ISSN 2354-0818

TẠP CHÍ GIAO THÔNG vận tải

CƠ QUAN THÔNG TIN CỦA BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
Số 733 (Tháng 9/2023 - năm thứ 64) | tapchigiaothong.vn | e-ISSN 2615-9791

Cấp thiết

THU PHÍ ĐƯỜNG CAO TỐC DO NHÀ NƯỚC ĐẦU TƯ

TỔNG BIÊN TẬP
NGUYỄN VĂN HƯỜNG
Điện thoại: 0913.54.55.66
Email: nguyenhuong.tcgt@gmail.com

P. TỔNG BIÊN TẬP
NGUYỄN THANH HOA
Điện thoại: 0913.308.700
Email: hoatcgtvt@gmail.com

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP
GS. TSKH. LÃ NGỌC KHUÊ; GS. TSKH. NGUYỄN NGỌC HUỆ; GS. TS. LƯƠNG CÔNG NHỚ; GS. TS. PHẠM HUY KHANG; PGS. TSKH. ĐẶNG VĂN UY; PGS. TS. HOÀNG HÀ; PGS. TS. TRẦN ĐẮC SỬ; PGS. TS. TỐNG TRẦN TÙNG; PGS. TS. ĐÀO VĂN ĐÔNG; PGS. TS. NGUYỄN NGỌC LONG; PGS. TS. PHẠM DUY HÒA; PGS. TS. NGUYỄN VĂN HÙNG; PGS. TS. NGUYỄN HỒNG THÁI; PGS. TS. NGUYỄN QUANG PHÚC; PGS. TS. NGUYỄN THỊ TUYẾT TRINH; PGS. TS. NGUYỄN HOÀNG LONG; PGS. TS. LÊ QUỐC TIẾN; PGS. TS. NGUYỄN THANH SƠN; PGS. TS. NGUYỄN THANH CHƯƠNG; TS. TRẦN DOÃN THỌ; TS. NGUYỄN XUÂN SANG; TS. KHUẤT VIỆT HÙNG; TS. LÊ VĂN DƯƠNG; TS. NGUYỄN NGỌC LONG; TS. LÝ HUY TUẤN; TS. PHẠM CÔNG TRỊNH; TS. TRẦN BẢO NGỌC; TS. VŨ HỒNG TRƯỜNG; TS. LÊ ĐỖ MƯỜI; TS. NGUYỄN VĂN TƯƠI; TS. NGUYỄN XUÂN CƯỜNG; TS. BÙI THIÊN THU; TS. NGUYỄN VĂN BÍNH; TS. NGUYỄN VĂN THÀNH; TS. PHẠM HOÀI CHUNG; ThS. LÂM VĂN HOÀNG; ThS. PHẠM HỮU SƠN; ThS. HOÀNG HỒNG GIANG.

TÒA SOẠN
106 Thái Thịnh - Đống Đa - Hà Nội

PHÒNG HÀNH CHÍNH TRỊ SỰ VÀ TRUYỀN THÔNG

Hành chính Trị sự
Điện thoại: (024) 3942.6389
Fax: (024) 3822.1153
Email: tapchigtvt@mt.gov.vn

Truyền thông
Điện thoại: (024) 3822.0392
Email: phongtruyenthong.gtvt@gmail.com

PHÒNG THƯ KÝ - BIÊN TẬP VÀ PHÓNG VIÊN THƯỜNG TRÚ

Thư ký - Biên tập
Điện thoại: (024) 3942.0744
Email: phongtkts.gtvt@gmail.com

Văn phòng Phóng viên Thường trú miền Trung và Tây Nguyên
16 Lý Tự Trọng, quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng
Điện thoại: 0914.228.918

Văn phòng Phóng viên Thường trú miền Nam
17A Hồng Hà, quận Tân Bình, TP. Hồ Chí Minh
Điện thoại & Fax: (028) 3914.1489
Email: tapchigtvtmn@gmail.com

PHÒNG PHÓNG VIÊN - TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ
Điện thoại: (024) 3942.8737
Email: phongpv.gtvt@gmail.com

Giấy phép số 465/GP-BTTTT
do Bộ Thông tin và Truyền thông cấp ngày 26/09/2022

Tài khoản: Tạp chí Giao thông vận tải 118000001700
- Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương Việt Nam
- Chi nhánh TP. Hà Nội

Mã số thuế: 0100104098

Chế bản tại Tạp chí GTVT; In tại Công ty CP In Khoa học công nghệ Hà Nội

Bìa 1: Cấp thiết thu phí đường cao tốc do Nhà nước đầu tư
Trình bày bìa: Sinh Nguyễn

GIAO THÔNG
TRANSPORT MAGAZINE vận tải

Mục lục
CONTENTS • THÁNG 09 • (NĂM THỨ 64)

04 **Hoàn thành nhanh hơn 1.800 km đường cao tốc và những khó khăn huy động nguồn vốn xã hội hóa đặt ra**
Speeding completion of 1800 kms of highways and difficulties in mobilization of the socialzed capital arise
CÔNG THÀNH

06 **Tái đầu tư nguồn lực, đảm bảo công bằng xã hội**
Reinvesting the resources, ensuring social equity
VŨ THÀNH VŨ

08 **Cách nào thu tiền sử dụng đường cao tốc do Nhà nước đầu tư hiệu quả?**
How to effectively collect the toll on the highways invested by the State?
THANH HUYỀN

10 **Những bài học kinh nghiệm quý tạo đột phá làm cao tốc đi qua 3 tỉnh**
Valuable experiences create breakthrough in construction of highways going through three provinces
VŨ THÀNH

12 **Tổng kiểm tra ô tô khách, phát hiện hàng loạt sai phạm**
Upon overall supervision of passenger vehicles, numerous cases of rule violence are detected
VĂN HUẾ

14 **Có một tuyến vận tải container đường thủy kiểu mẫu đang hình thành ở phía Bắc**
A role model of waterway container transportation is coming into being in the North
HUY LỘC

16 **Còn vướng thủ tục gây phiền hà, tốn kém khi cấp biển số xe định danh**
Procedures of issuing identification number plates are causing annoyance and much cost
HẢI THANH

18 **Ứng dụng phụ gia Rwelast@E cải thiện đặc tính kỹ thuật của vật liệu bê tông nhựa mặt đường**
Application of Rwelast@E additive to improve the technical characteristics of asphalt concrete materials
TS. NGUYỄN PHƯỚC MINH

22 **Tính toán thoát nước mặt đường ô tô khi có bó vỉa, gờ chắn tại Việt Nam**
Calculating efficient pavement drainage for road sections with curbs and gutters in Viet Nam
TS. BÙI TUẤN ANH; ThS. PHẠM THỊ THẢO; ThS. NGUYỄN MINH NHẬT

25 **Nghiên cứu sử dụng hợp lý tường chắn đất có cốt với cốt tự chế tạo cho nền đường đắp cao tại TP. Đà Nẵng**
Research on appropriate use of reinforced earth retaining walls with self-fabricated reinforcement for elevated road embankment in Da Nang city
PGS. TS. CHÂU TRƯỜNG LINH; ThS. NCS. NGUYỄN THU HÀ
KS. LA NGỌC TRƯỜNG; KS. TRẦN VÕ THẢO THẠCH
ThS. TRẦN LÊ MINH TÂM

30 **Tổng quan về ảnh hưởng của vật liệu nano Graphene oxit đến đặc tính cơ học, độ bền và cấu trúc của bê tông**
Review on the effect of Graphene Oxide nanomaterial on the mechanical properties, durability and microstructure of concrete
ThS. LÊ HOÀI BÃO; TS. NGÔ VĂN THỨC; PGS. TS. BÙI TIẾN THÀNH
CÙ ĐỨC THÀNH; TRẦN THẾ ANH; HOÀNG NAM VIỆT
NGUYỄN THIỆN TRƯỜNG; LƯU NGUYỄN NHẬT

Mục lục

CONTENTS • THÁNG 09 • (NĂM THỨ 64)

33 **Nghiên cứu giải pháp sử dụng cốt liệu nhỏ trong sản xuất bê tông xi măng làm mặt đường ô tô tại Cà Mau**
Study on solutions for using fine aggregates for cement concrete production in pavement construction in Ca Mau provice
TS. NGUYỄN ĐỨC TRỌNG; KS. HUỲNH DUY KHƯƠNG

37 **Nghiên cứu hiệu quả gia tăng sức chịu tải của cọc đá nghiền kết hợp với vải địa kỹ thuật trên mô hình thực nghiệm**
Research on the effectiveness of increasing the load bearing capacity of crushed stone piles combined with geotextiles on an experimental model
ThS. NGUYỄN HẢI HÀ; TS. NGUYỄN THÁI LINH

41 **Nghiên cứu sức kháng của kết cấu dầm có bản bụng thép lượn sóng cho kết cấu cầu cong trong đô thị**
Studying the resistance of girders with corrugated steel webs for horizontal curved bridges in urban areas
PGS. TS. NGUYỄN THỊ TUYẾT TRINH
KS. LÊ XUÂN LƯỢNG

45 **Đánh giá ổn định của mái dốc ta-luy được gia cố bằng công nghệ tường đinh đất dưới tác động địa chấn**
Assessing stability of the slope with soil nail walls subjected to the earthquake
TS. NGUYỄN THỊ THU NGÀ

49 **Khảo sát tải trọng giới hạn của nền đất tự nhiên dưới tác dụng của tải trọng móng cứng**
Investigation on estimation of ultimate bearing capacity of natural foundation induced by rigid footing loads
TS. NGUYỄN MINH KHOA; TS. ĐÀO PHÚC LÂM
ThS. NGUYỄN THANH TỊNH

53 **Đánh giá khả năng kháng nứt của bê tông nhựa sử dụng vôi thủy hóa trong điều kiện ẩm ướt**
Evaluation of cracking resistance of asphalt concrete mixture using hydrated lime under wet conditions
PGS. TS. LÊ VĂN PHÚC; KS. NGUYỄN THÀNH NHÂN
ThS. TRẦN HUY THIỆP

56 **Nghiên cứu, đề xuất các giải pháp xử lý chất nạo vét luồng**
Research to propose solutions for canal dredging material treatment
ThS. NGUYỄN TRUNG THÊM; TS. NGÔ DOÃN DŨNG
ThS. ĐINH TRỌNG KHANG; ThS. HUỲNH THANH BÌNH

59 **Nghiên cứu tốc độ của phương tiện giao thông tại vị trí người đi bộ qua đường trên một số tuyến đường trục chính TP. Hà Nội**
Analysis on the speed of vehicles at pedestrian crossing positions on some major arterial streets in Hanoi city
TS. ĐẶNG MINH TÂN; LÊ HOÀNG TUẤN ANH

63 **Xây dựng chương trình xử lý số liệu bình sai kết hợp GNSS và trị đo mặt đất trên mặt phẳng chiếu**
Developing a program to process adjusted data combining GNSS and ground measurements on the projection plane
ThS. TRẦN VĂN HUÂN; ThS. NGUYỄN XUÂN HÒA

67 **Nghiên cứu tổng quan quá trình thiết kế, chế tạo và lắp đặt hệ thống đường ống tàu thủy**
Overview of the designing, manufacturing and installation process of the ship's piping system
TS. ĐỖ TẤT MẠNH; ThS. NGUYỄN VĂN VÕ
ThS. BÙI SỸ HOÀNG

71 **Nghiên cứu vấn đề ổn định và xác định áp lực dung dịch gương đào khi thi công tuyến hầm metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội**
Study on the stability and supporting pressure estimation during tunneling for Hanoi Metro Line No3
TS. VŨ MINH NGẠN; TS. NGUYỄN PHI HÙNG

75 **Nghiên cứu sử dụng lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh trong việc hạn chế nứt phản ánh trong kết cấu mặt đường hỗn hợp trong điều kiện Việt Nam**
Research on the fiber glass geotechnical grid to minimize reflection cracking in the composite pavement in Viet Nam
ThS. TRẦN THỊ THÚY

79 **Nghiên cứu, xây dựng phần mềm mô phỏng phao cứu sinh phục vụ công tác cứu hộ hàng hải**
Research to develop lifebuoy simulation software for marine rescue
ThS. NGUYỄN THANH VÂN; PGS. TS. ĐINH ANH TUẤN
KS. NGUYỄN VĂN HÙNG

83 **Điều khiển thanh chống lật ngang chủ động sử dụng cơ cấu chấp hành thủy lực trợ lực điện tử**
Active anti-roll bar control using the electronic servo valve hydraulic actuator
ThS. HÀ TRUNG BÌNH

87 **Mô hình hóa phương án bù hòa sai số trong quá trình lắp ráp hệ thống đường ống tàu thủy**
Modeling the error compensation option during the assembly process of the ship's pipeline system
TS. NGÔ GIA VIỆT

91 **Biểu diễn sơ đồ hệ truyền động hành tinh trong các phương tiện vận tải**
Diagram expression of the planetary gear system in vehicles
PGS. TS. VŨ LÊ HUY; TS. NGUYỄN ĐÌNH DŨNG
TS. ĐỖ ĐỨC NAM

95 **Nghiên cứu tối ưu hóa đa mục tiêu để xác định chế độ nhiệt tối ưu của máy đốt nóng khi sửa chữa mặt đường**
Study on multi-objective optimization to determine the optimal temperature regime of the heater when repairing the road surface
ThS. NGUYỄN VĂN DŨNG; PGS. TS. NGUYỄN BÍNH

99 **Phân tích động lực học cần trục nổi với ràng buộc hình học cáp treo**
Dynamic analysis of floating cranes with wire rope geometry constraints
TS. PHẠM VĂN TRIỆU

103 **Thực nghiệm thuật toán SLAM và cảm biến LIDAR trên robot tự hành**
Experimenting with the SLAM algorithm and LIDAR sensors on self-propelled robots
TS. NGUYỄN LÊ THÁI; TS. NGUYỄN VŨ ANH DUY
TS. NGUYỄN HỮU THỌ; ThS. NGUYỄN THỊ KIỀU
KS. ĐẶNG THẾ TIỆP; KS. NGUYỄN VĂN NGHĨA
KS. NGUYỄN TUẤN KIỆT

107 **Giải pháp sử dụng công cụ auto tuning trong tia để xác định giá trị bộ điều khiển PID cho áp suất nồi hơi tàu thủy**
Using the auto tuning tool in the beam to determine the PID controller value for ship boiler pressure
ThS. TRẦN TIẾN LƯƠNG; PGS. TS. HOÀNG XUÂN BÌNH

“Phát huy truyền thống đi trước mở đường, tiếp tục đổi mới, quyết liệt cải cách vì sự hài lòng hơn của người dân và doanh nghiệp”

110 **Nghiên cứu ảnh hưởng góc nghiêng của cánh bánh xe nước trong thủy điện cỡ nhỏ bằng phương pháp mô phỏng CFD**
Study on the effect of blade angle inclination of water wheels in small hydropower plants using CFD simulation method
TS. PHẠM MINH NGỌC

114 **Nghiên cứu tính toán động học ngược robot song song**
Study of the inverse kinematics of parallel robots
PGS. TS. VŨ LÊ HUY
TS. NGUYỄN ĐÌNH DŨNG

117 **Nghiên cứu thực nghiệm mô-đun đàn hồi tĩnh và cường độ kéo uốn của bê tông nhựa sử dụng nhựa đường biến tính graphen oxit**
Experimental study on static elastic modulus and flexural strength of GO-modified asphalt concrete
ThS. NCS. HOÀNG THỊ HƯƠNG GIANG
PGS. TS. NGUYỄN HOÀNG LONG
TS. LÝ HẢI BẰNG

121 **Phân tích tai nạn hàng hải trên thế giới và đánh giá các xu hướng nghiên cứu**
Analysis of maritime accidents worldwide and assessment of research trends
TS. CỔ TẤN ANH VŨ
TS. PHẠM NGUYÊN ĐĂNG KHOA
GS. TS. PHẠM KỲ QUANG

124 **Nghiên cứu bộ điều khiển trượt thích nghi mạng nơ-ron cho hệ thống tự động lái tàu thủy tự hành dựa trên luật học tham số nhỏ nhất**
Study on the adaptive neural network sliding mode control for steering autonomous ship based on minimum parameter learning
PGS. TS. NGUYỄN VĂN SƯỚNG
ThS. PHAM QUANG THỦY
ThS. PHẠM VĂN LUÂN

127 **Thực nghiệm so sánh hiệu suất bộ lọc bù và bộ lọc Kalman ước lượng góc nghiêng sử dụng MPU6050 cho quadrotor**
Performance comparison experiment on the complementary filter and Kalman filter to estimate the attitude angle using MPU6050 for the quadrotor
TS. DƯƠNG MẠNH HÙNG

