiên cứu sâu về biên dạng mũi xuống và tuyến hình xuống để hệ số cản nhỏ nhất nhưng vẫn đảm bảo ổn định ở các chế độ hoạt động của xuống.
3. Nghiên cứu sâu về hệ số cản ma sát giữa bề mặt vỏ xuống với các chương ngại vật trên kênh (bèo tây) để giảm hệ số cản.
4. Nghiên cứu các mô hình động lực học của xuống khi xuống vượt cạn bằng tời kéo.

DANH MỤC CÁC BÀI BÁO ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN

1. Dương Văn Tài, Cao Hùng Phi, ThS. **Nguyễn Thái Vân** (2013), *Tính toán ổn định của xuống chữa cháy rừng tràm*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam – Số 12 năm 2013, trang 65 ÷ 70.
2. Nguyễn Thế Lục, **Nguyễn Thái Vân** (2014), *Lập phương trình chuyển động của xuống tuần tra, chữa cháy rừng ngập nước theo lý thuyết cơ học hệ nhiều vật*, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn – Số 11 năm 2014, trang 78 ÷ 82.
3. Dương Văn Tài, **Nguyễn Thái Vân** (2016), *Mô hình động lực học của xuống chữa cháy rừng Tràm khi quay vòng*, - Tạp chí Khoa học và công nghệ lâm nghiệp – Số 4 năm 2016, trang 103 ÷ 108.
4. **Nguyễn Thái Vân**, Dương Văn Tài, *Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển động và ổn định khi quay vòng của xuống chữa cháy rừng Tràm*, - Tạp chí Khoa học và công nghệ lâm nghiệp, Số 4 năm 2016, trang 116 ÷ 123.
5. **Nguyễn Thái Vân**, Dương Văn Tài, Nguyễn Quang Tuyền, *Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định hướng chuyển động khi xuống vừa chuyển động vừa phun nước chữa cháy rừng* -Tạp chí Khoa học và công nghệ lâm nghiệp, Số 1 năm 2017, trang 94 ÷ 101
6. Dương Văn Tài, **Nguyễn Thái Vân**, Nguyễn Quang Tuyền, *Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đo thông số động lực học của xuống chữa cháy rừng tràm* -Tạp chí Khoa học và công nghệ lâm nghiệp, Số 1 năm 2017, trang 74 ÷ 79

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Nguyễn Đức Ân, Hồ Quang Long, Dương Đình Nguyên (1978), *Sổ tay kỹ thuật đóng tàu thủy tập 1*, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
2. Nguyễn Đức Ân, Nguyễn Bản (2004), *Lý thuyết tàu thủy tập 1*, Nxb Giao thông vận tải, Hà Nội.
3. Nguyễn Đức Ân, Nguyễn Bản (2004), *Lý thuyết tàu thủy tập 2*, Nxb Giao thông vận tải, Hà Nội.
4. Nguyễn Văn Bi, *Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm*. Trường Đại học Lâm nghiệp, 2006.
5. Trương Sĩ Cáp, Nguyễn Tiến Lai, Trần Minh Tuấn, Đỗ Thị Hải Lâm (1987), *Lực cản tàu thủy*, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.
6. Cục Đăng kiểm Việt Nam 2005, *Quy phạm phân cấp và đóng tàu sông nội địa* TCVN 6259-1:2005, Nxb Giao thông vận tải, Hà Nội.
7. ThS Lê Xuân Cường, “*Nghiên cứu ổn định của xuồng chữa cháy rừng tràn*”, luận văn cao học, Trường Đại học Lâm nghiệp.
8. Nguyễn Hữu Cần, Phạm Hữu Nam (2004), *Thí nghiệm ô tô*, Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
9. ThS Lê Tiến Dũng, “*Khảo sát dao động tàu biển*” Học viện Kỹ thuật Quân sự, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, 2011.
10. Nguyễn Thị Hiệp Đoàn, Trương Sĩ Cáp, *Lý thuyết tàu*, Trường Đại học Hàng Hải, 1997.
11. TS Nguyễn Huy Hào, “*Dao động xoắn hệ trục chân vịt tàu thủy ở các chế độ làm việc khác nhau của động cơ*”, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, 2014.
12. Cao Trọng Hiền, Nguyễn Văn bang, Trịnh Chí Thiện (1995), *Thí nghiệm ô tô*, Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội

13. Đặng Thế Huy (1995), *Phương pháp nghiên cứu khoa học cơ khí nông nghiệp*, Nxb Nông nghiệp Hà Nội.
14. Lê Công Huỳnh (1995), *Phương pháp nghiên cứu khoa học phần nghiên cứu thực nghiệm*. Nxb Nông nghiệp Hà Nội.
15. GS.TSKH Nguyễn Văn Khang, *Động lực học hệ nhiều vật*, Nxb Khoa học và kỹ thuật- Hà Nội.
16. GS.TSKH Phạm Văn Lang, Bạch Quốc Khang (1998), *Cơ sở lý thuyết quy hoạch thực nghiệm và ứng dụng trong kỹ thuật nông nghiệp*. Nxb Nông nghiệp, Hà Nội.
17. PGS TS Vũ Văn Khiêm, *Dao động tàu thủy*, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Nxb Khoa học Kỹ thuật – Hà Nội.
18. Trần Công Nghị (2001), *Thiết kế chân vịt tàu thủy*, NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
19. PGS.TS. Phạm Tiến Tĩnh, TS. Lê Hồng Bang, KS. Hoàng Văn Oanh (2006), *Lý thuyết thiết kế tàu thủy*, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.
20. TS Lê Thanh Tùng, TS Lương Ngọc Lợi, *Lý thuyết tàu thủy*, Đại học Bách Khoa Hà Nội, Nxb Bách Khoa – Hà Nội.
21. Đào Quang Triệu (1994), *Phương pháp qui hoạch thực nghiệm cực trị và tối ưu các quá trình kỹ thuật hệ phức tạp*, Bài giảng cao học và nghiên cứu sinh Trường Đại học Nông nghiệp I, Hà Nội.
22. TS Nguyễn Văn Tuấn, *Nghiên cứu tính toán hiệu chỉnh cánh chân vịt nhằm mục đích giảm tiêu thụ nhiên liệu*, Viện Khoa học và Công nghệ Hàng hải, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, 2014.
23. TS Nguyễn Văn Tuấn, *Một số phương án khả thi tiết kiệm nhiên liệu áp dụng cho tàu biển Việt Nam*, Viện Khoa học và Công nghệ Hàng hải, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, 2014.
24. PGS TS Dương Văn Tài, *Nghiên cứu công nghệ và thiết kế chế tạo các thiết bị chuyên dụng chữa cháy rừng*, Đề tài Nghiên cứu khoa học cấp nhà nước, mã số KC0.13/06-10.

25. PGS TS Dương Văn Tài, *Nghiên cứu xây dựng mô hình, tính toán thiết kế các bộ phận của xuống tự hành*, Đề tài trọng điểm cấp nhà nước, mã số KC07.13/06-10.
26. PGS TS Dương Văn Tài, *Nghiên cứu về tình hình xây dựng sử dụng các thiết bị chữa cháy rừng, phân loại thực bì, điều kiện địa hình, giao thông, nguồn nước phục vụ cho công tác chữa cháy rừng ở các tỉnh Tây Nam Bộ*, Đề tài trọng điểm cấp nhà nước, mã số KC07.13/06-10.
27. Phan Quốc Phô, Nguyễn Đức Chiến, *Giáo trình cảm biến*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội – 2009.
28. Nguyễn Trọng Quế, *Giáo trình Phương pháp đo các đại lượng điện và không điện*. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – 1996.