131 **Nghiên cứu chế tạo thiết bị chuyển đổi giao thức cho chuẩn tín hiệu truyền dữ diệu NMEA0183 trên tàu biển**
Research to manufacture the protocol conversion device for the NMEA0183 data transmission signal standard on ships
TS. NGUYỄN ĐÌNH THẠCH

135 **Nghiên cứu tự động điều khiển cập cầu cho tàu biển dựa trên bộ điều khiển trượt với các quỹ đạo cập cầu khác nhau**
Study on the sliding mode auto-berthing controller for vessels with different berthing plans
ThS. VŨ SƠN TÙNG
PGS. TS. NGUYỄN THÁI DƯƠNG
PGS. TS. NGUYỄN VĂN SƯỚNG

139 **Nghiên cứu sự hài lòng của khách hàng về chất lượng dịch vụ logistics tại Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt**
Research on satisfaction of customers with the quality of logistics services provided by Railway Transport and Trade JSC
KS. ĐẶNG THỊ HOÀI DIỄM
PGS. TS. NGUYỄN THỊ HỒNG HẠNH

142 **Thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong hoạt động xây dựng thông qua hợp đồng đối tác công tư**
Promoting the digital transformation process in construction through Public-Private Partnership
TS. VŨ MINH HẰNG; ThS. LÊ KIM NHUNG
ThS. NCS. NGUYỄN QUANG HIỂN

145 **Phương pháp xác định chính xác thể tích chất lỏng trong bình chứa khi thiết kế sản phẩm nhựa**
Methods to accurately determine the volume of liquid in a container when designing plastic products
ThS. PHAN HOÀNG PHỤNG

149 **Xác định lượng khí thải CO_2 và năng lượng tiêu hao dựa trên mô hình xây dựng cảng container tại các cảng chính ở Hải Phòng năm 2022**
Determination of CO_2 emissions and energy consumption based on the container port construction model at the main ports in Hai Phong in 2022
ThS. HUỲNH TẤT MINH; ThS. PHAN MINH TIẾN

152 **Nghiên cứu phát triển hệ thống phun xăng điện tử áp dụng cho động cơ đốt trong sử dụng chế hòa khí**
Building the electronic fuel injection system for carbureted engines
ThS. PHẠM NGỌC DUY; CN. NGUYỄN PHƯƠNG ĐÔNG

156 **Tác động của chính sách cấm xe máy: Bài học kinh nghiệm từ một số quốc gia trên thế giới**
Impacts of motorcycle ban policy - Empirical lessons learnt from some countries in the world
ThS. HOÀNG THANH THÚY

159 **Vai trò của chất lượng dịch vụ đối với sự hài lòng của người học, nghiên cứu tại các trung tâm đào tạo lái xe ô tô ở TP. Hồ Chí Minh**
Role of service quality in learner satisfaction as studied at the car driving training centers in HCMC
ThS. NGUYỄN VĂN THẮNG

162 **Lý luận về phát triển vận tải hàng hóa đường bộ xanh**
Theory on the development of green freight transportation
ThS. NGUYỄN THỊ NHƯ; PGS. TS. TRẦN THỊ LAN HƯƠNG

165 **Xác định yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả quản lý đấu thầu tại các ban quản lý dự án đầu tư xây dựng cấp quận, huyện ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam**
Determining factors affecting the effectiveness of bidding management at district-level construction investment PMUs in the Mekong Delta region, Vietnam
ThS. HỒ ĐỨC TỴ; TS. NGUYỄN VĂN TIẾP
TS. NGUYỄN BÁ QUANG VINH
PGS. TS. TRẦN QUANG PHÚ

169 **Có nên cắt giảm đèn chiếu sáng đường cao tốc?**
Should the lighting system on the highway be reduced?
PGS. TS. TỐNG TRẦN TÙNG; ThS. ĐỖ HOÀNG THẠCH

TỪ TRANG 172 ĐẾN 188 LÀ CÁC BÀI VIẾT CỦA CÁC CHUYÊN MỤC:

Giao thông địa phương, Quốc tế, Môi trường, Phòng chống thiên tai - Tìm kiếm cứu nạn, Thế giới xe, Chuyên đề, Văn bản - Chính sách.

CẤP THIẾT THU PHÍ ĐƯỜNG CAO TỐC DO NHÀ NƯỚC ĐẦU TƯ

Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 10 năm giai đoạn 2021 - 2030 được Đại hội XIII của Đảng thông qua đã xác định mục tiêu "Đến năm 2030, phấn đấu cả nước có khoảng 5.000 km đường bộ cao tốc" trong tổng số 9.014 km (41 tuyến) đã được quy hoạch. Để thực hiện mục tiêu đó, việc triển khai đầu tư xây dựng, quản lý, khai thác đòi hỏi nguồn vốn rất lớn. Trong điều kiện nguồn ngân sách còn hạn chế, Quốc hội đã yêu cầu nghiên cứu thu hồi vốn đối với các dự án đường cao tốc do Nhà nước đầu tư.

Hoàn thành nhanh hơn 1.800 km đường cao tốc và những khó khăn huy động vốn xã hội hóa đặt ra

CÔNG THÀNH

Đến nay, trên cả nước có hơn 1.800 km đường cao tốc được đưa vào khai thác, sử dụng, gần nhất là hai đoạn tuyến QL45 - Nghi Sơn và Nghi Sơn - Diễn Châu dài gần 100 km đi qua hai tỉnh Thanh Hóa và Nghệ An vừa được đưa vào khai thác đầu tháng 9 vừa qua. Nhìn lại hành trình xây dựng hệ thống đường cao tốc đó thật sự là một bước đột phá của Chính phủ và ngành GTVT.

Cao tốc Mai Sơn - QL45 đưa vào khai thác từ ngày 29/4/2023

BƯỚC PHÁT TRIỂN NHẢY VỌT CỦA MẠNG LƯỚI ĐƯỜNG CAO TỐC

Trở lại thời điểm cách đây hơn chục năm trước (năm 2011), cả nước mới chỉ có khoảng 139 km đường cao tốc được đưa vào sử dụng, gồm: TP. Hồ Chí Minh - Trung Lương (40 km), Liên Khương - Đà Lạt (19 km), Cầu Giẽ - Ninh Bình (50 km), Đại lộ Thăng Long (30 km). Hầu hết các dự án cao tốc lúc đó đều được đầu tư bằng nguồn vốn ngân sách nhà nước và vốn ODA.

Đến giai đoạn 2012 - 2017, cả nước mới có thêm 838 km đường cao tốc mới được đầu tư, hoàn thành và đưa vào sử dụng. Đây đều là những dự án trọng điểm, có tính kết nối liên vùng, tạo ra động lực to lớn để thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội của đất nước nói chung và các địa phương có dự án đi qua nói riêng. Điển hình là các cao tốc: Nội Bài - Lào Cai (264 km), Hà Nội - Thái Nguyên (62 km), Hà Nội - Hải Phòng (105 km), TP. Hồ Chí Minh - Long Thành - Dầu Giây (51 km)...

Từ giai đoạn 2018 đến nay đánh dấu một bước tiến mới trong xây dựng đường cao tốc khi Chính phủ và Bộ GTVT triển khai công tác đầu tư xây dựng các dự án thành phần cao tốc Bắc

- Nam giai đoạn 1 (2017 - 2020) gồm 11 dự án thành phần dài 654 km và cao tốc Bắc - Nam giai đoạn 2 (2021 - 2025) gồm 12 dự án thành phần dài 729 km. Cùng với đó là hàng loạt tuyến cao tốc trục dọc, trục ngang khác trên khắp các vùng miền cả nước được triển khai đầu tư làm tăng vọt số km đường cao tốc trong cả nước được đưa vào khai thác.

Thứ trưởng Bộ GTVT Lê Đình Thọ cho biết, Nghị quyết Đại hội XIII của Đảng (năm 2021) đã xác định xây dựng hệ thống kết cấu hạ tầng đồng bộ với một số công trình hiện đại tập trung vào hệ thống giao thông và hạ tầng đô thị lớn với mục tiêu đến năm 2030 phấn đấu cả nước có khoảng 5.000 km đường cao tốc và đến năm 2025 hoàn thành đường bộ cao tốc Bắc - Nam phía Đông. Đồng thời, Bộ Chính trị khóa XIII cũng ra 6 Nghị quyết về phát triển vùng, xác định phát triển hệ thống kết cấu hạ tầng giao thông, trong đó có đường bộ cao tốc.

Để đạt mục tiêu này, Chính phủ đã có những chương trình hành động, đưa ra mục tiêu cả nước phấn đấu đạt trên 3.000 km đường cao tốc đến năm 2025. "Đây là nhiệm vụ hết sức to lớn, bởi đến năm 2020, sau gần 20 năm triển khai, cả nước mới có 1.163 km đường cao tốc được hoàn thành, đưa vào sử dụng. Như vậy, trong nhiệm kỳ 2021 - 2025 phải xây dựng hoàn thành thêm gần 2.000 km đường cao tốc", Thứ trưởng Lê Đình Thọ cho biết.

Về tình hình triển khai các dự án đang đầu tư, đối với dự án cao tốc Bắc - Nam giai đoạn 1 (gồm 11 dự án thành phần), Bộ GTVT cho biết, đến nay đã đưa vào khai thác 8 dự án, cuối năm 2023 sẽ hoàn thành 1 dự án (cầu Mỹ Thuận 2), còn lại 2 dự án (Diễn Châu - Bãi Vọt, Cam Lâm - Vĩnh Hảo) sẽ hoàn thành, đưa vào khai thác trong năm 2024. Đối với dự án cao tốc Bắc - Nam giai đoạn 2 (2021 - 2025) gồm 12 dự án thành phần hiện đang rốt ráo triển khai thi công, dự kiến cơ bản hoàn thành vào năm 2025.

Đặc biệt, trong vài tháng qua, Bộ GTVT và các địa phương tiếp tục khởi công đồng loạt nhiều dự án cao tốc quy mô lớn: Vành đai 3 TP. Hồ Chí Minh, Vành đai 4 TP. Hà Nội, Châu Đốc - Cần Thơ - Sóc Trăng, Biên Hòa - Vũng Tàu, Khánh Hòa - Buôn Ma Thuột, Tuyên Quang - Hà Giang...

Theo ông Lê Quyết Tiến - Cục trưởng Cục Quản lý Đầu tư xây dựng (Bộ GTVT), thực hiện các Nghị quyết Đại hội Đảng về phát triển hạ tầng giao thông, trong đó có đường bộ cao tốc, từ năm 2020 Quốc hội, Chính phủ đã dành nguồn lực lớn để đầu tư các đường cao tốc. Thực tế cho thấy đến nay cả nước mới có khoảng hơn 1.800 km đường cao tốc được đưa vào khai thác. "Do đó, để đạt được mục tiêu đến năm 2025 có 3.000 km đường cao tốc, tức là trong 3 năm tới, chúng ta phải nỗ lực triển khai khoảng 1.300 km đường cao tốc. Đây là con số rất lớn đòi hỏi nỗ lực cực cao", ông Tiến chia sẻ.

NHU CẦU VỐN ĐẦU TƯ VÀ BẢO TRÌ RẤT LỚN, KHÓ THU HÚT VỐN TƯ NHÂN

Nhìn nhận thực tế triển khai hệ thống đường cao tốc trong hơn 20 năm, ông Tiến cho biết hiện còn tồn tại một số khó khăn, vướng mắc. Trước hết là một số quy định pháp luật còn bất cập; quy định về trình tự đầu tư còn kéo dài, một số thủ tục liên quan đến nhiều bộ, ngành; thời gian từ khi đề xuất đến khi khởi công dự án kéo dài; một số hướng dẫn của các bộ, ngành còn chưa cụ thể, rõ ràng, dễ gây các cách hiểu khác nhau khi triển khai.

Tiếp đó, công tác GPMB, tái định cư hiện được giao cho các địa phương thực hiện thường chậm; còn nhiều tồn tại, vướng mắc chưa được xử lý kịp thời. Trong khi đó, các dự án công trình đường bộ thường trải dài, đi qua nhiều địa phương, qua nhiều vùng địa lý với các điều kiện địa hình, địa chất, thủy văn phức tạp.

Hiện nay, nhu cầu vật liệu xây dựng lớn, trong khi các mỏ đang khai thác chỉ phục vụ cho nhu cầu thông thường tại địa phương. Khi các dự án giao thông triển khai đồng loạt sẽ gây khan hiếm về nguồn cung. Đồng thời, thủ tục cấp phép mỏ mới còn phức tạp, kéo dài qua nhiều khâu, nhiều cấp, ảnh hưởng đến tiến độ triển khai dự án.

"Đặc biệt, khả năng thu hút và huy động vốn đầu tư xã hội hóa nhất là vốn tư nhân tham gia đầu tư các dự án giao thông còn thấp, các ngân hàng còn thận trọng trong việc cho vay đầu tư vào lĩnh vực GTVT", ông Tiến nói.

Để thực hiện mục tiêu 5.000 km đường bộ cao tốc theo Nghị quyết Đại hội Đảng lần thứ XIII, trong văn bản gửi Chính phủ cuối tháng 8/2023, Bộ GTVT cho biết, theo ước tính ban đầu, nhu cầu các nguồn vốn đầu tư đến năm 2030 khoảng 813 nghìn tỷ đồng, trong đó giai đoạn 2021 - 2025 cần khoảng 393 nghìn tỷ đồng để hoàn thành 2.043 km và khởi công 925 km.

Trong đó, khoảng 61 nghìn tỷ đồng vốn ngân sách nhà nước đã bố trí thực hiện hoàn thành 916 km các dự án cao tốc Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2017 - 2020 và các dự án cao tốc đang thi công; khoảng 211 nghìn tỷ đồng để khởi công và hoàn thành 1.127 km trong giai đoạn 2021 - 2025 (trong đó, vốn ngân sách nhà nước ước tính khoảng 105,5 nghìn tỷ đồng); khoảng 121 nghìn tỷ đồng để khởi công 925 km giai đoạn 2021 - 2025 và hoàn thành giai đoạn 2026 - 2030 (trong đó, nguồn vốn ngân sách nhà nước khoảng 73 nghìn tỷ đồng).

"Yêu cầu ngân sách nhà nước cho đầu tư xây dựng mới đường cao tốc là rất lớn, do đó xây dựng cơ chế, chính sách để có nguồn ổn định dành cho đầu tư phát triển cao tốc là cần thiết", lãnh đạo Bộ GTVT nêu rõ.

Mặt khác, khi các công trình đường cao tốc hoàn thành cần phải quản lý, khai thác và bảo trì nhằm duy trì điều kiện kỹ thuật của tuyến, bảo đảm phương tiện đi lại êm thuận và ATGT. Theo số liệu thống kê, những năm qua, đối với các tuyến đường bộ do Nhà nước quản lý, ngân sách chi bình quân khoảng 830 triệu đồng/km/năm, cơ bản mới đáp ứng được một phần yêu cầu về chi phí để thực hiện các công việc quản lý, vận hành, khai thác và một phần chi phí bảo trì công trình, nguy cơ ảnh hưởng đến chất lượng công trình và tốc độ khai thác.

Theo Bộ GTVT, dự kiến đến năm 2025, trường hợp 1.624 km đường cao tốc đầu tư từ nguồn ngân sách nhà nước hoàn thành và đi vào hoạt động, nếu cân đối như hiện nay ước tính tổng nhu cầu kinh phí quản lý, bảo trì đường cao tốc giai đoạn 2021 - 2025 cũng ngốn nguồn kinh phí khổng lồ khoảng 9.067 tỷ đồng (bình quân 1.813 tỷ đồng/năm) ❑

CẤP THIẾT THU PHÍ ĐƯỜNG CAO TỐC DO NHÀ NƯỚC ĐẦU TƯ

Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 10 năm giai đoạn 2021 - 2030 được Đại hội XIII của Đảng thông qua đã xác định mục tiêu "Đến năm 2030, phấn đấu cả nước có khoảng 5.000 km đường bộ cao tốc" trong tổng số 9.014 km (41 tuyến) đã được quy hoạch. Để thực hiện mục tiêu đó, việc triển khai đầu tư xây dựng, quản lý, khai thác đòi hỏi nguồn vốn rất lớn. Trong điều kiện nguồn ngân sách còn hạn chế, Quốc hội đã yêu cầu nghiên cứu thu hồi vốn đối với các dự án đường cao tốc do Nhà nước đầu tư.

Tái đầu tư nguồn lực, đảm bảo công bằng xã hội

VŨ THÀNH VŨ

Việc thu phí các tuyến cao tốc đang khai thác do Nhà nước đầu tư sẽ giúp huy động thêm được một nguồn tài chính đáng kể, vừa giảm gánh nặng cho ngân sách nhà nước trong việc tái đầu tư tuyến mới, vừa đảm bảo nguồn tài chính cho công tác quản lý vận hành và bảo trì. Đồng thời sẽ tạo ra công bằng xã hội, công bằng lợi ích kinh tế duy trì hiệu quả khai thác đường cao tốc, vừa có thể đóng góp một khoản kinh phí để đầu tư thêm các tuyến mới.

Trạm thu Long Phước trên tuyến cao tốc TP. Hồ Chí Minh - Long Thành - Dầu Giây

QUỐC HỘI YÊU CẦU THU HỒI VỐN ĐƯỜNG CAO TỐC DO NHÀ NƯỚC ĐẦU TƯ

Thời gian qua, Quốc hội đã thống nhất chủ trương dành nguồn ngân sách nhà nước để đầu tư một số tuyến đường bộ cao tốc. Trong điều kiện nguồn ngân sách còn hạn chế, Quốc hội đã có yêu cầu Chính phủ nghiên cứu báo cáo Quốc hội việc thu hồi nguồn vốn tại các dự án đường cao tốc do Nhà nước đầu tư. Cụ thể, tại Nghị quyết số 52/2017 của Quốc hội về chủ trương đầu tư dự án xây dựng một số đoạn đường bộ cao tốc trên tuyến Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2017 - 2020 nêu rõ: "Đối với những dự án thành phần sử dụng toàn bộ vốn đầu tư công, nghiên cứu, áp dụng phương án thu giá dịch vụ hợp lý để thu hồi vốn đầu tư của Nhà nước; đối với các dự án thành phần đầu tư theo hình thức đối tác công tư được quản lý, sử dụng theo quy định của pháp luật về quản lý, sử dụng tài sản công".

Ngày 11/01/2022, Quốc hội ban hành Nghị quyết 44 về chủ trương đầu tư dự án xây dựng công trình đường bộ cao tốc Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2021 - 2025, trong đó cũng nhấn mạnh nội dung: "Xây dựng phương án, tổ chức thực hiện thu hồi vốn đầu tư dự án để hoàn trả vào ngân sách Trung ương".

Tiếp đó là các Nghị quyết 57/2022, Nghị quyết 58/2022, Nghị quyết 59/2022, Nghị quyết 60/2022 của Quốc hội về chủ trương đầu tư các dự án đầu tư xây dựng các dự án: Vành đai 3 TP. Hồ Chí Minh, cao tốc Khánh Hòa - Buôn Ma Thuột giai đoạn 1, Biên Hòa - Vũng Tàu giai đoạn 1 và Châu Đốc - Cần Thơ - Sóc Trăng giai đoạn 1. Quốc hội cũng nêu rõ: "Chính phủ chỉ đạo Bộ GTVT chủ trì, phối hợp với Bộ Tài chính, các bộ, ngành, địa phương liên quan xây dựng phương án thu hồi vốn đầu tư dự án hoàn trả vào ngân sách Trung ương và ngân sách địa phương theo tỷ lệ vốn góp đầu tư dự án".

Đồng thời, Nghị quyết 62 ngày 16/6/2022 của Quốc hội cũng yêu cầu: "Hoàn thiện pháp luật về thu phí đối với các tuyến đường cao tốc đầu tư bằng ngân sách nhà nước". Rõ ràng, trong các Nghị quyết nêu trên, Quốc hội định hướng rất rõ cần xây dựng phương án

thu hồi vốn đầu tư và gần đây nhất là hoàn thiện pháp luật về thu phí.

CHỦ PHƯƠNG TIỆN LỢI LỚN KHI ĐI CAO TỐC

Theo Bộ GTVT, khi các tuyến đường cao tốc được hoàn thành, đưa vào khai thác, sử dụng đã mang lại lợi ích to lớn về kinh tế - xã hội, góp phần xây dựng khu vực phòng thủ vững chắc về quốc phòng, an ninh; hợp tác và cạnh tranh kinh tế quốc tế...

Đối với người sử dụng sẽ tiết kiệm được thời gian và chi phí vận hành phương tiện. Theo ước tính, việc di chuyển trên đường cao tốc sẽ giúp giảm thời gian vận chuyển lên tới 60% và giảm chi phí khai thác so với lưu thông trên quốc lộ. Theo tính toán trên 3 tuyến đường cao tốc đang vận hành là Cầu Giẽ - Ninh Bình, TP. Hồ Chí Minh - Trung Lương và TP. Hồ Chí Minh - Long Thành - Dầu Giây, kết quả lượng hóa chi phí vận hành và chi phí thời gian của phương tiện cho thấy, so với lưu thông tuyến trên quốc lộ song hành, phương tiện lưu thông trên các tuyến cao tốc sẽ được lợi bình quân ước tính khoảng 5.265 đồng/km, trong đó 25% từ tiết kiệm chi phí vận hành phương tiện và 75% từ tiết kiệm thời gian hàng hóa và hành khách trên đường.

Loại phương tiện thu được lợi ích lớn nhất là xe khách từ 30 ghế trở lên với bình quân ước tính khoảng 12.348 đồng/km, phương tiện thu được lợi ích thấp nhất là xe tải dưới 2 tấn với lợi ích bình quân ước tính khoảng 1.974 đồng/km. Lợi ích bình quân tính theo xe đơn vị ước tính khoảng 2.868 đồng/PCU/km. Với lợi ích đó, một số tuyến đường cao tốc do doanh nghiệp đầu tư đang thu tiền dịch vụ theo cơ chế giá được dư luận và người dân đồng tình.

Đề cập đến tác động trong trường hợp không thu phí sử dụng đường cao tốc, theo Bộ GTVT, đường cao tốc có chất lượng cao hơn quốc lộ thông thường. Trường hợp không tổ chức thu tiền sử dụng đường cao tốc thông qua trạm thu, người điều khiển phương tiện giao thông đường bộ sẽ có xu hướng tập trung di chuyển trên đường cao tốc. Điều này dẫn đến lưu lượng phương tiện trên đường cao tốc tăng cao, tiềm ẩn nguy cơ mất ATGT, làm giảm vận tốc trung bình lưu thông và giảm hiệu quả khai thác đường cao tốc.

Việc thu phí sử dụng đường cao tốc thông qua trạm thu phí là một trong các công cụ, giải pháp để tăng cường công tác quản lý. Ngoài việc cân bằng lưu lượng xe lưu thông trên đường cao tốc và trên quốc lộ song hành, khi thu phí sẽ có nguồn lực, điều kiện để thực thi các giải pháp khác như kiểm soát tải trọng xe, giám sát và hạn chế các phương tiện xe thô sơ, xe không được phép lưu hành trên đường cao tốc..., từ đó giúp tăng cường hiệu quả khai thác của đường cao tốc, tăng cường các lợi ích do đường cao tốc đem lại.

Đồng thời, các phương tiện giao thông chuyển sang di chuyển trên đường cao tốc sẽ dẫn đến phân lưu làm ảnh hưởng đến phương án tài chính của một số dự án BOT hiện có (có thể làm giảm doanh thu của dự án). Khi đó, việc thu phí từ hệ thống đường bộ cao tốc do Nhà nước đầu tư sẽ tạo ra nguồn lực để thực hiện các giải pháp chia sẻ rủi ro giữa Nhà nước và nhà đầu tư.

THU PHÍ ĐỂ TẠO CÔNG BẰNG XÃ HỘI, LỢI ÍCH KINH TẾ

Trao đổi với Tạp chí GTVT, PGS. TS. Trần Chủng, Chủ tịch Hiệp hội Các nhà đầu tư công trình giao thông đường bộ Việt Nam cho rằng, đường cao tốc là một loại công trình cấp đặc biệt với những tiêu chuẩn kỹ thuật đặc thù. Tất cả đều phục vụ mục tiêu cao nhất là đảm bảo cho người tham gia giao thông an toàn trên cả hành trình dài với tốc độ cao liên tục.

"Rõ ràng, việc đảm bảo đường cao tốc duy trì được tiêu chuẩn kỹ thuật là rất quan trọng. Trước hết là đảm bảo điều kiện an toàn ở mức cao nhất cho toàn bộ phương tiện giao thông trên tuyến, tức là chất lượng công trình luôn phải được đảm bảo tốt. Để làm được điều này, công tác bảo dưỡng, bảo trì cần phải được thực hiện liên tục, nghiêm túc. Đây là công việc hết sức khó khăn, ngoài tính thường xuyên còn phải đảm bảo trình độ, tính chuyên môn, chuyên nghiệp cao... như một nghề nghiệp dịch vụ cao cấp, chuyên biệt", ông Chủng phân tích.

Cũng theo ông Chủng, đường cao tốc hiện nay được quản lý bằng hệ thống giao thông thông minh (ITS) - một phương pháp quản lý hiện đại cung cấp những tiện ích, lợi ích rất lớn cho người tham gia giao thông. Điều này cũng đòi hỏi người làm phải có trình độ cao, thường trực 24/24h để đảm bảo. "Vì vậy, việc thu phí các tuyến đường cao tốc do Nhà nước đầu tư là rất cần thiết để có nguồn tài chính duy trì hiệu quả các công việc quan trọng này. Các nước trên thế giới cũng làm theo mô hình như vậy. Nếu không thu phí thì Nhà nước lại phải bỏ tiền ra để đảm bảo công năng kỹ thuật của đường cao tốc", ông Chủng nhấn mạnh.

"Có ý kiến cho rằng, thu phí cao tốc tạo ra tình trạng thuế chồng thuế, phí chồng phí. Quan điểm của tôi là không có chuyện này. Ngược lại, thu phí đường cao tốc chính là tạo ra công bằng xã hội, công bằng lợi ích kinh tế", ông Chủng nói và phân tích, người dân cả nước ai cũng đóng thuế, người có xe ô tô đều phải đóng phí đường bộ, nhưng không phải ai cũng đi đường cao tốc. "Cùng là đóng thuế, phí nhưng người thì đi suốt ngày, người thì cả đời không đi cao tốc bao giờ hoặc rất hiếm khi. Vậy nên, cần tách bạch, người nào sử dụng đường cao tốc thì phải trả khoản tiền cho loại dịch vụ có chất lượng cao này", ông Chủng chia sẻ.

Theo Bộ GTVT, trong giai đoạn hiện nay, đất nước đang hướng tới nhiều mục tiêu to lớn về phát triển đường cao tốc, sẽ có thêm nhiều tuyến cao tốc được xây dựng và đưa vào khai thác trong những năm tới, đòi hỏi một lượng tiền khổng lồ từ ngân sách nhà nước chi ra để thực hiện.

Việc thu phí các tuyến cao tốc đang khai thác sẽ giúp huy động thêm được một nguồn tài chính đáng kể, vừa để giảm gánh nặng cho ngân sách nhà nước trong việc duy trì hiệu quả khai thác đường cao tốc, vừa có thể đóng góp một khoản kinh phí để đầu tư thêm các tuyến mới.

"Trước nhu cầu kinh phí lớn cần dành cho hệ thống cao tốc, trên cơ sở lợi ích của đường cao tốc mang lại cho người sử dụng, trong khuôn khổ quy định pháp luật hiện hành, việc xây dựng cơ chế thu tiền sử dụng dịch vụ đường cao tốc trên các tuyến đường bộ cao tốc do Nhà nước đầu tư để trình Quốc hội xem xét thông qua là hết sức cần thiết", Bộ GTVT nêu rõ ❑

CẤP THIẾT THU PHÍ ĐƯỜNG CAO TỐC DO NHÀ NƯỚC ĐẦU TƯ

Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 10 năm giai đoạn 2021 - 2030 được Đại hội XIII của Đảng thông qua đã xác định mục tiêu "Đến năm 2030, phấn đấu cả nước có khoảng 5.000 km đường bộ cao tốc" trong tổng số 9.014 km (41 tuyến) đã được quy hoạch. Để thực hiện mục tiêu đó, việc triển khai đầu tư xây dựng, quản lý, khai thác đòi hỏi nguồn vốn rất lớn. Trong điều kiện nguồn ngân sách còn hạn chế, Quốc hội đã yêu cầu nghiên cứu thu hồi vốn đối với các dự án đường cao tốc do Nhà nước đầu tư.

Cách nào thu tiền sử dụng đường cao tốc do Nhà nước đầu tư hiệu quả?

THANH HUYỀN

Qua nghiên cứu, phân tích và đánh giá về ưu, nhược điểm của hai hình thức thu theo cơ chế giá và thu theo cơ chế phí, Bộ GTVT kiến nghị cấp có thẩm quyền cho phép thu phí sử dụng đường bộ cao tốc do Nhà nước đầu tư theo cơ chế phí. Số tiền phí thu được nộp ngân sách nhà nước và sử dụng theo quy định pháp luật về ngân sách.

Hệ thống ETC tại trạm thu phí Pháp Vân - Cầu Giẽ - Ninh Bình

HAI HÌNH THỨC THU TIỀN SỬ DỤNG ĐƯỜNG CAO TỐC

Theo Bộ GTVT, việc thu phí sử dụng đường bộ trên đường cao tốc do Nhà nước đầu tư có thể có hai phương án để thực hiện, gồm: thu theo cơ chế phí và thu theo cơ chế giá.

So sánh hai phương án trên, trước tiên là việc xác định mức thu, Bộ GTVT cho biết, đối với phương án thu theo cơ chế giá, mức giá dịch vụ sử dụng đường bộ của doanh nghiệp kinh doanh đường cao tốc phải xây dựng trên nguyên tắc chi phí, phụ thuộc vào phương án tài chính của dự án đầu tư.

Trong khi đó, đối với phương án thu theo cơ chế phí, mức phí sẽ do Nhà nước quy định và có thể điều chỉnh để phù hợp với chính sách kinh tế - xã hội của Nhà nước trong từng thời kỳ, theo từng địa phương. Do vậy, việc xác định mức giá dịch vụ sử dụng đường bộ khi thực hiện phương án thu theo cơ chế giá không linh hoạt như việc xây dựng mức phí sử dụng đường bộ khi thực hiện phương án thu theo cơ chế phí.

Phân tích về khả năng tạo nguồn thu kịp thời, ổn định cho ngân sách nhà nước, Bộ GTVT cho biết, khi thực hiện phương án thu theo cơ chế giá thông qua hình thức đầu tư vốn vào doanh nghiệp, nguồn thu của doanh nghiệp kinh doanh đường cao tốc không phải khoản thu ngân sách nhà nước, không thể trực tiếp điều tiết về ngân sách nhà nước. Còn khi thực hiện phương án thu theo cơ chế phí, số phí thu được sau khi trừ chi phí tổ chức thu được nộp vào ngân sách nhà nước để sử dụng.

Ngoài ra, nếu thu theo cơ chế giá, sau khi hoàn vốn thì không có cơ sở để tiếp tục thu nhưng Nhà nước vẫn tiếp tục có trách nhiệm phải quản lý, bảo trì các tuyến cao tốc này. Điều này sẽ tiếp tục tạo gánh nặng cho ngân sách. "Do đó, phương án thu theo

cơ chế phí hiệu quả hơn phương án thu theo cơ chế giá về khả năng tạo nguồn thu kịp thời, ổn định cho ngân sách nhà nước", Bộ GTVT cho biết.

Về thời gian để triển khai thực hiện, theo phân tích của Bộ GTVT, đối với phương án thu theo cơ chế giá, để thực hiện được cần phải được Quốc hội chấp thuận hai nội dung. Thứ nhất, chủ trương giao đường cao tốc do Nhà nước đầu tư cho doanh nghiệp nhà nước kinh doanh đường cao tốc theo hình thức đầu tư vốn nhà nước vào sản xuất kinh doanh tại doanh nghiệp.

Thứ hai, cơ chế đặc thù áp dụng cho hoạt động doanh nghiệp nhà nước kinh doanh đường cao tốc. Trong đó, việc xây dựng cơ chế đặc thù áp dụng cho hoạt động kinh doanh của doanh nghiệp nhà nước kinh doanh đường cao tốc (sau khi đã được Quốc hội chấp thuận chủ trương giao đường cao tốc cho doanh nghiệp) sẽ đòi hỏi thời gian dài để hoàn thiện trước khi trình Quốc hội và cũng chưa đảm bảo chắc chắn tính khả thi.

Trong khi đó, phương án thu theo cơ chế phí đã có sẵn hướng giải quyết để hoàn thiện cơ sở pháp lý (đã được quy định tại Luật Phí và Lệ phí), đồng thời chỉ cần Ủy ban Thường vụ Quốc hội chấp thuận bổ sung thêm vào danh mục phí, lệ phí tại Luật Phí và Lệ phí một khoản phí mới là "Phí sử dụng đường bộ thu qua trạm thu phí trên đường cao tốc" là có thể triển khai các bước tiếp theo.

Do đó, phương án thu theo cơ chế phí có thể triển khai thực hiện nhanh hơn phương án thu theo cơ chế giá, kịp thời áp dụng để thu hồi vốn đầu tư của Nhà nước đối với các dự án thành phần sử dụng toàn bộ vốn đầu tư công của dự án xây dựng một số đoạn đường bộ cao tốc trên tuyến Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2017 - 2020 như chỉ đạo của Quốc hội tại Nghị quyết 52 ngày 22/11/2017.