Tiếng Anh

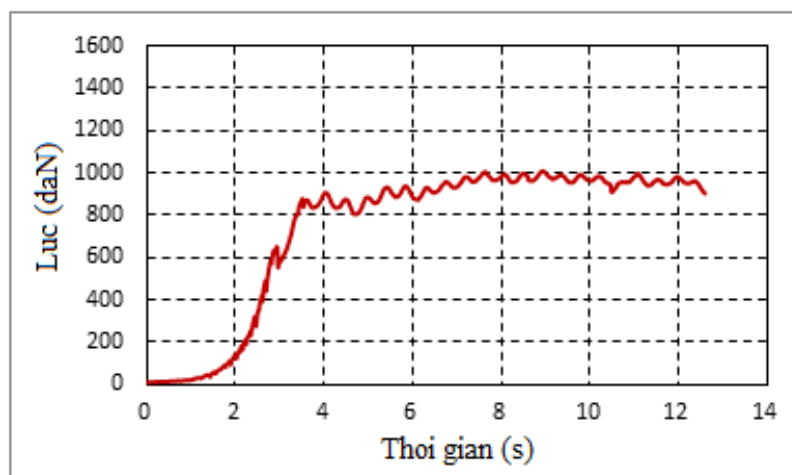
29. Franz Holzweibig, Hans Dresig (2001), *Động lực học máy*, Nxb khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
30. Thor I.Fossen, *Guidance and control ocean vehicle, Centre for Autonomous operations and system*, Department of Engineering Cybernetics, Norwegian University of Science and Technology, Norway.
31. W. D Kinney, *On the unstable rolling motions of ships resulting from nonlinear coupling with pitch including the effect of damping in roll*, Institute of Engineering Research, University of California, Berkeley, Calif, USA, 1961.
32. M. R. Haddara, *On the stability of ship motion in regular oblique waves*, *International Shipbuilding Progress*, vol. 18, no. 207, pp. 416 – 434, 1971.
33. Metin Taylan, *Effect of forward speed on ship rolling stability*, *Mathematical and Computational Applications*, vol. 9, no. 2, pp. 133 – 145, 2004.
34. Ludwig Arnold, Igor Chueshov, Gunter Ochs, *Stability and capsizing of ships in random sea a survey*, vol. 36, no. 2-4, pp.135 – 179, 2004
35. R. A. Ibrahim, I, M, Grace, *Modeling of ship roll dynamics and its coupling with heave and pitch*, Department of Mechanical Engineering, Wayne State University, Detroit, MI 48202, USA, 2009.

36. Holtrop, J. and Mennen, G.G.J, *A statistical power prediction method*.
International Shipbuilding Progress, Vol. 25, October 1978 ;
37. Oosterveld, M.W.C. and Oossanen, P. van, *Furthur computer analyzed data of
the Wageningen B-Screw Series*, *International Shipbuilding Progress*, July
1975 ;
38. *Proceedings 15th ITTC*, The Hague, 1978

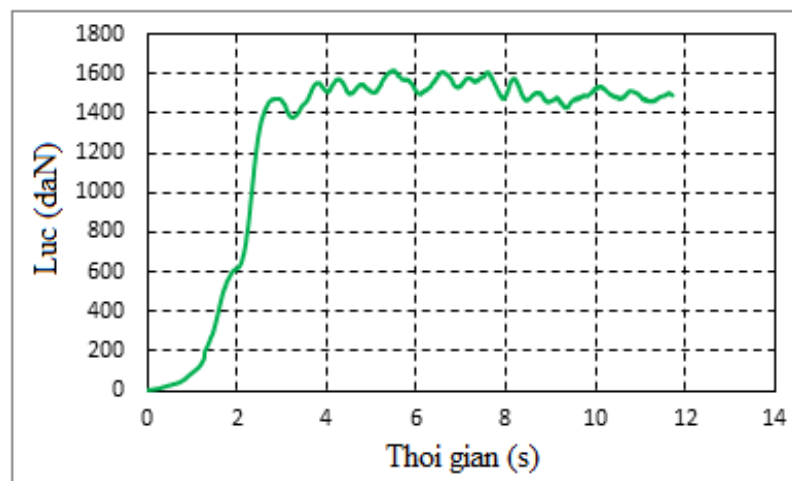
PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 01:
KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM ĐO LỰC ĐẨY CHÂN VỊT

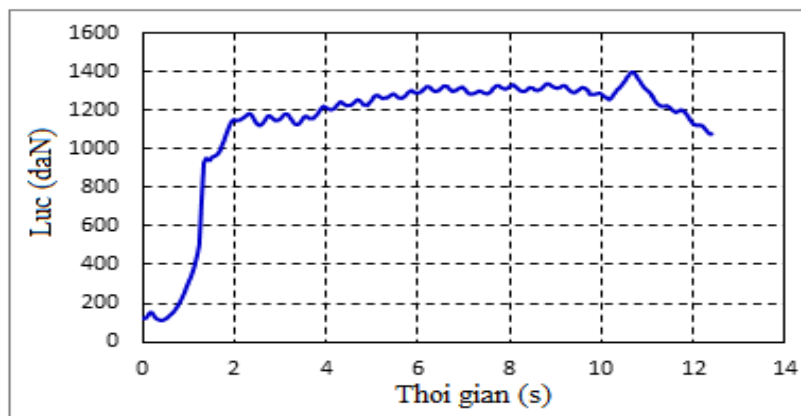
1. Lực đẩy chân vệt với góc đặt trục chân vệt 10 độ