PHÁT SINH NHIỀU VƯỚNG MẮC NGOÀI CƠ CHẾ NẾU ÁP DỤNG THU THEO CƠ CHẾ GIÁ

Theo Bộ GTVT, ngoài các yếu tố trên, việc triển khai thu theo cơ chế giá sẽ gặp nhiều khó khăn trong quá trình triển khai thực hiện do khó nhận được sự đồng thuận của người dân về việc Nhà nước sử dụng nguồn ngân sách để đầu tư và kinh doanh trực tiếp; Nhà nước tiếp tục kinh doanh trên các tuyến cao tốc đầu tư theo hình thức hợp đồng BOT đã hoàn vốn và bàn giao tài sản cho Nhà nước (theo nguyên tắc thì các tuyến này sẽ dừng thu giá); Nhà nước kinh doanh đối với các tuyến đường bộ cao tốc Nhà nước đã đầu tư bằng nhiều nguồn vốn khác nhau (trái phiếu, ODA, BT...) hiện đang khai thác không thu phí (hồi tố).

Bộ GTVT cho biết, dịch vụ sử dụng đường bộ (bao gồm cả dịch vụ sử dụng đường cao tốc) là dịch vụ đặc thù, người dân có thể sử dụng dịch vụ ngay sau khi công trình, dự án đầu tư hoàn thành đưa vào khai thác. Việc cung cấp dịch vụ không cần thông qua khâu sản xuất như các sản phẩm dân dụng khác. Chẳng hạn, để cung cấp điện thì sau khi đầu tư nhà máy điện cần phải tổ chức sản xuất điện; nhà máy nước thì phải sản xuất nước... Do vậy, việc Nhà nước tiếp tục tổ chức kinh doanh (thu giá) sau khi đã công bố hoàn vốn đầu tư dự án PPP sẽ khó nhận được sự đồng thuận của người dân.

Hơn nữa, đối với các tuyến cao tốc đầu tư ở khu vực miền núi, mục tiêu chủ yếu đối với đầu tư đường cao tốc kết nối với khu vực miền núi là để phát triển kinh tế - xã hội, an ninh - quốc phòng, hỗ trợ phát triển kinh tế - xã hội vùng sâu vùng xa... Với đặc thù chi phí đầu tư lớn, nếu áp dụng theo cơ chế giá, theo nguyên tắc mức giá phải đảm bảo bù đắp chi phí thì phải xác định mức thu cao, dẫn đến không thu hút người sử dụng, mức thu càng cao thì càng làm giảm lưu lượng phương tiện lưu thông. Điều này sẽ gây ảnh hưởng tiêu cực đến mục tiêu đầu tư ban đầu, đồng thời nếu lưu lượng không đủ thì cũng sẽ ảnh hưởng đến phương án tài chính của dự án.

Cũng theo phân tích của Bộ GTVT, khi áp dụng cơ chế giá, việc điều chỉnh mức thu sẽ không linh hoạt do cần đảm bảo phương án tài chính của dự án. Điều này dẫn đến Nhà nước sẽ khó điều chỉnh mức thu trong các trường hợp có biến động lớn, ảnh hưởng đến kinh tế - xã hội như: dịch bệnh, tăng giá nhiên liệu...

Mặt khác, khi xem xét đề xuất cơ chế thu đối với các dự án đường cao tốc đầu tư theo hình thức PPP sau khi đã kết thúc thu phí hoàn vốn thì nhà đầu tư có trách nhiệm hoàn trả cho Nhà nước.

"Khi Nhà nước trực tiếp quản lý vận hành thì không có cơ chế thu đối với phần vốn ngân sách nhà nước đã đầu tư vào dự án, để bù đắp chi phí vận hành, bảo trì tuyến cao tốc thì việc cho phép Nhà nước thu một khoản tiền đối với phương tiện lưu thông trên tuyến cao tốc là phù hợp với lợi ích người sử dụng cao tốc, khi đó Nhà nước triển khai thu theo cơ chế phí là phù hợp với quyền sở hữu tài sản của Nhà nước", Bộ GTVT phân tích.

Cũng theo Bộ GTVT, việc quyết định thu theo cơ chế phí cũng phù hợp, thuận lợi cho Nhà nước thực hiện vai trò điều tiết, giảm phí để hỗ trợ doanh nghiệp khi có khó khăn thiên tai địch họa bất khả kháng như dịch bệnh trong thời gian qua, đồng thời cũng phù hợp với chính sách hỗ trợ vùng miền có khó khăn, khi lưu lượng xe thấp cần khuyến khích thì Nhà nước chủ động quyết định giảm phí, hỗ trợ địa phương.

Trên cơ sở đó, Bộ GTVT kiến nghị cấp có thẩm quyền cho phép thu phí sử dụng đường bộ cao tốc do Nhà nước đầu tư theo cơ chế phí. Số tiền phí thu được được nộp ngân sách nhà nước và sử dụng theo quy định pháp luật về ngân sách, trong đó ưu tiên sử dụng cho đầu tư, quản lý, bảo trì kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ, hỗ trợ các dự án đầu tư đường bộ theo hình thức hợp đồng BOT trong trường hợp bị ảnh hưởng bởi phân lưu khi các tuyến đường cao tốc đưa vào khai thác (so với điều kiện hợp đồng dự án ban đầu).

Về cơ chế phân chia nguồn thu phí giữa ngân sách Trung ương và ngân sách địa phương, Bộ GTVT đề xuất số tiền phí thu được trên từng tuyến cao tốc được nộp vào ngân sách Trung ương và ngân sách địa phương theo tỷ lệ nguồn vốn đầu tư của ngân sách Trung ương và ngân sách địa phương tham gia dự án đầu tư tuyến cao tốc đó ❑

Những bài học kinh nghiệm quý tạo đột phá làm cao tốc đi qua 3 tỉnh

VŨ THÀNH

Cao tốc Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2017 - 2020 có 4 dự án thành phần đi qua 3 tỉnh Ninh Bình, Thanh Hóa, Nghệ An đến nay đã hoàn thành, đưa vào khai thác. Cả 4 dự án đều gặp rất nhiều khó khăn thách thức rất lớn xuyên suốt quá trình triển khai, nhưng với nỗ lực, quyết tâm vượt bậc, cùng việc áp dụng thành công nhiều giải pháp linh hoạt, việc hoàn thành đảm bảo tiến độ, chất lượng không chỉ là minh chứng rõ nét về năng lực xây dựng đường cao tốc của Việt Nam, mà còn đúc rút nhiều kinh nghiệm quý báu để ngành GTVT vững bước thiết lập thêm những kỳ tích mới.

Bộ trưởng Bộ GTVT Nguyễn Văn Thắng biểu dương sự nỗ lực của các nhà thầu, ban QLDA, người lao động với những đóng góp tích cực để hoàn thành 4 đoạn cao tốc từ Ninh Bình đến Nghệ An

GIẢI PHÁP LINH HOẠT ĐÃ TẠO NÊN ĐỘT PHÁ ẤN TƯỢNG

Theo ông Lê Quyết Tiến, Cục trưởng Cục Quản lý Đầu tư xây dựng, cao tốc Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2017 - 2020 đoạn từ Ninh Bình đến Nghệ An có tổng chiều dài 171,85 km, chia làm 4 dự án thành phần, gồm: Đoạn Cao Bồ - Mai Sơn dài 15,2 km, tổng mức đầu tư là 1.607,4 tỷ đồng; đoạn Mai Sơn - QL45 dài 63,37 km, tổng mức đầu tư 12.918 tỷ đồng; đoạn QL45 - Nghi Sơn dài 43,28 km, tổng mức đầu tư 5.534,5 tỷ đồng và đoạn Nghi Sơn - Diễn Châu dài 50 km, tổng mức đầu tư 7.293,2 tỷ đồng.

Đến nay, cả 4 đoạn đã hoàn thành và đưa vào khai thác, đáp ứng tiến độ, chất lượng. Trong đó, đoạn Cao Bồ - Mai Sơn đưa vào khai thác từ tháng 2/2022; đoạn Mai Sơn - QL45 đưa vào khai thác tháng 4/2023; đoạn QL45 - Nghi Sơn và đoạn Nghi Sơn - Diễn Châu đưa vào khai thác từ ngày 1/9/2023, đúng dịp kỷ niệm 78 năm Quốc khánh 2/9 đã nâng tổng chiều dài cao tốc đang khai thác trên cả nước lên 1.822 km. Sự "hòa mạng" của 4 đoạn cao tốc này đã rút ngắn thời gian di chuyển từ Hà Nội - Ninh Bình - Thanh Hóa - Nghệ An (huyện Diễn Châu) chỉ còn khoảng 3 - 3,5 giờ, đem lại những giá trị về phát triển kinh tế - xã hội vô cùng to lớn, khó đong đếm được.

Tại Hội nghị Sơ kết thực hiện dự án xây dựng đường bộ cao tốc Bắc - Nam phía Đông đoạn từ Ninh Bình đến Nghệ An tổ chức ngày 08/9/2023, chia sẻ về những ngày đầu các dự án được khởi động, ông Nguyễn Mạnh Hà, Phó Tổng Giám đốc Tổng công ty Tư vấn thiết kế GTVT (TEDI) cho biết, một trong những thách thức lớn nhất của các dự án là điều kiện địa hình có nhiều chỗ hiểm trở, khó khăn, thời tiết diễn biến phức tạp... Xác định thách thức cũng đi kèm với cơ hội khẳng định năng lực đảm đương những công trình trọng điểm hàng đầu của đất nước, TEDI đã chủ động ứng dụng những công nghệ khoa học kỹ thuật mới nhất trong khâu khảo sát địa hình, địa chất như: công nghệ GNSS, Laser Scanner, UAV, LiDAR, trạm Base, trạm Cors... TEDI cũng sử dụng phần mềm ứng dụng tiên tiến có bản quyền trong thiết kế đường cầu, hầm, xử lý nền đất yếu; phối hợp hiệu quả các bộ phận, các khâu, tuân thủ các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật, phù hợp với quy định của pháp luật, đảm bảo kinh tế kỹ thuật, thân thiện với môi trường.

Về phía nhà thầu trực tiếp "vượt nắng thắng mưa" trên công địa dự án, ông Nguyễn Hữu Tới, Phó Tổng Giám đốc Vinaconex chia sẻ, các dự án triển khai trong vô vàn khó khăn, thách thức của thời cuộc, đặc biệt là thi công trong giai đoạn đại dịch Covid-19 bùng phát, diễn biến phức tạp, thời tiết bất thường, bão giá nguyên, nhiên vật liệu... Khó khăn gây ra những ảnh hưởng lớn đối với doanh nghiệp, song Vinaconex xác định, việc hoàn thành dự án là danh dự, trách nhiệm chính trị của doanh nghiệp trước lãnh đạo Đảng, Nhà nước và nhân dân nơi dự án đi qua. Đây là nguồn động lực vô cùng mạnh mẽ, đốc thúc xây dựng kế hoạch thi công chi tiết, từng tuần, từng tháng, từng quý; tập trung mọi nguồn lực để vượt lên khó khăn, tận dụng tối đa điều kiện thời tiết khi thuận lợi để thi công bù tiến độ, đảm bảo chất lượng.

Cao tốc Bắc - Nam là công trình

Bộ trưởng Bộ GTVT Nguyễn Văn Thắng tặng hoa chúc mừng các đơn vị tham gia thi công cao tốc đoạn từ Ninh Bình đến Nghệ An

trọng điểm có tiến độ chặt chẽ, đặc thù kỹ thuật cao và cũng là "phép thử" quan trọng đối với năng lực quản lý dự án. Theo ông Trần Hữu Hải, Giám đốc Ban QLDA 6, các ban QLDA đã áp dụng thành công các phương pháp đổi mới, nâng cao năng lực điều hành dự án, áp dụng nhiều hơn những ứng dụng công nghệ để đáp ứng nhu cầu thực tiễn của dự án có quy mô lớn, trải dài. "Có thể khẳng định rằng, thành công ngày hôm nay là minh chứng rõ nét cho việc các ban QLDA là "cán cân" điều phối linh hoạt trong chỉ đạo điều hành giải quyết hiệu quả, kịp thời các vướng mắc phát sinh trên công trường", ông Hải nói.

LỊCH SỬ SẼ KHÔNG QUÊN NHỮNG VẤT VẢ, HY SINH CỦA NHỮNG NGƯỜI MỞ ĐƯỜNG

Trong niềm vui khi cao tốc Bắc - Nam đã liên thông từ Ninh Bình đến Nghệ An, ông Mai Xuân Liêm, Phó Chủ tịch UBND tỉnh Thanh Hóa bày tỏ lời cảm ơn tới Bộ GTVT đã tích cực tham mưu cho Chính phủ và nỗ lực, quyết tâm xây dựng hoàn thành đưa vào khai thác tuyến cao tốc hiện đại này. Ông Liêm khẳng định, kết quả như ngày hôm nay có được là nhờ sự chỉ đạo sát sao, quyết liệt của Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ, Bộ GTVT và sự phối hợp của các bộ, ngành, địa phương, đặc biệt là sự ủng hộ của người dân trong vùng dự án. Qua các dự án này, địa phương ghi nhận sự quyết liệt triển khai của Bộ GTVT, đồng thời đúc rút được nhiều bài học kinh nghiệm có giá trị thực tiễn cao trong việc triển khai các dự án giao thông, nhất là trong công tác GPMB, chuẩn bị nguồn vật liệu phục vụ thi công...

Theo Bộ trưởng Bộ GTVT Nguyễn Văn Thắng, để tuyến cao tốc từ Ninh Bình đến Nghệ An được đưa vào khai thác, Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ đã dành sự quan tâm đặc biệt, sâu sát, quyết liệt chỉ đạo các bộ, ngành, địa phương phối hợp, tháo gỡ khó khăn trong giai đoạn thách thức mang tính lịch sử. Chính phủ đã ban hành nhiều Nghị quyết với cơ chế đặc thù để giải quyết vướng mắc, khó khăn về nguồn vật liệu. Các bộ, ngành, địa phương đã vào cuộc với tinh thần trách nhiệm cao, quyết liệt, vượt qua mọi khó khăn, giải quyết dứt điểm các vấn đề thuộc thẩm quyền của mình.

"Với ngành GTVT, chúng tôi xác định, việc hoàn thành các dự án đúng tiến độ, bảo đảm chất lượng là danh dự, trách nhiệm của ngành GTVT trước Đảng, Nhà nước và nhân dân", Bộ trưởng Nguyễn Văn Thắng nói và cho biết, từ Bộ trưởng, Thứ trưởng, thủ trưởng các cơ quan trực thuộc, ban QLDA, đơn vị tư vấn, nhà đầu tư, nhà thầu thi công đã vào cuộc với quyết tâm cao, quán triệt tinh thần chỉ đạo của Thủ tướng Chính phủ: "Đã nỗ lực rồi thì nỗ lực hơn nữa, cố gắng rồi thì cố gắng hơn nữa, quyết tâm rồi thì quyết tâm cao hơn nữa, xác định trọng tâm, trọng điểm để phân bổ nguồn lực thực hiện thắng lợi những mục tiêu đã đề ra".

Bộ GTVT đã phát động các phong trào thi đua với mục đích vừa động viên, cổ vũ, vừa là "mệnh lệnh" để các chủ thể tham gia dự án nỗ lực phấn đấu, tổ chức triển khai 3 ca 4 kíp, thi công xuyên lễ, xuyên tết. Với tinh thần "Chỉ bàn làm, không bàn lùi", lan tỏa sự quyết liệt của Thủ tướng Chính phủ, các ban QLDA đã tập trung giải quyết nhanh những thủ tục liên quan cho nhà thầu; nhanh nhạy, linh hoạt trong việc áp dụng mọi cơ chế giải ngân nhằm hỗ trợ, duy trì năng lực tài chính cho các nhà thầu tăng tốc thi công. Bên cạnh đó, các ban QLDA đã tăng cường kiểm soát chặt chẽ từng khâu, từng thủ tục đảm bảo đúng quy định của pháp luật, không để xảy ra tiêu cực, sai phạm; kiểm soát nghiêm chất lượng thi công của nhà thầu.

Trên công trường của các dự án cao tốc đi qua Bắc miền Trung, hàng nghìn kỹ sư, công nhân đã vào cuộc ngày đêm, phát huy tinh thần "Đi trước mở đường" và với tình yêu đất nước, yêu nghề đã vượt qua tất cả sự khắc nghiệt của thời tiết và môi trường lao động, nỗi nhớ nhung, xa cách người thân và gia đình kể cả trong những ngày lễ, tết đoàn viên để bám máy, bám công trường thi công không ngơi nghỉ.

"Nắng đủ thì thi công bê tông nhựa, mưa nhiều chuyển sang làm cầu, cống, hộ lan, biển báo. Thời tiết có thể bất lợi nhưng sản lượng không thể không luỹ tiến. Tinh thần ấy, khí thế ấy, giải pháp linh hoạt ấy đã tạo nên đột phá ấn tượng tại các công trường. Lịch sử sẽ không quên bao vất vả, hy sinh của những người mở đường", Bộ trưởng Nguyễn Văn Thắng nhấn mạnh ❑

Tổng kiểm tra ô tô khách, phát hiện hàng loạt sai phạm

VĂN HUẾ

Sau gần 1 tháng tổng kiểm soát xe ô tô kinh doanh vận tải hành khách theo Kế hoạch của Bộ Công an, căn cứ vào từng địa bàn, các địa phương đã triển khai kiểm tra, xử lý, bước đầu mang lại hiệu quả.

Đội CSGT Đường bộ số 1, Phòng CSGT Công an tỉnh Yên Bái kiểm tra, xử lý tuyên truyền cho lái xe ô tô khách trên địa bàn

CẮM CHỐT KIỂM TRA XE KHÁCH TRÊN QUỐC LỘ

Trao đổi với Tạp chí GTVT, Đại tá Phạm Gia Chiến, Trưởng phòng CSGT Công an tỉnh Lào Cai thông tin, thực hiện tổng kiểm soát xe ô tô kinh doanh vận tải hành khách theo Kế hoạch của Bộ Công an, Phòng CSGT xây dựng kế hoạch phối hợp với Cảnh sát hình sự, Cảnh sát cơ động Công an tỉnh Lào Cai, áp dụng các biện pháp nghiệp vụ như tuần tra lưu động, cắm chốt tại một điểm kiểm soát ngay tại cửa ngõ như trên tuyến cao tốc Nội Bài - Lào Cai, các tuyến quốc lộ, đặc biệt là khu vực đi khu du lịch Sa Pa.

Trước đó, ghi nhận của Tạp chí GTVT tại km136 trên tuyến QL4D qua địa bàn TP. Lào Cai đi khu du lịch Sa Pa (thị xã Sa Pa, tỉnh Lào Cài), tổ công tác liên ngành gồm CSGT, Cảnh sát hình sự, Cảnh sát cơ động do Trung tá Đào Ngọc Toàn, Phó Đội trưởng Đội Tuần tra Đường bộ số 7 (Phòng CSGT Công an tỉnh Lào Cai) làm tổ trưởng tiến hành kiểm tra hàng loạt ô tô khách Limousine, ô tô khách hợp đồng từ các tỉnh lên tham quan khu du lịch Sa Pa. Tại đây, chỉ trong 2 giờ, tổ công tác đã kiểm tra hàng trăm phương tiện xe ô tô khách các loại về các điều kiện của người điều khiển phương tiện lưu thông trên tuyến đường này.

Trung tá Toàn thông tin thêm, từ TP. Lào Cai đi khu du lịch Sa Pa dài 34 km, qua quá trình kiểm tra, tổ công tác liên ngành đã dừng xe kiểm tra, tiến hành tuyên truyền cho các lái xe biết khi lưu thông trên tuyến QL4D nhiều đèo, dốc, cua nguy hiểm, sương mù, nhiều mưa nên đường trơn, trượt, vì vậy lái xe chú ý quan sát, đi chậm đảm bảo ATGT.

Tương tự, tại đường Âu Cơ, TP. Yên Bái (tỉnh Yên Bái), tổ công tác gồm các lực lượng CSGT, Cảnh sát cơ động do Thiếu tá Lê Anh Tuấn, Đội trưởng Đội CSGT Đường bộ số 1 (Phòng CSGT Công an tỉnh Yên Bái) chỉ huy tổ công tác tiến hành kiểm tra các xe ô tô chở khách lưu thông trên địa bàn. Thiếu tá Lê Anh Tuấn thông tin, theo Kế hoạch, từ ngày 15/8, tổ công tác liên ngành đã kiểm tra 93 xe ô tô khách, qua đó lập biên bản xử lý 30 phương tiện, tập trung vào các hành vi vi phạm như: Đi không đúng tuyến, xe hợp đồng nhưng không có danh sách hành khách, không có búa thoát hiểm...

TUẦN TRA KẾT HỢP GHI HÌNH PHƯƠNG TIỆN VI PHẠM

Thiếu tá Trần Quang Chinh, Phó Đội trưởng Đội CSGT Đường bộ số 6, Phòng CSGT Công an TP. Hà Nội thông tin, nhằm thực hiện kế hoạch tổng kiểm soát ô tô kinh doanh vận tải hành khách, Đội CSGT Đường bộ số 6 đã ra quân kiểm soát và xử lý

các trường hợp vi phạm trên đường Phạm Hùng, tuyến Vành đai 3. Lực lượng CSGT tập trung vào các lỗi vi phạm về việc đón, trả khách sai quy định, ô tô khách đi không đúng tốc độ (đi kiểu rùa bò), vi phạm nồng độ cồn, tốc độ... "Đơn vị thành lập nhiều tổ công tác tiến hành tuần tra kiểm soát lưu động, cắm chốt xử lý đối với những ô tô khách vi phạm dừng, đỗ, đón, trả khách; ghi hình xử lý đối với các xe khách chạy rùa bò, đón, trả khách trước cổng Bến xe Mỹ Đình", Thiếu tá Chinh cho biết và thông tin thêm, từ ngày 15/8 đến ngày 7/9, đơn vị đã xử phạt 280 trường hợp ô tô khách vi phạm, trong đó tập trung vào các hành vi vi phạm như: Dừng, đỗ sai qui định; chở quá người; đi dưới tốc độ tối thiểu; đón, trả khách sai qui định...

Còn theo Đại tá Phan Ngọc Truyền, Trưởng phòng CSGT Công an TP. Đà Nẵng, sau gần 1 tháng cao điểm, lực lượng CSGT TP. Đà Nẵng đã phát hiện, lập biên bản 413 ô tô khách vi phạm trật tự ATGT. "Trong 1 tháng ra quân cao điểm tổng kiểm soát xe khách, container theo chỉ đạo của Bộ Công an, các lực lượng, đơn vị tập trung xử lý vi phạm, lập lại trật tự kỷ cương về giao thông đối với xe khách, xe container, góp phần kéo giảm TNGT trên địa bàn. Trong đó, TNGT liên quan đến xe khách không xảy ra, TNGT liên quan đến container xảy ra 1 vụ ít nghiêm trọng", Đại tá Phan Ngọc Truyền nói và thông tin thêm, hiện nay một số đoạn tuyến quốc lộ qua địa bàn Đà Nẵng có lưu lượng phương tiện giao thông rất lớn, nhất là vào giờ cao điểm, trong khi đó kết cấu hạ tầng còn hạn chế, đường hẹp, giao thông hỗn hợp, không có vỉa hè nên việc dừng phương tiện có nguy cơ dẫn đến các va chạm giao thông.

Lực lượng CSGT, Cảnh sát hình sự, Cảnh sát cơ động Công an tỉnh Lào Cai cắm chốt trên QL4D kiểm tra ô tô chở khách đi khu du lịch Sa Pa

Trao đổi với PV Tạp chí GTVT, đại diện Cục CSGT (Bộ Công an) cho hay, theo kế hoạch tổng kiểm soát ô tô kinh doanh vận tải hành khách trên toàn quốc, từ ngày 15/8 - 15/10, công an các đơn vị, địa phương đồng loạt ra quân tuần tra, kiểm soát, xử lý các vi phạm. Lực lượng CSGT thực hiện tuần tra kiểm soát, xử lý vi phạm xe ô tô kinh doanh vận tải hành khách bao gồm: Xe đưa đón học sinh, công nhân, xe hợp đồng chở khách, xe buýt.

Qua nghiên cứu, lực lượng chức năng nắm chắc thời gian, địa điểm, hành vi các phương tiện thường xuyên vi phạm để xây dựng kế hoạch, tập trung kiểm soát, xử lý có hiệu quả, trọng tâm, trọng điểm. Các hành vi vi phạm được tập trung xử lý như: Vi phạm về quy tắc giao thông và điều kiện của người điều khiển phương tiện; nồng độ cồn, ma túy; xe hết niên hạn sử dụng, quá hạn kiểm định, quá khổ, quá tải; vi phạm phần đường, làn đường; chạy xe vào làn đường khẩn cấp của đường cao tốc; dừng, đỗ, đón, trả khách không đúng nơi quy định; chở quá số người quy định... Các hành vi vi phạm về hoạt động vận tải đường bộ như: Chở quá số người quy định; lệnh vận chuyển, tuyến đường, lịch trình, hành trình vận tải; hợp đồng vận chuyển, danh sách hành khách; lắp camera giám sát và thiết bị giám sát hành trình trên xe ô tô kinh doanh vận tải; phù hiệu, thời gian điều khiển phương tiện...

Đại diện Cục CSGT thông tin, kết quả trong 15 ngày tổng kiểm soát (từ ngày 15 - 29/8), tình hình TNGT liên quan đến xe ô tô kinh doanh vận tải hành khách và xe ô tô vận tải hàng hóa bằng container giảm cả ba tiêu chí. Lực lượng CSGT đã phát hiện, xử lý trên 22 nghìn trường hợp vi phạm. Trong đó, qua đợt tổng kiểm soát xe ô tô kinh doanh vận tải hành khách, lực lượng CSGT toàn quốc đã phát hiện 16.526 xe ô tô khách vi phạm các loại, trong đó chở quá số người quy định 3.209 trường hợp ❑

Có một tuyến vận tải container đường thủy kiểu mẫu đang hình thành ở phía Bắc

Tạo thuận lợi kết nối cảng thủy với cảng biển sẽ giúp thúc đẩy vận tải thủy bằng container

HUY LỘC

Tuyến vận tải thủy container Hải Phòng - Bắc Ninh đang được xây dựng thành tuyến kiểu mẫu, mục tiêu đảm nhận 10% sản lượng container khu vực phía Bắc và hiện thực hóa quy hoạch kết cấu hạ tầng đường thủy giai đoạn đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

TẬN DỤNG LỢI THẾ, KHAI THÁC TỐT NHẤT TIỀM NĂNG

Cuối năm 2021, cảng thủy nội địa Tân Cảng Quế Võ đi vào hoạt động và là cảng container thứ 3 trên sông Đuống (địa phận tỉnh Bắc Ninh) nhằm khai thác thị trường vận tải trung chuyển container từ các khu công nghiệp, nhà máy từ Bắc Ninh và khu vực lân cận đến cảng biển khu vực Hải Phòng. Trên hành trình Hải Phòng - Bắc Ninh - Hà Nội - Phú Thọ, đến nay ngoài 3 cảng container tại Bắc Ninh thì chỉ có một cảng container khác trên sông Lô tại TP. Việt Trì, tỉnh Phú Thọ. Điều đặc biệt của cảng thủy Tân Cảng Quế Võ là sau hơn 2 năm hoạt động, thời điểm cuối tháng 3/2023, cảng thủy này được công bố là cảng cạn ICD, với thủ tục hải quan xuất nhập khẩu hàng hóa tại chỗ.

Ông Đỗ Văn Tấn, Trưởng Văn phòng đại diện Tổng công ty Tân Cảng Sài Gòn tại Hải Phòng cho biết, trong năm đầu hoạt động, sản lượng vận chuyển container từ khu vực cảng biển Hải Phòng đến cảng Tân Cảng Quế Võ đạt khoảng 500 Teus và đến năm nay dự kiến tăng hơn 10 lần, ở mức 48.000 - 50.000 Teus.

"Bắc Ninh và khu vực lân cận có tiềm năng lớn cho tuyến vận tải container bằng đường thủy Hải Phòng - Bắc Ninh, tuy nhiên không phải một sớm một chiều để tạo sự dịch chuyển mạnh mẽ từ vận tải đường bộ sang đường thủy, bởi những yếu tố thị trường và thói quen khách hàng. Để tuyến vận tải

thủy trên khai thác tốt nhất lợi thế của vận tải xanh, ngoài sự nỗ lực của doanh nghiệp thì cần có những giải pháp đầu tư, phát triển bền vững từ cơ quan quản lý", ông Tấn nói và chia sẻ thêm về lợi ích thực tế của vận tải thủy: "Trên tuyến Hải Phòng - Bắc Ninh, một xe ô tô chỉ chở được một container, mỗi ngày chỉ chạy được 1 - 2 lượt, còn khi vận chuyển bằng đường thủy chỉ cần 3 - 4 nhân lực để vận hành một sà lan chở đến 100 container, với thời gian cả xếp dỡ khoảng 14 tiếng. Vận tải container bằng đường thủy nhiều thời gian hơn nhưng chi phí rẻ hơn, còn mang lại lợi ích xã hội như tiết kiệm nhiên liệu, bảo vệ môi trường, giảm áp lực lên giao thông đường bộ...".

Ông Lê Minh Đạo, Phó Cục trưởng Cục Đường thủy nội địa (ĐTNĐ) Việt Nam bày tỏ, vận tải container bằng đường thủy ở phía Bắc có tiềm năng lớn như phía Nam, song cần sự thay đổi để đạt được kết quả tốt hơn.

"Hàng hóa vận chuyển bằng ĐTNĐ về cảng biển Hải Phòng và TP. Hồ Chí Minh chiếm 15 - 20% tổng lượng hàng thông qua cảng; khoảng 60 - 70% hàng hóa thông qua các cảng biển là hàng container. Tuy nhiên, chỉ khoảng 1,8% container thông qua cảng biển Hải Phòng vận chuyển bằng đường thủy, tức là cứ 100 container chỉ có chưa đến 2 container đi bằng đường thủy. Trong khi đó, tỷ lệ này ở cảng biển TP. Hồ Chí Minh là 10 - 11%, còn cảng biển Bà Rịa - Vũng Tàu rất tốt, đạt tới 72%", nghiên cứu của Cục ĐTNĐ Việt Nam chỉ rõ.

"Tại khu vực phía Bắc, tuyến Hải Phòng - Bắc Ninh có lợi thế nhất để lựa chọn thúc đẩy khai thác tốt nhất vận tải thủy bằng container thông qua cảng biển Hải Phòng. Mục tiêu là tăng tỷ lệ vận chuyển container bằng đường thủy từ 1,8% hiện nay lên mức 10% trở lên. Để hiện thực hóa mục tiêu trên, Cục ĐTNĐ Việt Nam đang khẩn trương hoàn thiện, trình Bộ GTVT phê duyệt Đề án "Nâng cao năng lực vận tải container trên tuyến ĐTNĐ Bắc Ninh - Hải Phòng", ông Đạo cho biết lý do chọn tuyến trên để ưu tiên thúc đẩy vận tải container.

Theo Cục ĐTNĐ Việt Nam, giá vận tải đường bộ container tuyến Hải Phòng - Bắc Ninh (115 km) năm 2021 - 2022 khoảng 4,2 triệu đồng/TEU, còn đường thủy khoảng 2 triệu đồng/TEU. Nếu tính tổng chi phí liên quan, sà lan chở 70 TEUS ở mức hòa vốn và tiết kiệm khoảng 112 triệu đồng so với đường bộ; chở 120 TEUS (tối đa) tiết kiệm khoảng 192 triệu đồng.

Với tỷ lệ phương tiện thủy tuyến Hải Phòng - Bắc Ninh đảm nhận 1,8% container thông qua cảng Hải Phòng như hiện nay tương ứng tiết kiệm khoảng hơn 1,497 tỷ đồng so với chi phí đường bộ. Nếu tỷ lệ đảm nhận tăng lên 10% thì tiết kiệm so với đường bộ khoảng 72 tỷ đồng/năm, đồng thời giảm phát thải ra môi trường so với đường bộ từ việc không đưa vào sử dụng khoảng 13,5 triệu lít diesel/năm.

5 GIẢI PHÁP TẠO THUẬN LỢI VẬN TẢI

Ông Tạ Văn Thanh, Chánh Văn phòng Cục ĐTNĐ Việt Nam, nguyên Phó phòng Vận tải - ATGT chia sẻ, tuyến đường thủy trên tương đương 115 km đường bộ và đang có các thuận lợi là hai đầu tuyến đã được đầu tư, bố trí đầy đủ cơ sở hạ tầng cảng biển, cảng thủy và kết nối với các tuyến quốc lộ, đường cao tốc.

Tuy nhiên, hạn chế là cảng biển khu vực Hải Phòng có 16 bến cảng thì chỉ có cảng Lạch Huyện có bến chuyên dụng cho phương tiện thủy cập làm hàng. Ngoài ra, chỉ trong hệ thống cảng Tân Cảng mới có 1 bến và 1 cẩu bờ có thể dành riêng để tiếp nhận phương tiện.