2. Lực đẩy chân vệt với góc đặt trục chân vệt 20 độ

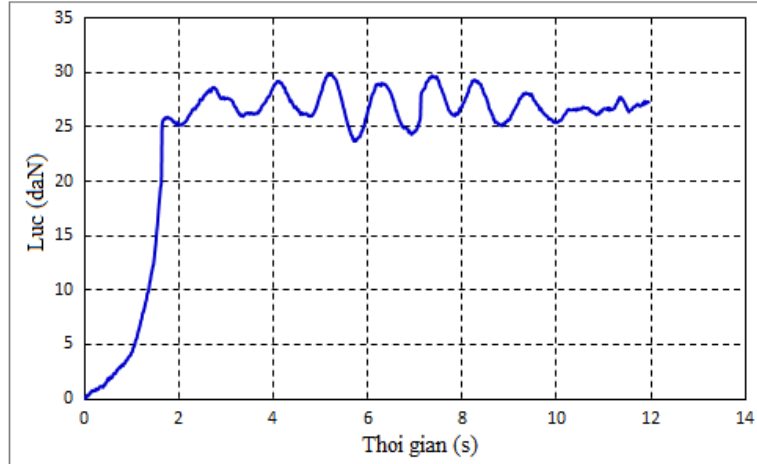


3. Lực đẩy chân vệt với góc đặt trục chân vệt 30 độ

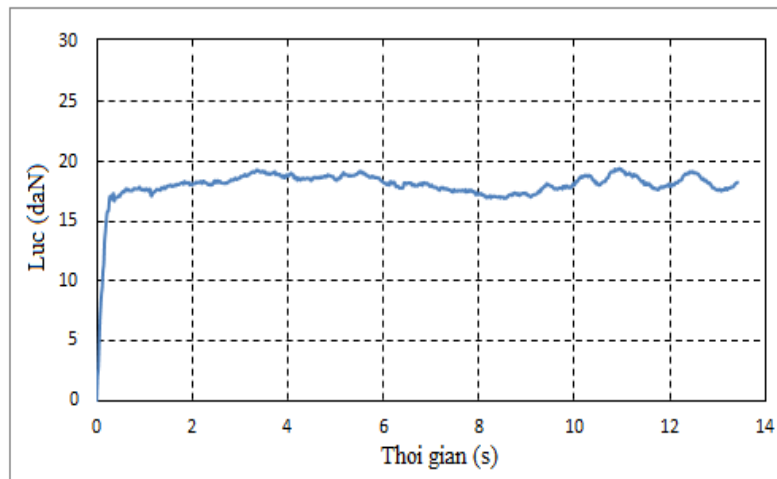


PHỤ LỤC 02: KẾT QUẢ ĐO LỰC VÒI PHUN NƯỚC CHỮA CHÁY

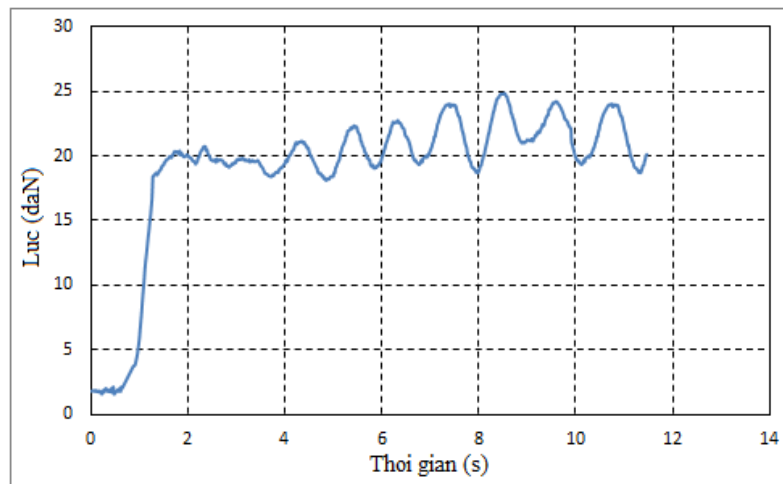
1. Kết quả đo lực vòi phun khi phun vào mặt đất