"Phương tiện thủy chở container khi vào làm hàng ở cảng biển luôn trong tình trạng không được ưu tiên, ngay cả khi đang bốc xếp hàng dở dang mà có tàu biển vào cũng phải dời đi, gây bất lợi và mất nhiều thời gian cho phương tiện vận tải thủy. Mặt khác, phương tiện thủy chở container đến cảng biển ở Hải Phòng không được đưa lên cảng (như ở cảng biển TP. Hồ Chí Minh) mà phải chuyển ra Depot của hãng tàu nằm sâu trong khu vực gần đó, sau đó mới chuyển lại để đưa lên tàu gây mất thời gian và chi phí vận chuyển", đại diện Cục ĐTNĐ Việt Nam và doanh nghiệp khai thác vận tải thủy thông tin.

Trong khi, tính từ luồng đường thủy vào cảng thủy bị hạn chế bởi luồng tuyến không được ưu tiên đầu tư nạo vét, tĩnh không cầu hạn chế, thủ tục cho phương tiện, hàng hóa theo cách thủ công, một số lực lượng chức năng cùng kiểm tra, kiểm soát một phương tiện trên cùng một hành trình...

Về giải pháp thúc đẩy vận tải container và xây dựng tuyến mẫu, đại diện Cục ĐTNĐ Việt Nam cho biết, Đề án đề xuất thực hiện đồng bộ các giải pháp về lộ trình đầu tư cải thiện hạ tầng luồng tuyến (lộ trình, cơ chế nhằm hạn chế việc hãng tàu lập Depot để tạo thuận lợi cho phương tiện thủy bốc dỡ hàng tại cảng biển; tăng cường sự hợp tác giữa các doanh nghiệp để tận dụng nguồn lực của nhau; chuyển đổi số và điện tử hóa thủ tục liên quan đến phương tiện vào/rời cảng bến; chính sách ưu đãi cho doanh nghiệp...

"Như giải pháp về cải thiện hạ tầng đường thủy, cần ưu tiên nạo vét hằng năm hoặc định kỳ các khu vực cạn trên luồng thay vì vài năm một lần như hiện nay, cũng như có lộ trình để nâng cầu trên tuyến có tĩnh không hạn chế. Chính sách hỗ trợ doanh nghiệp cũng cần sửa đổi để phù hợp thực tế. Chẳng hạn như, để được hưởng ưu đãi thì hiện áp dụng với dự án có tổng vốn đầu tư từ 3.000 tỷ đồng trở lên, tuy nhiên cảng thủy nội địa đón tàu khoảng 20.000 tấn nếu chưa tính giá trị bất động sản thì mức đầu tư chỉ vào khoảng 300 - 400 tỷ đồng, điều này đồng nghĩa với việc khó đáp ứng điều kiện về tổng mức đầu tư để được hưởng ưu đãi", theo Cục ĐTNĐ Việt Nam ❑

Còn vướng thủ tục gây phiền hà, tốn kém khi cấp biển số xe định danh

HẢI THANH

Thời gian qua, từ khóa "biển số định danh" được tìm kiếm rất nhiều trên Internet và đây cũng là vấn đề được người dân đặc biệt quan tâm. Việc chuyển từ "biển số theo xe" sang "biển số theo người" được kỳ vọng sẽ là một cuộc cách mạng trong quản lý biển số xe, phù hợp với công cuộc chuyển đổi số hiện nay. Tuy nhiên, còn đó những băn khoăn, bất cập trong triển khai thực hiện.

CHỦ TRƯƠNG ĐÚNG NHƯNG THỰC HIỆN CÒN LÚNG TÚNG

Theo Thông tư số 24/2023/TT-BCA của Bộ Công an quy định về cấp, thu hồi đăng ký, biển số xe cơ giới thì biển số định danh được hiểu là biển số được cấp, quản lý theo mã định danh của chủ xe. Với chủ xe là công dân Việt Nam, người nước ngoài hay là cơ quan, tổ chức thì sẽ được quản lý theo mã định danh tương ứng. Như vậy, sự ra đời của biển số định danh không làm thay đổi số trên biển số xe của cá nhân, tổ chức mà sự thay đổi ở đây là về phương thức quản lý biển số xe, giúp công tác quản lý nhà nước hiệu quả hơn. Đại tá Nguyễn Quang Nhật, Trưởng phòng Hướng dẫn tuyên truyền, điều tra giải quyết TNGT, Cục CSGT, Bộ Công an cho biết, quản lý biển số định danh là thay đổi biện pháp quản lý để đáp ứng, phù hợp với công cuộc chuyển đổi số hiện nay, đồng thời phù hợp với việc triển khai thực hiện Đề án 06 có liên quan đến Cơ sở dữ liệu Quốc gia về dân cư.

Đây là chủ trương hoàn toàn đúng đắn, phù hợp với thực tiễn, nhưng dường như quá trình áp dụng còn có sự lúng túng, thiếu bài bản, gây tâm lý lo lắng cho không ít người dân và các cơ sở kinh doanh xe máy, ô tô cũ.

Theo quy định của Thông tư 24, biển 5 số sẽ mặc định là biển số định danh, như vậy biển định danh không áp dụng với biển 3 hoặc 4 số. Về vấn đề này, theo TS. Cao Vũ Minh, Trường Đại học Kinh tế - Luật (Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh), với việc xe có biển số 3 hoặc 4 số thì vẫn lưu thông bình thường dẫn đến bài toán quản lý những loại xe này như thế nào. Đặc biệt, những loại xe này tuy số lượng không lớn nhưng phần đa là xe cũ, thường dùng để vận chuyển hàng hóa cồng kềnh, gây mất ATGT và mỹ quan đô thị. Như vậy, với loại phương tiện dễ gây tai nạn này thì hiện lại đang nằm ngoài vòng quản lý định danh.

Tại Hà Nội, những ngày đầu triển khai định danh biển số xe đã xảy ra tình trạng nghẽn mạng, hệ thống không cập nhật kịp. Trước khi đến trụ sở công an phường sở tại để đăng ký định danh biển số xe, anh Nguyễn Trường B. (trú tại quận Đống Đa, TP. Hà Nội) đã vào Cổng dịch vụ công để kê khai thông tin, hoàn thiện các thủ tục để nhận mã hồ sơ đăng ký xe trực tuyến. Đến bước cuối cùng giải quyết hồ sơ để thực hiện bấm biển thì hệ thống trực tuyến báo quá tải, không thể thực hiện được. Quá tải cũng là hiện tượng mà nhiều nhân viên làm việc tại showroom ô tô gặp phải khi làm thủ tục cấp biển số định danh cho khách hàng mua ô tô mới. Cụ thể, Cổng dịch vụ công thông báo hồ sơ đã được cập nhật lên hệ thống nhưng sau đó cán bộ của cơ sở đăng ký thông báo không nhận được dữ liệu nên không thể bấm biển.

"Trước đây, để làm thủ tục sang tên đổi chủ xe máy, tôi mất 2 ngày để hoàn thiện giấy tờ, từ khi Thông tư 24 có hiệu lực tôi phải mất khoảng 5 ngày mới xong", anh K. - người vừa hoàn thiện thủ tục chuyển đổi cho biết. Đó là khi mọi việc suôn sẻ, còn nếu hệ thống báo lỗi hoặc quá tải thì nhiều người phải chờ đợi không biết đến bao giờ bởi cơ quan chức năng chỉ giải quyết được khi nào hệ thống "thông".

Theo Thông tư 24, khi chủ cũ ra cơ quan chức năng để thu hồi biển thì phải tới phòng công chứng. Trường hợp chủ cũ đã lập gia đình thì hai vợ chồng phải cùng đến cơ quan công chứng và tiến hành các thủ tục

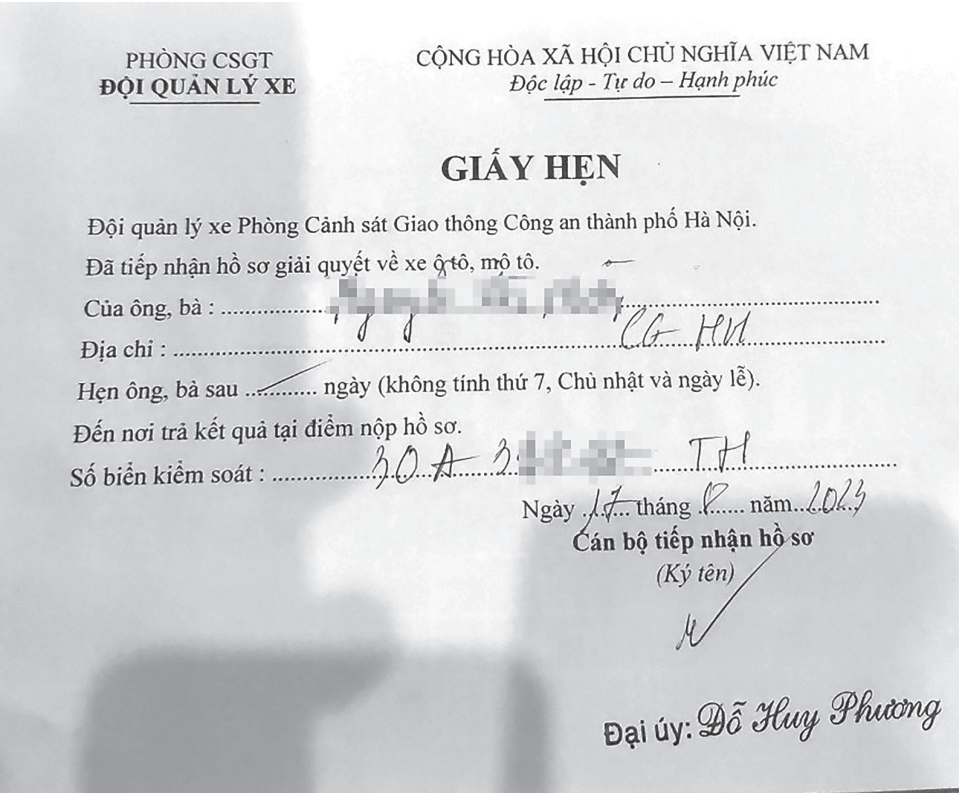
kê khai. Chính quy định này đã gây rất nhiều phiền hà, tâm lý mệt mỏi cho cả người mua và người bán xe.

Theo ghi nhận, trước kia, phần đa giữa người mua và người bán chỉ làm hợp đồng ủy quyền. Đến khi làm thủ tục sang tên đổi chủ, ngoài người mua thì bắt buộc chủ xe mới cũng phải có mặt tại cơ sở đăng ký xe. Tuy nhiên, phần lớn giữa người mua và người bán không còn giữ liên lạc. Ngay cả nhiều chủ showroom ô tô thì việc tìm được chủ cũ của xe để thực hiện việc sang tên đổi chủ cũng muôn vàn khó khăn, từ lý do không liên lạc được cho đến việc chủ cũ không có thái độ hợp tác. Về việc này, nhiều người mua cũng không dám trách chủ xe cũ bởi xe đã bán rồi, nhận tiền rồi nên có đến làm thủ tục hay không là quyền của họ.

CẦN KHẮC PHỤC KỊP THỜI

Theo quy định, vướng mắc sang tên đổi chủ trên không phải là không có cách tháo gỡ, tuy nhiên người mua phải chịu xử phạt về hành vi không làm thủ tục thu hồi và giải quyết đăng ký sang tên theo xe. Cụ thể, nếu xe đã chuyển quyền sở hữu qua nhiều người nhưng thiếu hoặc không có giấy tờ chuyển quyền sở hữu thì người đang sở hữu xe cần đến cơ quan đang quản lý hồ sơ đăng ký xe để làm thủ tục thu hồi (nếu nơi quản lý hồ sơ cùng là nơi tạm trú, thường trú của mình thì không phải làm). Sau đó, người sở hữu xe mang xe đến cơ quan đăng ký xe nơi cư trú để làm thủ tục sang tên.

Nếu cơ quan đang quản lý hồ sơ xe cùng là cơ quan giải quyết đăng ký sang tên xe thì người đang sử dụng xe nộp chứng nhận đăng ký xe, biển số xe thay chứng nhận thu hồi đăng ký bị số xe. Nếu người đang sử dụng xe không có chứng từ chuyển quyền sở hữu xe của chủ xe và chứng từ chuyển quyền sở hữu xe của người bán cuối cùng thì công an sẽ gửi thông báo cho chủ xe và cơ quan đã đăng ký cho xe đó; niêm yết công khai về việc tiếp nhận hồ sơ đề nghị này tại trụ sở cơ quan đăng ký xe; tra cứu, xác minh tàng thư xe mất cắp và dữ liệu đăng ký xe.



PHÒNG CSGT
ĐỘI QUẢN LÝ XE

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do – Hạnh phúc

GIẤY HẸN

Đội quản lý xe Phòng Cảnh sát Giao thông Công an thành phố Hà Nội.

Đã tiếp nhận hồ sơ giải quyết về xe ô tô, mô tô.

Của ông, bà : [redacted] CG HN

Địa chỉ : [redacted]

Hẹn ông, bà sau ..... ngày (không tính thứ 7, Chủ nhật và ngày lễ).

Đến nơi trả kết quả tại điểm nộp hồ sơ.

Số biển kiểm soát : 30A-2[redacted] TH

Ngày 17 tháng 8 năm 2023

Cán bộ tiếp nhận hồ sơ

(Ký tên)

Đại úy: Đỗ Huy Phương

Người dân đến làm thủ tục sang tên chuyển chủ biển số định danh ở Hà Nội không biết "thế nào mà lần" với giấy hẹn kiểu này!

Sau 30 ngày nếu không có tranh chấp, khiếu kiện, cơ quan đăng ký xe ra quyết định xử phạt về hành vi không làm thủ tục thu hồi và giải quyết đăng ký sang tên xe theo quy định.

Dưới góc nhìn của TS. Cao Vũ Minh, hiện nay, việc làm biển số xe giả gây không ít phiền toái cho lực lượng chức năng. Trước kia, "biển số theo xe" nên khi xe bị làm biển số giả thì chủ xe không mấy bị ảnh hưởng. Tuy nhiên, với quy định "biển số theo người" khi áp dụng định danh thì chủ xe thật sự có thể sẽ gặp nhiều phức tạp hơn trong việc trình diện và thực hiện công tác điều tra ban đầu đối với cơ quan chức năng, gây mất thời gian cho chủ phương tiện. "Biển số định danh vẫn còn những vướng mắc hiện hữu, vì vậy việc nhìn nhận và đưa ra giải pháp khắc phục sớm là điều cần thiết", TS. Minh mong muốn.

Bên cạnh rắc rối về thủ tục, mất thời gian cấp đổi, thu hồi, người dân còn phải tốn kém thêm chi phí. Ghi nhận của PV tại điểm đăng ký xe trên đường Láng, nhiều người đến làm thủ tục cấp đổi phải hoàn thiện 2 bộ hồ sơ, trong đó có 2 bộ cà số khung, số máy của phương tiện. Anh Lê Đình Quí (trú tại quận Cầu Giấy, TP. Hà Nội) đi làm thủ tục sang tên chuyển chủ cho chiếc xe vừa chuyển nhượng cho biết, phải bỏ ra 400.000 đồng thuê người trước cổng điểm đăng ký xe của công an để cà 2 bộ số khung, số máy. "Giá như công an hỗ trợ người dân hoặc tổ chức người cà số khung, số máy thì em không bị "chặt đẹp" như thế này", anh Quí than thở.

Tình trạng này nếu kéo dài sẽ gây bất tiện không những cho người dân về thời gian, công sức mà còn cho cả lực lượng công an khi phải giải quyết khối lượng công việc lớn, cộng thêm những trục trặc về phần mềm, máy móc, rồi phải giải đáp thắc mắc, hướng dẫn người dân các bước thực hiện... Thiết nghĩ, trước khi áp dụng chính thức Thông tư 24 cần có có phương thức tuyên truyền, hướng dẫn cụ thể hơn, rõ ràng hơn, trực tiếp hơn để người dân từng bước tiếp cận và nắm rõ được quy định để thực hiện cho đúng và hiệu quả, tránh xảy ra những bất cập không đáng có như thời gian vừa qua ❑

Ứng dụng phụ gia Rwelast@E cải thiện đặc tính kỹ thuật của vật liệu bê tông nhựa mặt đường

■ **TS. NGUYỄN PHƯỚC MINH**
Phân hiệu tại TP. Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: npminh@utc2.edu.vn

TÓM TẮT: Cải thiện đặc tính kỹ thuật của vật liệu bê tông nhựa (BTN) mặt đường là yêu cầu rất cần thiết trong quá trình thiết kế, sản xuất, chế tạo BTN, cũng như tạo điều kiện thi công thuận lợi nhằm đem đến sản phẩm mặt đường sau khi hoàn thành có chất lượng kỹ thuật cao, trong đó chống được các hư hỏng thường xuyên hay gặp như vệt hằn lún, nứt, bong tróc... trong suốt quá trình khai thác. Nhiệm vụ quan trọng là làm sao đưa loại phụ gia phù hợp cải thiện được các đặc tính kỹ thuật yêu cầu của BTN trong điều kiện khí hậu nóng ẩm của Việt Nam. Đây chính là nguyên nhân gây hư hỏng gián tiếp hay trực tiếp, đồng thời chi phí thành phẩm vật liệu BTN không tăng lên đáng kể. Bài báo giới thiệu phụ gia Rwelast@E từ Tập đoàn Roadway Solutions của Pháp. Đây là loại phụ gia cải thiện được chất lượng BTN. Phụ gia Rwelast@ với thành phần chủ yếu là nhựa đường được cải tiến bằng chất đàn hồi (elastomer) SBS (Styrene-Butadiene-Styrene) kết hợp với một số hợp chất khác bằng công nghệ chuyên biệt với nhiều ưu điểm.