2. Kết quả đo lực vòi phun khi phun vào bụi cỏ

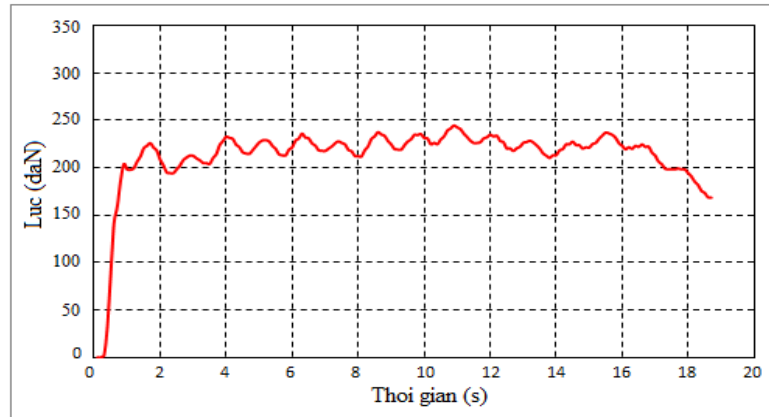


3. Kết quả đo lực vòi phun khi phun vào ngọn cây

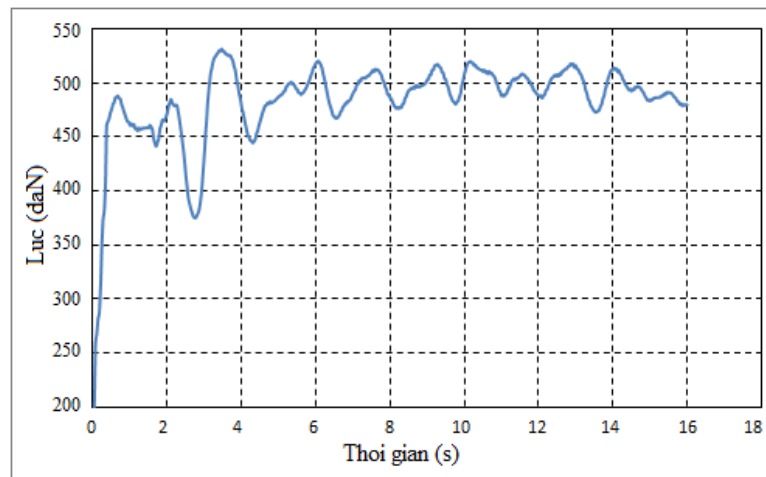


PHỤ LỤC 03:
KẾT QUẢ ĐO LỰC CẢN CHUYỂN ĐỘNG CỦA XUỒNG

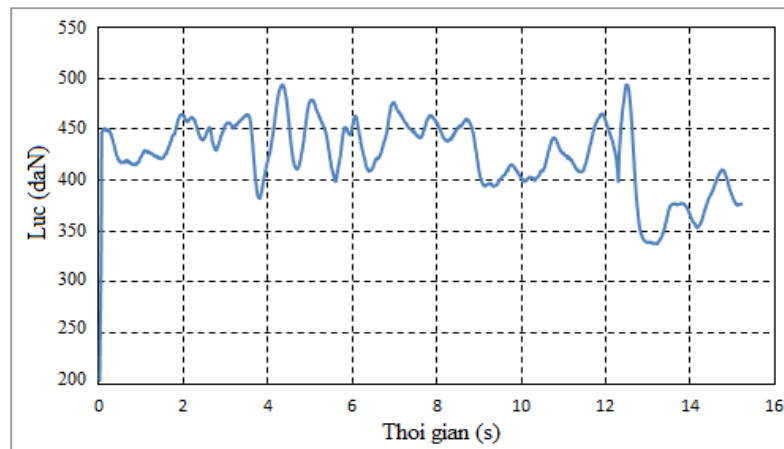
1. Lực cản xuồng trên nước than bùn



2. Lực cản xuồng trên kênh có nhiều bèo tây



3. Lực cản xuồng trên kênh hỗn hợp bèo cái và bèo tây



PHỤ LỤC 04

SỐ LIỆU THÍ NGHIỆM ĐO LỰC ĐẨY CHÂN VỊT

5.1. Lực đẩy chân vệt với góc đặt 10 độ

t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)
0.00	0	0.72	3.272	1.50	220.32	2.26	924.805
0.02	0.175	0.75	3.621	1.53	235.725	2.29	921.661
0.03	0.461	0.79	4.018	1.56	251.082	2.33	950.406
0.05	0.349	0.82	4.193	1.58	271.68	2.35	964.302
0.07	0.397	0.83	4.78	1.60	291.293	2.37	994.317
0.08	0.746	0.85	5.543	1.62	306.809	2.38	999.098
0.10	0.111	0.87	4.367	1.63	320.308	2.40	905.958
0.12	1.81	0.88	4.193	1.65	335.094	2.42	998.399
0.13	1.175	0.90	3.843	1.67	346.496	2.43	982.915
0.15	2.509	0.92	6.464	1.68	358.646	2.45	964.541
0.17	2.573	0.93	5.543	1.70	368.714	2.47	945.451
0.18	2.271	0.95	6.416	1.72	381.8	2.48	931.952
0.20	1.525	0.97	4.669	1.73	396.459	2.50	921.551
0.22	2.62	0.98	5.13	1.75	409.434	2.52	929.347
0.23	0.937	1.00	5.066	1.77	423.282	2.53	931.253
0.25	3.494	1.02	5.892	1.78	436.606	2.55	948.198
0.27	2.922	1.03	5.415	1.80	447.31	2.57	950.755
0.28	3.796	1.05	5.717	1.82	454.584	2.58	971.703
0.30	1.874	1.07	6.94	1.83	458.602	2.60	960.586
0.32	2.795	1.08	6.067	1.85	466.558	2.62	969.543
0.33	1.636	1.10	8.036	1.87	476.802	2.63	968.558
0.35	2.335	1.12	7.464	1.88	488.379	2.65	987.171
0.37	3.669	1.13	6.416	1.90	505.547	2.67	993.984
0.38	3.033	1.15	6.591	1.92	523.921	2.68	924.047
0.40	1.874	1.17	4.844	1.93	548.236	2.70	943.009
0.42	3.144	1.18	6.94	1.95	570.93	2.72	964.068
0.43	2.223	1.20	6.877	1.97	594.672	2.73	970.468
0.45	3.097	1.22	7.512	1.98	626.482	2.75	976.058
0.47	2.795	1.23	6.765	2.00	660.802	2.77	967.038
0.48	2.684	1.25	89.427	2.02	696.233	2.78	946.265
0.50	1.922	1.27	90.65	2.03	733.585	2.80	927.084
0.52	2.049	1.28	95.113	2.05	779.831	2.82	901.482
0.53	2.795	1.30	99.48	2.07	824.902	2.83	987.346
0.55	2.509	1.32	103.45	2.08	872.546	2.85	970.527
0.57	2.747	1.33	108.326	2.10	915.949	2.87	968.325
0.58	3.97	1.35	110.533	2.12	963.831	2.88	960.062
0.60	2.859	1.37	114.551	2.13	979.442	2.90	961.571
0.62	3.319	1.38	120.141	2.15	949.288	2.92	948.373
0.63	4.256	1.40	123.921	2.17	991.993	2.93	943.482
0.65	2.922	1.42	128.86	2.18	934.157	2.95	922.471
0.67	3.732	1.43	130.893	2.20	972.955	2.97	912.418
0.68	3.383	1.45	137.134	2.22	911.006	2.98	988.914

t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)
0.70	3.843	1.47	143.169	2.23	952.901	3.00	988.564
3.02	968.729	3.79	943.009	4.55	921.661	5.32	953.773
3.33	952.721	3.81	964.068	4.57	950.406	5.33	944.641
3.05	927.708	3.82	970.468	4.58	964.302	5.35	988.914
3.07	919.973	3.83	976.058	4.60	994.317	5.37	988.564
3.08	913.986	3.85	967.038	4.62	999.098	5.38	924.805
3.10	928.708	3.87	946.265	4.63	905.958	5.40	921.661
3.12	933.012	3.88	927.084	4.65	998.399	5.42	950.406
3.13	947.146	3.90	901.482	4.67	982.915	5.43	964.302
3.15	957.85	3.92	987.346	4.68	964.541	5.45	994.317
3.17	972.62	3.93	970.527	4.70	945.451	5.47	999.098
3.18	973.557	3.95	968.325	4.72	931.952	5.48	905.958
3.20	984.61	3.97	960.062	4.73	921.551	5.50	998.399
3.22	989.2	3.98	961.571	4.75	929.347	5.52	982.915
3.23	907.987	4.00	948.373	4.77	931.253	5.53	964.541
3.25	991.761	4.02	943.482	4.78	948.198	5.55	945.451
3.27	966.462	4.03	922.471	4.80	950.755	5.57	931.952
3.28	941.084	4.05	912.418	4.82	976.058	5.58	921.551
3.30	929.919	4.07	988.914	4.83	967.038	5.60	929.347
3.32	920.327	4.08	988.564	4.85	946.265	5.62	931.253
3.33	924.281	4.10	988.914	4.87	927.084	5.63	948.198
3.35	921.137	4.12	988.564	4.88	901.482	5.65	950.755
3.37	927.664	4.13	924.805	4.90	987.346	5.67	971.703
3.38	924.98	4.15	921.661	4.92	970.527	5.68	960.586
3.40	9027.95	4.17	950.406	4.93	968.325	5.70	969.543
3.42	9067.272	4.18	964.302	4.95	960.062	5.72	1026.314
3.43	924.805	4.20	994.317	4.97	961.571	5.73	1038.765
3.45	921.661	4.22	999.098	4.98	948.373	5.75	943.009
3.47	950.406	4.23	905.958	5.00	943.482	5.77	964.068
3.48	964.302	4.25	998.399	5.02	922.471	5.78	970.468
3.50	994.317	4.27	982.915	5.03	912.418	5.80	976.058
3.52	999.098	4.28	964.541	5.05	988.914	5.82	967.038
3.53	905.958	4.30	945.451	5.07	988.564	5.83	946.265
3.55	998.399	4.32	931.952	5.08	988.914	5.85	927.084
3.57	982.915	4.33	921.551	5.10	988.564	5.87	901.482
3.58	964.541	4.35	929.347	5.12	924.805	5.88	987.346
3.60	945.451	4.37	931.253	5.13	921.661	5.90	970.527
3.62	931.952	4.38	948.198	5.15	950.406	5.92	968.325
3.63	921.551	4.40	950.755	5.17	964.302	5.93	960.062
3.65	929.347	4.42	971.703	5.18	994.317	5.95	961.571
3.67	931.253	4.43	960.586	5.20	999.098	5.97	948.373
3.68	948.198	4.45	969.543	5.22	905.958	5.98	943.482
3.70	950.755	4.47	931.841	5.23	998.399	6.00	922.471
3.72	971.703	4.48	929.459	5.25	982.915	6.02	912.418
3.73	960.586	4.50	933.477	5.27	964.541	6.03	988.914
3.75	969.543	4.52	919.104	5.28	945.451	6.05	988.564
3.77	968.558	4.53	918.691	5.30	931.952	6.07	921.661

t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)
6.13	987.171	6.90	972.386	7.67	921.551	8.43	950.406
6.15	993.984	6.92	948.373	7.68	929.347	8.45	964.302
6.17	924.047	6.93	943.482	7.70	931.253	8.47	994.317
6.18	943.009	6.95	922.471	7.72	948.198	8.48	999.098
6.20	964.068	6.97	912.418	7.73	950.755	8.50	905.958
6.22	970.468	6.98	988.914	7.75	971.703	8.52	998.399
6.23	976.058	7.00	988.564	7.77	960.586	8.53	982.915
6.25	967.038	7.02	924.805	7.78	969.543	10.20	964.541
6.27	946.265	7.03	964.302	7.80	982.915	10.22	945.451
6.28	927.084	7.05	994.317	7.82	964.541	10.23	931.952
6.30	901.482	7.07	999.098	7.83	945.451	10.25	921.551
6.32	987.346	7.08	905.958	7.85	931.952	10.27	929.347
6.33	970.527	7.10	998.399	7.87	921.551	10.28	931.253
6.35	968.325	7.12	982.915	7.88	929.347	10.30	948.198
6.37	960.062	7.13	964.541	7.90	931.253	10.32	950.755
6.38	961.571	7.15	945.451	7.92	948.198	10.33	988.914
6.40	948.373	7.17	931.952	7.93	950.406	10.35	988.564
6.42	943.482	7.18	921.551	7.95	964.302	10.37	924.805
6.43	922.471	7.20	995.711	7.97	994.317	10.38	921.661
6.45	912.418	7.22	989.898	7.98	999.098	10.40	950.406
6.47	988.914	7.23	996.584	8.00	905.958	10.42	964.302
6.48	988.564	7.25	931.253	8.02	998.399	10.43	994.317
6.50	924.805	7.27	948.198	8.03	982.915	10.45	999.098
6.52	921.661	7.28	950.755	8.05	964.541	10.47	905.958
6.53	950.406	7.30	988.914	8.07	913.986	10.48	998.399
6.55	964.302	7.32	988.564	8.08	928.708	10.50	982.915
6.57	994.317	7.33	924.805	8.10	933.012	10.52	964.541
6.58	999.098	7.35	921.661	8.12	947.146	10.53	945.451
6.60	905.958	7.37	950.406	8.13	957.85	10.55	931.952
6.62	998.399	7.38	964.302	8.15	972.62	10.57	921.551
6.63	982.915	7.40	994.317	8.17	973.557	10.58	929.347
6.65	964.541	7.42	999.098	8.18	984.611	10.60	931.253
6.67	945.451	7.43	905.958	8.20	989.259	10.62	948.198
6.68	931.952	7.45	998.399	8.22	987.346	10.63	950.755
6.70	921.551	7.47	982.915	8.23	970.527	10.65	951.703
6.72	929.347	7.48	964.541	8.25	968.325	10.67	940.586
6.73	931.253	7.50	945.451	8.27	960.062	10.68	949.543
6.75	948.198	7.52	931.952	8.28	961.571	10.70	941.661
6.77	950.755	7.53	921.551	8.30	948.373	10.72	940.406
6.78	971.703	7.55	929.347	8.32	943.482	10.73	944.302
6.80	960.586	7.57	931.253	8.33	922.471	10.75	944.317
6.82	969.543	7.58	948.198	8.35	912.418	10.77	939.098
6.83	968.558	7.60	917.818	8.37	988.914	10.78	935.958
6.85	987.171	7.62	931.841	8.38	988.564	10.80	938.399
6.87	993.984	7.63	929.459	8.40	986.758	10.82	932.915
6.88	924.047	7.65	933.477	8.42	979.199	10.84	924.044

5.2. Lực đẩy chân vịt với góc đặt 20 độ

t (ms)	X _C (daN)	t (ms)	X _C (daN)	t (ms)	X _C (daN)	t (ms)	X _C (daN)
0.00	184.127	0.72	1336.897	1.50	1486.689	2.26	1526.725
0.02	197.388	0.75	1375.806	1.53	1483.147	2.29	1537.826
0.03	209.902	0.79	1413.683	1.56	1486.339	2.33	1525.613
0.05	221.241	0.82	1440.855	1.58	1485.418	2.35	1530.918
0.07	231.945	0.83	1478.669	1.60	1496.011	2.37	1519.388
0.08	241.839	0.85	1505.079	1.62	1488.388	2.38	1525.439
0.10	249.859	0.87	1533.062	1.63	1491.866	2.40	1522.008
0.12	252.257	0.88	1557.598	1.65	1479.542	2.42	1536.667
0.13	255.211	0.90	1566.269	1.67	1489.134	2.43	1541.78
0.15	249.399	0.92	1581.341	1.68	1481.4	2.45	1562.204
0.17	240.839	0.93	1582.452	1.70	1498.155	2.47	1569.525
0.18	237.122	0.95	1584.183	1.72	1500.426	2.48	1578.72
0.20	227.006	0.97	1576.338	1.73	1527.297	2.50	1578.847
0.22	225.021	0.98	1573.845	1.75	1533.872	2.52	1569.827
0.23	222.528	1.00	1572.209	1.77	1554.057	2.53	1555.692
0.25	224.322	1.02	1587.391	1.78	1553.707	2.55	1537.238
0.27	228.69	1.03	1586.693	1.80	1559.059	2.57	1527.821
0.28	227.816	1.05	1596.301	1.82	1544.703	2.58	1509.557
0.30	238.345	1.07	1581.753	1.83	1540.685	2.60	1512.241
0.32	248.875	1.08	1583.326	1.85	1529.695	2.62	1503.332
0.33	258.705	1.10	1560.409	1.87	1522.469	2.63	1516.243
0.35	276.095	1.12	1549.34	1.88	1521.373	2.65	1506.874
0.37	291.516	1.13	1524.803	1.90	1521.31	2.67	1511.765
0.38	310.478	1.15	1518.276	1.92	1532.649	2.68	1499.314
0.40	332.759	1.17	1501.823	1.93	1537.651	2.70	1499.552
0.42	355.39	1.18	1500.712	1.95	1550.515	2.72	1482.75
0.43	381.515	1.20	1499.028	1.97	1546.783	2.73	1485.529
0.45	408.624	1.22	1501.125	1.98	1556.439	2.75	1485.529
0.47	441.72	1.23	1505.19	2.00	1547.085	2.77	1501.363
0.48	477.961	1.25	1502.459	2.02	1558.36	2.78	1511.241
0.50	513.392	1.27	1509.033	2.03	1548.006	2.80	1530.965
0.52	551.031	1.28	1501.474	2.05	1565.285	2.82	1544.512
0.53	595.355	1.30	1507.636	2.07	1564.824	2.83	1550.452
0.55	640.744	1.32	1497.805	2.08	1583.786	2.85	1551.15
0.57	689.61	1.33	1514.497	2.10	1588.201	2.87	1542.019
0.58	739.048	1.35	1517.355	2.12	1602.161	2.88	1537.016
0.60	796.872	1.37	1540.859	2.13	1595.364	2.90	1516.196
0.62	861.032	1.38	1545.386	2.15	1589.662	2.92	1507.525
0.63	924.144	1.40	1564.411	2.17	1576.687	2.93	1497.107
0.65	987.907	1.42	1558.075	2.18	1560.933	2.95	1507.175
0.67	1060.802	1.43	1559.583	2.20	1543.94	2.97	1504.38
0.68	1130.441	1.45	1542.479	2.22	1529.33	2.98	1514.973
0.70	1191.806	1.47	1533.109	2.23	1527.297	3.00	1511.527