TỪ KHÓA: Bê tông nhựa, phụ gia bê tông nhựa.

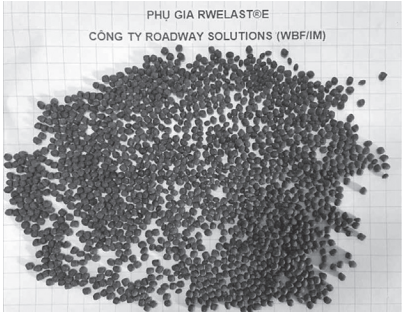
ABSTRACT: Improving the technical characteristics of asphalt concrete road surface materials is a very necessary requirement in the process of designing, manufacturing and manufacturing BTN, as well as creating favourable construction conditions to bring high technical quality road surface products after completion, which prevents frequent damage such as rutting, cracking, stripping... during the mining process. The important task is to bring the right additive to improve the technical characteristics required of BTN in the hot and humid climate of Vietnam; this is the cause of indirect or direct damage, and the cost of finished BTN materials has not increased significantly. The article introduces Rwelast@E additives from French - Roadway Solutions. This is an additive that improves BTN quality. Additives Rwelast@E mainly asphalt improved by elastomer SBS (Styrene-Butadiene-Styrene) combined with a number of other compounds using specialized technology with many advantages.

KEYWORDS: Asphalt Concrete, asphalt additives.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 1454/QĐ-TTg, ngày 01/9/2021 phê duyệt Quy hoạch phát triển mạng lưới đường bộ thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050. Trong đó, qui hoạch hệ thống cao tốc, trục dọc Bắc - Nam: Tuyến cao tốc Bắc - Nam phía Đông, chiều dài khoảng 2.063 km; tuyến cao tốc Bắc - Nam phía Tây, chiều dài khoảng 1.205 km; khu vực phía Bắc gồm 14 tuyến, chiều dài khoảng 2.305 km; miền Trung và Tây Nguyên gồm 10 tuyến, chiều dài khoảng 1.431 km; phía Nam gồm 10 tuyến, chiều dài khoảng 1.290 km; vành đai đô thị Thủ đô Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh: Vành đai đô thị Hà Nội gồm 3 tuyến, chiều dài khoảng 429 km; vành đai đô thị TP. Hồ Chí Minh gồm 2 tuyến, chiều dài khoảng 291 km. Hệ thống quốc lộ, trục dọc Bắc - Nam QL1, đường Hồ Chí Minh, khu vực phía Bắc, phía Nam, miền Trung, cần xây dựng thêm khoảng 33.000 km, mới đáp ứng nhu cầu đi lại, vận chuyển hàng hóa, phục vụ an ninh - quốc phòng.

Vật liệu lớp mặt đường chủ yếu là vật liệu BTN, yêu cầu cải thiện chất lượng vật liệu BTN hay nâng cao đặc tính kỹ thuật của nó là yêu cầu rất cần thiết nhằm đảm bảo chất lượng khai thác theo thời gian và là mục tiêu nghiên cứu của các chuyên gia trong ngành. Việc sử dụng phụ gia cho BTN đang là hướng đi tích cực.



Hình 1.1: Phụ gia RWelast®E do Công ty Roadway Solutions cung cấp

Tại Việt Nam có các phụ gia phổ biến để nâng cao chất lượng nhựa đường đã được sử dụng là SBS (Styrene-Butadiene-Styrene), SBR (Styrene Butadiene Rubber), EVA (Ethyl Vinyl Acetate) và polyethylene; SBS, TPP, Cerachip.

Phụ gia Rwelast®E xuất xứ từ Pháp là phụ gia được dùng để cải thiện chất lượng BTN, có khả năng tăng kháng hằn, kháng mỏi và chống các biến dạng vì nhiệt cho BTN; giảm độ nhạy cảm với nước cho BTN; tăng khả năng dính bám giữa cốt liệu và nhựa đường.

Phụ gia RWelast®E được đóng thành các gói nên có ưu

thế cho việc bảo quản và vận chuyển; có thể sử dụng trộn trực tiếp với cốt liệu trong quá trình sản xuất BTN tại trạm trộn; phụ gia RWelast®E đã được sử dụng ở Toulouse (Pháp), Guy-an (Pháp) và Các Tiểu vương quốc Ả rập Thống nhất.

2. MỤC TIÊU VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

2.1. Mục tiêu

Đánh giá đặc tính cơ học của BTN khi sử dụng nhựa 60/70 và phụ gia Rwelast®E kết hợp. Thực nghiệm sử dụng 2 hỗn hợp có cùng cấp phối (thành phần hạt và hàm lượng nhựa tối ưu) được thiết kế theo TCVN 13567-1-2022:

- Hỗn hợp BTN chặt 16 thông thường (ký hiệu BTNC);
- Hỗn hợp BTN chặt 16 thay thế 11% hàm lượng nhựa (theo khối lượng) bằng phụ gia RWelast®E (ký hiệu BTNC-R).

2.2. Kết quả nghiên cứu

Đặc tính cơ học của hai hỗn hợp BTNC và BTNC-R được so sánh thông qua các thí nghiệm:

- Thí nghiệm xác định: Độ ổn định, độ dẻo Marshall và độ ổn định còn lại của BTN;
- Thí nghiệm xác định tỷ lệ độ bền kéo (Tensile Strength Ratio - TSR) thông qua thí nghiệm kéo gián tiếp (thí nghiệm ép chẻ);
- Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo uốn ở 15^{0}C;
- Thí nghiệm xác định chiều sâu vệt bánh xe bằng thiết bị Humburg wheel-tracking.

3. TRÌNH TỰ THỰC NGHIỆM NGHIÊN CỨU

3.1. Đề xuất vật liệu đầu vào [3, 4, 5]

Cốt liệu các cỡ: Được lấy từ mỏ Transmeco, Hà Nam. Chỉ tiêu kỹ thuật yêu cầu của các thành phần cốt liệu trong hỗn hợp đã được kiểm tra;

- Nhựa đường: Nhựa 60/70 (Simosa, Đài Loan) do Công ty CP Thương mại và Xuất nhập khẩu Vật tư giao thông (Tratimex) cung cấp;
- Bột khoáng: Bột khoáng Hà Nam;
- Phụ gia: Phụ gia RWelast®E do Công ty Roadway Solutions cung cấp.

Hình 3.1: Chế bị mẫu nhựa

Hình 3.2: Chế bị mẫu cốt liệu

3.2. Chế bị mẫu BTN sử dụng phụ gia R Welast®E trong phòng thí nghiệm [6, 7]

- Chuẩn bị cốt liệu, nhựa 60/70, bột khoáng và phụ gia với khối lượng theo từng mẻ trộn:

+ Sấy nóng cốt liệu để khi bắt đầu trộn nhiệt độ cốt liệu đảm bảo 180^{0}C + 190^{0}C;

+ Sấy nóng nhựa 60/70 để khi bắt đầu trộn nhiệt độ cốt liệu đảm bảo 150^{0}C + 160^{0}C;

+ Không được sấy/gia nhiệt phụ gia RWelast (bột khoáng có thể sấy nóng để đảm bảo nhiệt độ chung của hỗn hợp sau trộn);

- Tiến hành trộn mẫu:

+ Trộn cốt liệu và bột khoáng khoảng 15s trong cối trộn;

+ Cho thêm phụ gia RWelast vào cùng và trộn trong khoảng 45s;

+ Tiếp tục trộn với nhựa 60/70 cho đến khi hỗn hợp BTN đạt độ đồng đều thì dừng lại;

+ Hỗn hợp BTN sau khi trộn xong được cho vào tủ sấy và đảm bảo nhiệt độ để tiếp tục chế bị phục vụ các thí nghiệm theo đề cương.

Bảng 3.1. Số liệu đầu vào của bi-tum

STT	Các chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Yêu cầu kỹ thuật
I	**Nhựa 60/70 - Simosa (Đài Loan)**			
1	Độ kim lún ở 25^{0}C	0,1mm	64	60 - 70
2	Chỉ số độ kim lún PI		-0,94	-1,5 ÷ 1,0
3	Điểm hóa mềm (Phương pháp vòng và bi)	^{0}C	48,1	> 46
4	Độ nhớt động lực ở 60^{0}C	Pa.s	236,34	> 180
5	Độ kéo dài ở 25^{0}C với 5cm/phút	cm	> 100	> 100
6	Hàm lượng Paraphin	%	1,274	< 2,2
7	Điểm chớp cháy bằng thiết bị thử cốc hở Cleveland	^{0}C	308	> 232
8	Lượng hòa tan trong Trichloroethylene	%	99,92	> 99
9	Khối lượng riêng ở 25^{0}C	g/cm^3	1,033	1,00 : 1,05
10	Độ dính bám với đá	Cấp	Cấp 3	> Cấp 3
11	*Các chỉ tiêu thí nghiệm trên mẫu nhựa sau thí nghiệm lò quay màng mỏng - TFOT*			
	Lượng tổn thất sau khi đun nóng ở 163^{0}C trong 5h	%	0,108	< 0,8
	Tỷ lệ độ kim lún còn lại sau khi đun nóng ở 163^{0}C trong 5h so với độ kim lún ban đầu ở 25^{0}C	%	77,94	> 54
	Độ kéo dài ở 25^{0}C với 5cm/phút	cm	> 100	> 50

Bảng 3.2. Số liệu đầu vào cốt liệu 5 - 19 mm

IV	Đá dăm (Mỏ đá Transmeco, Hà Nam)			
	Đá dăm cỡ hạt 10x19mm			
12	Độ hao mòn khi va đập trong máy Los Angeles	%	16,57	< 28
13	Hàm lượng hạt thoi dẹt (tỷ lệ 1/3)	%	3,27	< 15
14	Hàm lượng chung bụi, bùn, sét	%	0,586	< 02
15	Hàm lượng hạt mềm yếu, phong hóa	%	0	< 03
16	Hàm lượng sét cục	%	0	< 0,25
17	Độ dính bám giữa đá với nhựa	Cấp	Cấp 3	> Cấp 3
18	Tỷ trọng khối (Gsb)		2,802	-
19	Tỷ trọng khối của mẫu bão hòa khô bề mặt (Gssb)		2,814	-
20	Tỷ trọng biểu kiến (Gsa)		2,836	-
21	Khả năng hấp phụ	%	0,427	-
	Đá dăm cỡ hạt 5x10mm			
22	Độ hao mòn khi va đập trong máy Los Angeles	%	17,05	< 28
23	Hàm lượng hạt thoi dẹt (tỷ lệ 1/3)	%	5,93	< 15
24	Hàm lượng chung bụi, bùn, sét	%	0,634	< 02
25	Hàm lượng hạt mềm yếu, phong hóa	%	0	< 03
26	Hàm lượng sét cục	%	0	< 0,25
27	Độ dính bám giữa đá với nhựa	Cấp	Cấp 3	> Cấp 3
28	Tỷ trọng khối (Gsb)		2,788	-
29	Tỷ trọng khối của mẫu bão hòa khô bề mặt (Gssb)		2,806	-
30	Tỷ trọng biểu kiến (Gsa)		2,84	-
31	Khả năng hấp phụ	%	0,655	-

- Tiến hành trộn mẫu:

+ Trộn cốt liệu và bột khoáng khoảng 15s trong cối trộn;

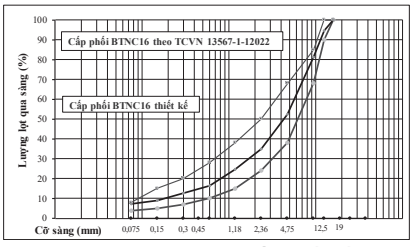
+ Cho thêm phụ gia RWelast vào cùng và trộn trong khoảng 45s;

+ Tiếp tục trộn với nhựa 60/70 cho đến khi hỗn hợp BTN đạt độ đồng đều thì dừng lại;

+ Hỗn hợp BTN sau khi trộn xong được cho vào tủ sấy và đảm bảo nhiệt độ để tiếp tục chế bị phục vụ các thí nghiệm theo đề cương.

3.3. Đề xuất cấp phối [1]

- Cấp phối được đưa vào thí nghiệm theo TCVN 13567-1-2022 là cấp phối BTNC16:



Cỡ sàng vuông (mm)	Cấp phối		
16	100	100	100
12,5	94,6	90	100
9,5	81,3	68	85
4,75	52,4	38	68
2,36	34,9	24	50
1,18	24,8	15	38
0,6	16,5	10	28
0,3	12,6	7	20
0,15	9	5	15
0,075	7,3	4	8

Hình 3.3: Đường cong cấp phối cốt liệu thiết kế và bảng số liệu

- Xác định hàm lượng nhựa tối ưu:

Bảng 3.3. Bảng tính tỉ trọng khối cho vật liệu thành phần hỗn hợp BTN

Stt	Cốt liệu	Tỷ trọng, G_i				Mẫu thí nghiệm (thành phần hỗn hợp, tính theo % khối lượng hỗn hợp BTN)					
		khối		biểu kiến		cốt liệu	4,2	4,7	5,3	5,8	6,4
1	Đá 5x16	G_1	2,721	G_{1a}	2,765	36	34,6	34,4	34,2	34,0	33,8
2	Đá 5x10	G_2	2,699	G_{2a}	2,768	42	40,3	40,1	39,9	39,7	39,5
3	Đá 0x5	G_3	2,684	G_{3a}	2,772	18	17,3	17,2	17,1	17,0	16,9
4	Bột khoáng	G_4	2,693	G_{4a}	2,693	4	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
5	Tổng cốt liệu	G_{kb}	2,704	G_{sa}	2,765	P_s	96,0	95,5	95,0	94,5	94,0
6	Nhựa đường	G_b	1,041			P_b	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
7	Tỷ trọng khối của tổng hỗn hợp cốt liệu (G_{kb})								2,704		
8	Tỷ trọng lớn nhất của BTN ở trạng thái rời(G_{mm})						2,563	2,544	2,525	2,506	2,487
9	Tỷ trọng khối của mẫu BTN đầm chặt (G_{mb})						2,359	2,393	2,416	2,428	2,437
10	Tỷ trọng có hiệu của hỗn hợp cốt liệu (G_{se})								2,729		
11	Lượng nhựa hấp phụ, % khối lượng hh cốt liệu (P_{ba})					%			0,35		

Bảng 3.4. Các chỉ tiêu kỹ thuật của BTN theo hàm lượng nhựa

Stt	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị	Hàm lượng nhựa (%)				
			4,2	4,7	5,3	5,8	6,4
12	Hàm lượng nhựa có hiệu (P_{be})	%	3,66	4,16	4,66	5,17	5,67
13	Độ rỗng cốt liệu	%	16,3	15,5	15,1	15,2	15,3
14	Độ rỗng dư	%	8,0	5,9	4,3	3,1	2,0
15	Độ rỗng lấp đầy	%	51,0	61,8	71,6	79,5	86,8
16	Độ ổn định	kN	8,8	10,7	12,0	11,7	11,0
17	Độ dẻo	mm	2,1	3,2	3,8	4,6	4,7

Căn cứ vào bảng tính và đồ thị mối quan hệ các chỉ tiêu kỹ thuật và hàm lượng nhựa thì: Hàm lượng nhựa tối ưu là 5,00% theo khối lượng cốt liệu và 4,8% theo khối lượng hỗn hợp.

4. THÍ NGHIỆM ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT BTN KHI ỨNG DỤNG PHỤ GIA RWELAST®E

4.1. Thí nghiệm độ bền kéo (TSR- Tensile Strength Ratio) cho 2 loại BTN [1, 2]

Chỉ số độ bền kéo (Tensile Strength Ratio - TSR) của BTN được xác định thông qua cường độ chịu kéo gián tiếp (Indirect Tensile Strength - ITS) hay cường độ chịu ép chẻ đối với tổ hợp mẫu được bảo quản trong điều kiện khô (mẫu ở trạng thái khô) và tổ hợp mẫu bảo quản có điều kiện (mẫu ở trạng thái ướt) theo hướng dẫn của Tiêu chuẩn AASHTO T283.