t (ms)	X_C (daN)	t (ms)	X_C (daN)	t (ms)	X_C (daN)	t (ms)	X_C (daN)
3.02	1250.567	3.79	1509.843	4.55	1520.897	5.32	1521.77
3.33	1298.385	3.81	1495.598	4.57	1530.854	5.33	1514.497
3.05	1324.326	3.82	1476.234	4.58	1528.468	5.35	1516.245
3.07	1519.324	3.83	1512.289	4.60	1556.963	5.37	1497.567
3.08	1517.641	3.85	1527.424	4.62	1552.199	5.38	1480.987
3.10	1526.773	3.87	1542.606	4.63	1540.272	5.40	1462.2
3.12	1527.011	3.88	1550.166	4.65	1523.057	5.42	1457.61
3.13	1541.908	3.90	1551.913	4.67	1501.998	5.43	1446.557
3.15	1561.505	3.92	1548.943	4.68	1491.516	5.45	1445.62
3.17	1580.817	3.93	1529.313	4.70	1487.864	5.47	1430.85
3.18	1591.235	3.95	1513.861	4.72	1490.421	5.48	1420.146
3.20	1595.777	3.97	1489.309	4.73	1493.263	5.50	1406.012
3.22	1600.763	3.98	1484.592	4.75	1500.951	5.52	1401.708
3.23	1588.852	4.00	1477.732	4.77	1497.984	5.53	1386.986
3.25	1576.227	4.02	1491.691	4.78	1500.664	5.55	1392.973
3.27	1556.455	4.03	1492.104	4.80	1494.137	5.57	1400.708
3.28	1552.199	4.05	1506.477	4.82	1497.281	5.58	1425.721
3.30	1539.684	4.07	1502.459	4.83	1493.327	5.60	1441.729
3.32	1546.672	4.08	1504.841	4.85	1502.919	5.62	1464.185
3.33	1546.497	4.10	1490.818	4.87	1514.084	5.63	1481.988
3.35	1557.265	4.12	1489.42	4.88	1539.462	5.65	1487.038
3.37	1550.277	4.13	1478.208	4.90	1564.761	5.67	1482.162
3.38	1551.262	4.15	1475.762	4.92	1590.599	5.68	1476.62
3.40	1544.687	4.17	1479.542	4.93	1604.495	5.70	1472.268
3.42	1544.179	4.18	1500.251	4.95	1613.802	5.72	1461.914
3.43	1531.077	4.20	1514.036	4.97	1612.071	5.73	1461.564
3.45	1535.333	4.22	1535.682	4.98	1604.972	5.75	1461.914
3.47	1540.399	4.23	1552.087	5.00	1592.632	5.77	1485.418
3.48	1558.36	4.25	1558.599	5.02	1580.991	5.78	1495.471
3.50	1570.637	4.27	1552.723	5.03	1575.941	5.80	1516.482
3.52	1584.533	4.28	1535.38	5.05	1572.145	5.82	1521.373
3.53	1599.842	4.30	1523.104	5.07	1579.895	5.83	1534.57
3.55	1596.761	4.32	1503.396	5.08	1580.531	5.85	1533.062
3.57	1588.09	4.33	1493.152	5.10	1583.151	5.87	1541.32
3.58	1570.637	4.35	1487.451	5.12	1580.118	5.88	1543.527
3.60	1559.409	4.37	1492.977	5.13	1577.863	5.90	1560.346
3.62	1536.27	4.38	1488.848	5.15	1565.523	5.92	1574.48
3.63	1526.074	4.40	1491.405	5.17	1561.044	5.93	1600.08
3.65	1515.958	4.42	1486.339	5.18	1552.199	5.95	1619.265
3.67	1523.628	4.43	1485.291	5.20	1559.758	5.97	1640.038
3.68	1515.37	4.45	1473.317	5.22	1560.457	5.98	1649.058
3.70	1523.517	4.47	1469.584	5.23	1576.338	6.00	1643.468
3.72	1514.798	4.48	1462.898	5.25	1585.771	6.02	1637.068
3.73	1518.514	4.50	1468.711	5.27	1595.602	6.03	1616.009
3.75	1500.076	4.52	1478.716	5.28	1593.267	6.05	1597.047
3.77	1499.251	4.53	1496.233	5.30	1585.184	6.07	1566.984

t (ms)	X_C (daN)	t (ms)	X_C (daN)	t (ms)	X_C (daN)	t (ms)	X_C (daN)
6.13	1413.683	6.90	1550.166	7.67	1501.998	8.43	1480.987
6.15	1440.855	6.92	1551.913	7.68	1491.516	8.45	1462.2
6.17	1478.669	6.93	1548.943	7.70	1487.864	8.47	1457.61
6.18	1505.079	6.95	1529.33	7.72	1490.421	8.48	1446.557
6.20	1533.062	6.97	1513.861	7.73	1493.263	8.50	1445.62
6.22	1557.598	6.98	1489.309	7.75	1500.951	8.52	1430.85
6.23	1566.269	7.00	1484.592	7.77	1497.984	8.53	1420.146
6.25	1581.341	7.02	1477.732	7.78	1500.664	10.20	1406.012
6.27	1582.452	7.03	1491.691	7.80	1494.137	10.22	1401.708
6.28	1584.183	7.05	1492.104	7.82	1497.281	10.23	1386.986
6.30	1576.338	7.07	1506.477	7.83	1493.327	10.25	1392.973
6.32	1573.845	7.08	1502.459	7.85	1502.919	10.27	1400.708
6.33	1572.209	7.10	1504.841	7.87	1514.084	10.28	1425.721
6.35	1587.391	7.12	1490.818	7.88	1539.462	10.30	1441.729
6.37	1586.693	7.13	1489.442	7.90	1557.265	10.32	1464.185
6.38	1596.301	7.15	1478.208	7.92	1550.277	10.33	1481.988
6.40	1581.753	7.17	1475.762	7.93	1551.262	10.35	1487.038
6.42	1583.326	7.18	1479.542	7.95	1544.687	10.37	1482.162
6.43	1560.409	7.20	1500.251	7.97	1544.179	10.38	1476.62
6.45	1549.34	7.22	1514.036	7.98	1531.077	10.40	1472.268
6.47	1524.803	7.23	1535.682	8.00	1535.333	10.42	1461.914
6.48	1518.276	7.25	1552.087	8.02	1540.399	10.43	1461.564
6.50	1501.823	7.27	1558.599	8.03	1558.36	10.45	1461.914
6.52	1500.712	7.28	1552.723	8.05	1570.637	10.47	1485.418
6.53	1499.028	7.30	1535.381	8.07	1584.533	10.48	1495.471
6.55	1501.125	7.32	1523.104	8.08	1599.842	10.50	1516.482
6.57	1505.19	7.33	1503.396	8.10	1596.761	10.52	1487.864
6.58	1502.459	7.35	1493.152	8.12	1588.09	10.53	1490.421
6.60	1509.033	7.37	1487.451	8.13	1570.637	10.55	1493.263
6.62	1501.474	7.38	1492.977	8.15	1479.542	10.57	1500.951
6.63	1507.636	7.40	1488.848	8.17	1500.251	10.58	1497.984
6.65	1497.805	7.42	1491.405	8.18	1514.036	10.60	1500.664
6.67	1514.497	7.43	1486.339	8.20	1535.682	10.62	1413.683
6.68	1517.355	7.45	1485.291	8.22	1552.087	10.63	1440.855
6.70	1540.859	7.47	1473.317	8.23	1558.599	10.65	1478.669
6.72	1545.386	7.48	1469.584	8.25	1552.723	10.67	1505.079
6.73	1564.411	7.50	1462.898	8.27	1535.38	10.68	1533.062
6.75	1558.075	7.52	1468.711	8.28	1523.104	10.70	1487.864
6.77	1559.583	7.53	1478.208	8.30	1503.396	10.72	1490.421
6.78	1542.479	7.55	1475.762	8.32	1493.152	10.73	1493.263
6.80	1533.109	7.57	1479.542	8.33	1487.451	10.75	1500.951
6.82	1413.683	7.58	1500.251	8.35	1492.977	10.77	1497.984
6.83	1440.855	7.60	1514.036	8.37	1488.848	10.78	1500.664
6.85	1478.669	7.62	1535.682	8.38	1491.405	10.80	1494.137
6.87	1505.079	7.63	1552.087	8.40	1486.339	10.82	1497.281
6.88	1533.062	7.65	1558.599	8.42	1485.291	10.84	1493.327

5.3. Lực đẩy chân vịt với góc đặt 30 độ

t (ms)	X_C (daN)	t (ms)	X_C (daN)	t (ms)	X_C (daN)	t (ms)	X_C (daN)
0.00	1.188	0.72	3.56	1.50	172.329	2.26	1152.438
0.02	1.474	0.75	4.322	1.53	181.223	2.29	1185.836
0.03	1.362	0.79	3.862	1.56	192.927	2.33	1206.132
0.05	1.41	0.82	4.211	1.58	203.917	2.35	1219.695
0.07	1.759	0.83	4.608	1.60	220.91	2.37	1226.095
0.08	1.124	0.85	4.783	1.62	236.315	2.38	1228.302
0.10	2.823	0.87	5.37	1.63	251.672	2.40	1220.743
0.12	2.188	0.88	6.133	1.65	272.27	2.42	1217.551
0.13	3.522	0.90	4.957	1.67	291.883	2.43	1209.34
0.15	3.586	0.92	4.783	1.68	307.399	2.45	1210.738
0.17	3.284	0.93	4.433	1.70	320.898	2.47	1214.93
0.18	2.538	0.95	7.054	1.72	335.684	2.48	1213.818
0.20	3.633	0.97	6.133	1.73	347.086	2.50	1213.58
0.22	1.95	0.98	7.006	1.75	359.236	2.52	1206.084
0.23	4.507	1.00	5.259	1.77	369.304	2.53	1193.221
0.25	3.935	1.02	5.72	1.78	382.39	2.55	1186.138
0.27	4.809	1.03	5.656	1.80	397.049	2.57	1178.8
0.28	2.887	1.05	6.482	1.82	410.024	2.58	1175.831
0.30	3.808	1.07	6.005	1.83	423.872	2.60	1170.939
0.32	2.226	1.08	6.307	1.85	437.196	2.62	1162.856
0.33	2.925	1.10	7.53	1.87	447.9	2.63	1164.078
0.35	4.259	1.12	6.657	1.88	455.174	2.65	1163.443
0.37	3.623	1.13	8.626	1.90	459.192	2.67	1164.714
0.38	2.464	1.15	8.054	1.92	467.148	2.68	1158.377
0.40	3.734	1.17	7.006	1.93	477.392	2.70	1144.179
0.42	2.813	1.18	7.181	1.95	488.969	2.72	1128.25
0.43	3.687	1.20	5.434	1.97	506.137	2.73	1108.748
0.45	3.385	1.22	7.53	1.98	524.511	2.75	1094.265
0.47	3.274	1.23	7.467	2.00	548.826	2.77	1069.712
0.48	2.512	1.25	8.102	2.02	571.52	2.78	1052.91
0.50	2.639	1.27	7.355	2.03	595.262	2.80	1034.52
0.52	3.385	1.28	90.017	2.05	627.072	2.82	1018.702
0.53	3.099	1.30	91.24	2.07	661.392	2.83	1012.476
0.55	3.337	1.32	95.703	2.08	696.823	2.85	997.4049
0.57	4.56	1.33	100.07	2.10	734.175	2.87	987.1779
0.58	3.449	1.35	104.04	2.12	780.421	2.88	970.2959
0.60	3.909	1.37	108.916	2.13	825.492	2.90	965.7539
0.62	4.846	1.38	111.123	2.15	873.136	2.92	958.6709
0.63	3.512	1.40	115.141	2.17	916.539	2.93	960.7039
0.65	4.322	1.42	120.731	2.18	964.421	2.95	960.5919
0.67	3.973	1.43	1327.876	2.20	1010.032	2.97	968.1519
0.68	4.433	1.45	1331.084	2.22	1049.878	2.98	982.4609
0.70	4.211	1.47	1334.34	2.23	1092.583	3.00	995.2609
3.02	3.036	3.79	1331.259	4.55	1134.747	5.32	1008.697

t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)
3.05	1076.525	3.82	1323.684	4.58	1253.379	5.35	1373.568
3.07	1087.34	3.83	1322.302	4.60	1258.969	5.37	1361.117
3.08	1099.68	3.85	1319.682	4.62	1252.092	5.38	1363.038
3.10	1104.508	3.87	1313.853	4.63	1256.745	5.40	1352.096
3.12	1115.323	3.88	1311.408	4.65	1247.963	5.42	1350.413
3.13	1122.486	3.90	1328.544	4.67	1246.105	5.43	1345.521
3.15	1135.746	3.92	1323.542	4.68	1243.659	5.45	1341.567
3.17	1149.484	3.93	1325.225	4.70	1236.735	5.47	1341.043
3.18	1166.699	3.95	1322.636	4.72	1235.687	5.48	1331.673
3.20	1180.309	3.97	1322.127	4.73	1225.92	5.50	1328.592
3.22	1195.952	3.98	1318.808	4.75	1231.161	5.52	1317.84
3.23	1200.097	4.00	1311.884	4.77	1222.49	5.53	1322.494
3.25	1216.153	4.02	1311.82	4.78	1234.591	5.55	1309.344
3.27	1227.143	4.03	1308.914	4.80	1225.11	5.57	1314.283
3.28	1246.867	4.05	1300.418	4.82	1241.849	5.58	1308.169
3.30	1255.189	4.07	1296.352	4.83	1239.483	5.60	1320.556
3.32	1274.786	4.08	1327.876	4.85	1256.984	5.62	1309.28
3.33	1287.063	4.10	1331.084	4.87	1253.617	5.63	1315.331
3.35	1308.343	4.12	1334.34	4.88	1269.847	5.65	1308.518
3.37	1319.524	4.13	1331.259	4.90	1273.278	5.67	1314.41
3.38	1337.263	4.15	1329.687	4.92	1285.078	5.68	1308.058
3.40	1348.428	4.17	1323.684	4.93	1289.032	5.70	1312.886
3.42	1361.18	4.18	1322.302	4.95	1298.577	5.72	1318.237
3.43	1362.514	4.20	1319.682	4.97	1308.883	5.73	1320.969
3.45	1369.137	4.22	1313.853	4.98	1323.065	5.75	1323.24
3.47	1372.17	4.23	1311.408	5.00	1348.539	5.77	1323.891
3.48	1378.983	4.25	1328.544	5.02	1359.481	5.78	1332.086
3.50	1381.889	4.27	1323.542	5.03	1383.398	5.80	1324.923
3.52	1390.783	4.28	1325.225	5.05	1387.4	5.82	1328.894
3.53	1394.912	4.30	1341.043	5.07	1345.347	5.83	1324.288
3.55	1315.331	4.32	1338.772	5.08	1361.927	5.85	1335.342
3.57	1308.518	4.33	1327.369	5.10	1360.656	5.87	1327.544
3.58	1314.41	4.35	1326.734	5.12	1374.028	5.88	1336.961
3.60	1308.058	4.37	1314.172	5.13	1374.489	5.90	1331.911
3.62	1312.886	4.38	1312.25	5.15	1388.512	5.92	1342.028
3.63	1318.237	4.40	1305.961	5.17	1382.286	5.93	1334.532
3.65	1320.969	4.42	1297.179	5.18	1394.277	5.95	1341.678
3.67	1323.24	4.43	1288.984	5.20	1392.879	5.97	1344.076
3.68	1323.891	4.45	1284.617	5.22	1398.168	5.98	1353.494
3.70	1332.086	4.47	1286.65	5.23	1397.072	6.00	1353.271
3.72	1324.923	4.48	1276.359	5.25	1395.214	6.02	1358.846
3.73	1328.894	4.50	1280.313	5.27	1397.58	6.03	1364.897
3.75	1324.288	4.52	1274.898	5.28	1392.133	6.05	1366.358
3.77	1335.342	4.53	1283.982	5.30	1393.689	6.07	1376.712
6.13	1327.544	6.90	1270.371	7.67	1304.345	8.43	1380.54
6.15	1403.933	6.92	1318.825	7.68	1376.061	8.45	1402.71

t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)	t (ms)	X_c (daN)
6.17	1405.854	6.93	1324.574	7.70	1366.358	8.47	1412.715
6.18	1307.977	6.95	1310.614	7.72	1370.074	8.48	1407.887
6.20	1311.185	6.97	1318.825	7.73	1367.803	8.50	1421.322
6.22	1314.377	6.98	1310.916	7.75	1371.582	8.52	1345.347
6.23	1315.14	7.00	1319.81	7.77	1367.342	8.53	1361.927
6.25	1316.124	7.02	1313.41	7.78	1367.565	10.20	1360.656
6.27	1318.221	7.03	1323.065	7.80	1365.421	10.22	1374.028
6.28	1322.636	7.05	1318.698	7.82	1361.53	10.23	1374.489
6.30	1322.127	7.07	1321.382	7.83	1364.309	10.25	1388.512
6.32	1318.808	7.08	1323.717	7.85	1360.307	10.27	1382.286
6.33	1311.884	7.10	1325.336	7.87	1364.897	10.28	1394.277
6.35	1311.82	7.12	1338.772	7.88	1357.559	10.30	1392.879
6.37	1308.914	7.13	1345.347	7.90	1361.006	10.32	1398.168
6.38	1300.418	7.15	1361.927	7.92	1349.651	10.33	1397.072
6.40	1296.352	7.17	1360.656	7.93	1355.241	10.35	1395.214
6.42	1320.904	7.18	1374.028	7.95	1345.124	10.37	1397.58
6.43	1319.158	7.20	1374.489	7.97	1350.937	10.38	1392.133
6.45	1314.965	7.22	1388.512	7.98	1342.091	10.40	1393.689
6.47	1316.775	7.23	1382.286	8.00	1345.347	10.42	1337.501
6.48	1312.408	7.25	1394.277	8.02	1336.04	10.43	1342.726
6.50	1312.757	7.27	1392.879	8.03	1336.04	10.45	1329.418
6.52	1311.122	7.28	1398.168	8.05	1330.752	10.47	1334.817
6.53	1311.36	7.30	1397.072	8.07	1330.514	10.48	1324.749
6.55	1315.028	7.32	1395.214	8.08	1333.722	10.50	1332.149
6.57	1314.155	7.33	1397.58	8.10	1335.691	10.52	1322.732
6.58	1318.173	7.35	1392.133	8.12	1344.251	10.53	1330.053
6.60	1322.651	7.37	1393.689	8.13	1345.236	10.55	1324.987
6.62	1325.208	7.38	1384.383	8.15	1354.939	10.57	1326.559
6.63	1328.813	7.40	1386.304	8.17	1350.937	10.58	1322.017
6.65	1327.876	7.42	1372.583	8.18	1359.894	10.60	1322.668
6.67	1331.084	7.43	1380.603	8.20	1356.003	10.62	1322.319
6.68	1334.34	7.45	1374.092	8.22	1365.135	10.63	1320.334
6.70	1331.259	7.47	1381.604	8.23	1359.306	10.65	1329.291
6.72	1329.687	7.48	1373.79	8.25	1367.168	10.67	1331.737
6.73	1323.684	7.50	1381.826	8.27	1357.21	10.68	1345.299
6.75	1322.302	7.52	1378.396	8.28	1366.58	10.70	1343.663
6.77	1319.682	7.53	1384.272	8.30	1361.514	10.72	1357.909
6.78	1313.853	7.55	1382.048	8.32	1373.742	10.73	1353.208
6.80	1311.408	7.57	1382.112	8.33	1374.092	10.75	1370.773
6.82	1328.544	7.58	1380.317	8.35	1384.097	10.77	1364.261
6.83	1323.542	7.60	1374.092	8.37	1389.036	10.78	1375.6
6.85	1325.225	7.62	1373.568	8.38	1390.434	10.80	1369.486
6.87	1324.526	7.63	1367.104	8.40	1395.5	10.82	1386.241
6.88	1323.828	7.65	1372.805	8.42	1396.246	10.84	1383.811

PHỤ LỤC 05
KHAI BÁO THÔNG SỐ KHẢO SÁT HỆ PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LỰC
HỌC XUÔNG CHỮA CHÁY RỪNG

```
clear all;
clc
k=0.0168;
ro=100;
v=[1:20];
omega=1;
XA=(k.*ro.*v.^2.*omega)/2
Phi=(15*pi)/180;
YA=(XA.*tan(Alpha4-phi));
N_dc=10.3;
phi_2cv=[800:3200];
nuy=0.98;
XC=(N_dc.*nuy./Phi_2cv)
YC=(XC.*tan(Alpha1+phi));
Fvp=27.5;
Fcz=350;
beta_y=(45*pi)/180;
beta_z=(45*pi)/180;
a0=1.2;
a1=1.8;
a2=0.4;
a3=2.22;
a4=1;
m1=943;
m2=43;
Alpha0=(20*pi)/180;
Alpha1=(10*pi)/180;
Alpha2=(15*pi)/180;
Alpha4=(25*pi)/180;
g=9.81;
I1x=2548;
I1y=3511;
I2=38;
s_cqs=230;
s_cqt=200;
as=1.1;
at=1;
k=0.0168;
nuy=0.98;
N_dc=10.3;
```

```
clear all;
clc
k=0.0168;
S_bl=0.15;
Delta=(20*pi)/180;
s_cqs=1.46;
s_cqt=1.52;
m1=932;
m2=43;
h_0=0.3;
as=1.1;
at=1.2;
I1x=2548;
I1z=3551;
I2=38.7;
h3=0.54;
R_Mcx=450;
L2=1.15;
L3=2.15;
```