Hỗn hợp BTNC và hỗn hợp BTNC-R có sử dụng RWelast được trộn và đầm chặt Tiêu chuẩn sao cho đảm bảo các viên mẫu có độ rỗng dư trong khoảng 7±0,5%, mẫu được kích ra khỏi khuôn đúc sau 24±3 giờ ở nhiệt độ phòng;

- Đối với tổ hợp mẫu ở trạng thái khô:

Hình 4.1: Thí nghiệm độ bền kéo

Bọc màng nhựa sao cho kín mẫu, ngâm mẫu trong bể nước ở nhiệt độ 25±0,5^{0}C trong 2 giờ±10 phút (mặt trên của mẫu cách mặt nước tối thiểu 25 mm).

- Đối với tổ hợp mẫu bảo quản có điều kiện (mẫu ở trạng thái ướt):

Đặt mẫu trong bình chân không sao cho mẫu cách đáy bình tối thiểu 25 mm rồi đổ đầy bình với nước sạch ở nhiệt độ phòng sao cho mặt mẫu cách mặt nước ít nhất 25 mm. Hút chân không với áp suất tuyệt đối 13 - 67 kPa trong vòng 5 - 10 phút rồi bỏ mẫu ra và tiếp tục ngâm trong nước trong vòng 5 - 10 phút.

Độ bão hòa của mẫu được xác định theo công thức:

$$S = \frac{100 \times J}{V_a} (\%) \quad (1)$$

Trong đó:

Va - Độ rỗng dư (%);

J = B - A (cm^3), là thể tích nước hấp phụ;

B (g) - Khối lượng mẫu bão hòa và khô bề mặt sau khi bão hòa chân không từng phần (được xác định theo phương pháp A của AASHTO T166);

A (g) - Khối lượng mẫu khô trong không khí.

Khi các mẫu trong các tổ hợp mẫu kết thúc quá trình bảo quản, tiến hành xác định cường độ chịu kéo gián tiếp (S_T) với tốc độ gia tải 50 mm/phút theo công thức:

$$S_T = \frac{2000 \times P}{\pi \times t \times D} (kPa) \quad (2)$$

Trong đó:

P (N) - Lực nén lớn nhất khi nén mẫu đến phá hoại;

t (mm) - Chiều dày của mẫu;

D (mm) - Đường kính của mẫu.

Chỉ số độ bền kéo theo công thức: $TSR = \frac{S_T^2}{S_T^1} (\%)$ (3)

Trong đó:

- S^2 (kPa) - Cường độ chịu kéo gián tiếp trung bình của tổ mẫu bảo quản có điều kiện;

- S^1 (kPa) - Cường độ chịu kéo gián tiếp trung bình của tổ mẫu khô.

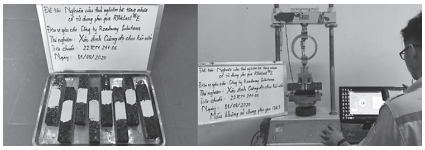
4.2. Thí nghiệm so sánh cường độ chịu kéo uốn ở 15^{0}C cho 2 loại BTN [1,2]

Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo uốn ở 15^{0}C của mẫu BTNC và BTNC-R được thực hiện theo Phụ lục C - Tiêu chuẩn 22TCN 211-06. Thời gian kể từ lúc lấy mẫu ra khỏi tủ nhiệt (ở 15^{0}C) để đem thí nghiệm đến khi thí nghiệm xong không được quá 45s. Cường độ chịu kéo uốn của mẫu được xác định theo công thức: $R_{ku} = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} (kPa)$ (4)

Trong đó:

- P (N) - Tải trọng phá hoại mẫu;

- L = 20 cm, là khoảng cách giữa 2 gối tựa, b (mm) là bề rộng mẫu.



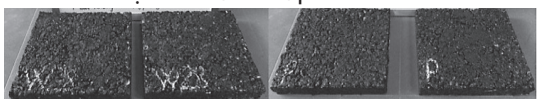
Hình 4.2: Thiết bị thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo uốn của mẫu bê tông nhựa ở 15^{0}C

4.3. Thí nghiệm vệt hằn bánh xe-HWTD (Hamburg Wheel Tracking Device) [5]

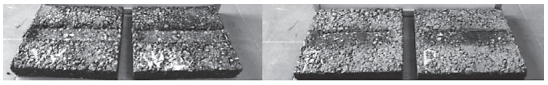
Thí nghiệm xác định chiều sâu vệt hằn bánh xe của mẫu BTN được thực hiện trên thiết bị Humburg Wheel-tracking ở nhiệt độ 50^{0}C trong môi trường nước theo hướng dẫn của Quyết định số 1617/QĐ-BGTVT. Chiều sâu vệt bánh xe trên mẫu BTN BTNC được xác định sau 20.000 lượt bánh xe và mẫu BTNC-R có sử dụng phụ gia RWelast được xác định sau 40.000 lượt bánh xe.

Thiết bị kiểm tra hai mẫu BTN đồng thời với hai chuyển động qua lại của bánh lăn bằng cao su đặc. Mẫu BTN (320x260) mm và chiều dày mẫu đầm thay đổi 4,0 - 10,0 cm. Bánh xe có đường kính 203 mm và chiều rộng vệt bánh xe 50 mm. Mẫu thử nghiệm đầm nén đến độ rỗng còn dư như thiết kế ban đầu bằng dụng cụ đầm lăn đi kèm theo thiết bị. Tải trọng bánh xe gồm một lực tác dụng thẳng đứng là 705 N và áp lực trung bình là 0,73 Mpa, diện tích bề mặt tiếp xúc 970 mm^2.

Áp lực này mô phỏng tác dụng tải trọng trục đôi bánh xe tương đương. Tốc độ trung bình của mỗi bánh xe là 1,1 km/giờ. Chiều dài hoạt động bánh xe là 260 mm, trung bình bánh xe đi lại 53 ± 2/điểm/phút.



Hình 4.3: Mẫu tấm BTN thí nghiệm xác định vệt hằn bánh xe cho 2 loại BTNC và BTNC-R



Hình 4.4: Kết quả kiểm tra vệt hằn bánh xe cho 2 loại BTNC và BTNC-R

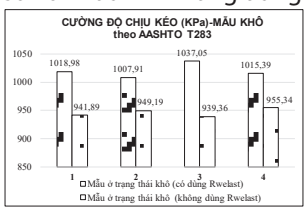
5. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

5.1. Cường độ chịu kéo (theo AASHTO T283)

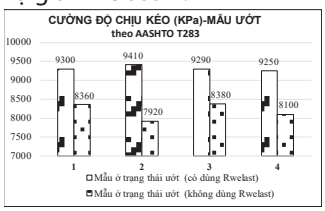
Nhận xét: Cường độ chịu kéo của mẫu BTN-C và BTNC-R theo AASHTO T283 từ biểu đồ *Hình 5.1* và *Hình 5.2* cho thấy:

- Với mẫu BTN C-R khô khi dùng phụ gia Rwelast@E; thực nghiệm cho thấy cường độ chịu kéo của vật liệu này tăng lên từ 5 - 10% giá trị cường độ so với mẫu khi không dùng phụ gia Rwelast@E.

- Với mẫu BTN C-R ướt (bão hòa nước) khi dùng phụ gia Rwelast@E; thực nghiệm cho thấy rằng cường độ chịu kéo của mẫu vật liệu này tăng lên từ 10 - 17% giá trị cường độ so với mẫu khi không dùng phụ gia Rwelast@E.

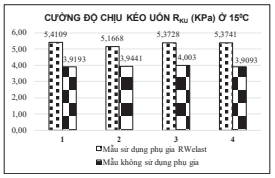


Hình 5.1: Cường độ ép chẻ mẫu khô



Hình 5.2: Cường độ ép chẻ mẫu ướt (bão hòa)

5.2. Cường độ chịu kéo uốn ở 15^{0}C



Hình 5.3: Cường độ chịu kéo uốn ở 15^{0}C

Nhận xét: Thí nghiệm xác định cường độ chịu uốn theo 22TCN 211-06 với 2 mẫu BTNC và BTNC-R ở nhiệt độ 15^{0}C từ *Hình 5.3* cho thấy: Khi sử dụng phụ gia Rwelast@E thay thế 11% khối lượng bi-tum trong hỗn hợp, giá trị cường độ chịu uốn của mẫu vật liệu này tăng lên đáng kể từ 31- 38% so với mẫu không dùng phụ gia Rwelast@E. Đây chính là yếu tố cải thiện hiện tượng nứt mặt cho mặt đường xe chạy.

5.3. Vệt hằn bánh xe - HWTD (Hamburg Wheel Tracking Device)

Thí nghiệm vệt hằn bánh xe cho 2 mẫu BTN-C và BTNC-R cho thấy:

- Mẫu BTN-C: Với vật liệu hỗn hợp BTN sử dụng nhựa 60/70 truyền thống không có sử dụng phụ gia thì sau 20.000 lượt qua lại trong môi trường nước ở nhiệt độ 50^{0}C, chiều sâu vệt hằn bánh xe đo được là 8,53 mm.

- Mẫu BTNC-R có sử dụng phụ gia Rwelast@E thì sau 40.000 lượt, chiều sâu vệt hằn bánh xe đo được chỉ là 4,06 mm (theo tiêu chuẩn sau 20.000 lượt vệt hằn ≤ 12,5 mm) *(Bảng 5.1)*.

Bảng 5.1. Kết quả thí nghiệm chiều sâu vệt bánh xe của mẫu BTN trong môi trường nước ở nhiệt độ 50^{0}C sau 20.000 và 40.000 lượt

Mẫu thí nghiệm	Số lượt	Sample	Rut depth [mm]	Average value [mm]
Mẫu BTN-C	20.000	Left	8,08	8,53
		Right	8,97	
Mẫu BTNC-R	40.000	Left	3,80	4,06
		Right	4,36	

Từ kết quả thí nghiệm xác định chiều sâu vệt hằn bánh xe cụ thể như trên cho thấy: BTN khi sử dụng phụ gia Rwelast@E đã cải thiện rất tốt hiện tượng vệt hằn bánh xe trong những điều kiện khắc nghiệt, cũng như cải thiện cường độ chịu uốn cho vật liệu BTN theo tiêu chuẩn Việt Nam.

6. KẾT LUẬN

Kết quả thực nghiệm khi sử dụng phụ gia Rwelast@E cho BTN theo tiêu chuẩn Việt Nam cho thấy: Giá trị cường độ chịu kéo, cường độ chịu uốn cũng như đánh giá độ ổn định động (chiều sâu vệt hằn bánh xe) trong môi trường nước nhiệt độ 50^{0}C của vật liệu BTN đã được cải thiện rất tốt so với không sử dụng phụ gia Rwelast@E.

Tài liệu tham khảo

[1]. TCCS 37-2022/TCĐBVN, *Áo đường mềm - Yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế theo chỉ số kết cấu (SN)*, Tổng cục Đường bộ Việt Nam, Bộ GTVT.

[2]. TCCS 38-2022/TCĐBVN, *Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế*, Tổng cục Đường bộ Việt Nam, Bộ GTVT.

[3]. TCVN 13567-1-2022, *Lớp mặt đường bằng hỗn hợp nhựa nóng - Thi công và nghiệm thu*, Phần 1: BTN chặt sử dụng nhựa đường thông thường.

[4]. GS. TS. Phạm Duy Hữu, PGS. TS. Vũ Đức Chính, TS. Đào Văn Đông, ThS. Nguyễn Thanh Sang (2010), *Bê tông asphalt*, NXB. GTVT, Hà Nội.

[5]. Nguyễn Phước Minh (2013), *Nghiên cứu xác định thành phần vật liệu hợp lý BTN lớp tạo nhám mặt đường cấp cao tại Việt Nam*, Luận án TSKT, Trường Đại học GTVT, Hà Nội.

[6]. McDaniel, R. and A. Shah, *Asphalt Additives to Control Rutting and Cracking*. Publication FHWA/IN/JTRP-2002/29, Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana.

[7]. Terrel, Ronald L. and Jon A. Epps (1989), *Using Additives and Modifiers in Hot Mix Asphalt (Part A)*, National Asphalt Pavement Association, Lanham, MD, Report No. QIP 114A.

Ngày nhận bài: 01/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/8/2023
Người phản biện: PGS. TS. Lê Anh Thắng
PGS. TS. Nguyễn Mạnh Tuấn

Tính toán thoát nước mặt đường ô tô khi có bó vỉa, gờ chắn tại Việt Nam

■ **TS. BÙI TUẤN ANH(*); ThS. PHẠM THỊ THẢO; ThS. NGUYỄN MINH NHẬT**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)tuananh.bui@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Thoát nước mặt đường ô tô là vấn đề quan trọng liên quan đến an toàn xe chạy. Khi mặt cắt ngang đường có bó vỉa hoặc gờ chắn, nước mưa sẽ đọng lại, chảy dọc đường đến vị trí cửa xả thoát nước. Các vị trí này thường có nguy cơ tạo ra trên mặt đường chiều dày màng nước lớn, có khả năng gây ra hiện tượng trượt nước làm xe ô tô không điều khiển được hoặc lật gây nguy hiểm. Tuy nhiên, trong các tiêu chuẩn về thiết kế đường ô tô hiện nay của Việt Nam, các vấn đề này chưa được đề cập một cách chi tiết, cụ thể. Bài báo tổng hợp các vấn đề còn tồn tại trong thiết kế thoát nước mặt đường ô tô tại các vị trí mặt cắt ngang đường có bó vỉa hoặc gờ chắn ở Việt Nam và đề xuất giải pháp phù hợp.

TỪ KHÓA: Thoát nước, gờ chắn, mặt đường, đường ô tô.

ABSTRACT: The design of pavement drainage is a critical aspect of ensuring traffic safety. The capacity of drainage facilities, such as inlets and gutters, is significantly affected by their design. However, current Vietnamese specifications for highway geometric design do not fully address the issue of hydroplaning, which can occur due to a thick water film generated by flowing water on the pavement surface. This paper aims to synthesize the remaining problems associated with pavement drainage design for specific pavement sections with curbs and gutters in Vietnam and propose appropriate solutions to mitigate the risk of hydroplaning and improve traffic safety.

KEYWORDS: Pavement drainage, curb and gutter, pavement surface, roadway.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống giao thông đường bộ Việt Nam đang phát triển hết sức mạnh mẽ, theo kế hoạch đến năm 2030 Việt Nam phấn đấu có 5.000 km đường cao tốc. Cùng với việc pháp triển mở rộng nhiều tuyến quốc lộ và tuyến đường địa phương thì tốc độ khai thác trên toàn mạng lưới đường bộ được nâng lên. Với điều kiện khí hậu mưa nhiều như Việt Nam thì nước mưa hay thoát nước mặt đường ảnh hưởng rất nhiều đến an toàn xe chạy, nhất là hệ thống đường cấp cao tốc độ lớn. Theo [8], khi chiều dày màng nước giữa bánh xe và mặt đường lớn hơn khoảng 3 mm thì ở tốc độ 70 - 80 km/h đã gây ra hiện tượng trượt nước; nếu xe chạy với tốc độ trên 100 km/h thì chiều dày nước đọng chỉ dưới 1 mm đã có thể gây nên hiện tượng trượt nước gây nguy hiểm cho xe chạy.

Khi mặt cắt ngang đường có bó vỉa hoặc gờ chắn, nước mưa sẽ đọng lại, chảy dọc đường đến vị trí cửa xả thoát nước. Các vị trí này thường có nguy cơ tạo ra trên mặt đường chiều dày màng nước lớn, có khả năng gây ra hiện tượng trượt nước làm xe ô tô không điều khiển được hoặc lật gây nguy hiểm. Tuy nhiên, nhìn tổng thể về hệ thống văn bản quy định thiết kế đường ô tô thì vấn đề về ảnh hưởng đến an toàn xe chạy của công tác thiết kế thoát nước mặt đường chưa được quan tâm một cách đầy đủ. Các vấn đề tồn tại liên quan đến vấn đề này cần phải được tổng hợp phân tích và đề xuất giải pháp phù hợp.

2. CÁC QUY ĐỊNH VỀ THIẾT KẾ THOÁT NƯỚC MẶT ĐƯỜNG Ô TÔ KHI BÓ VỈA HOẶC GỜ CHẮN TẠI VIỆT NAM

2.1. TCVN 4054-2005 [1]

Đối với đường cấp I và cấp II có bố trí dải phân cách giữa thì tại các đoạn cong có siêu cao phải thiết kế thu nước mưa ở cạnh dải phân cách. Nếu dải phân cách là loại có lớp phủ và có bó vỉa cao hơn mặt đường thì sát bờ vỉa phải bố trí giếng thu và ống dẫn nước đường kính 20 - 40 cm để dẫn nước đến các công trình thoát nước ra khỏi phạm vi nền đường.

Trên các đường cấp I và cấp II có nhiều làn xe, lượng nước mưa trên phần xe chạy lớn thì ở những đoạn đường đắp cao, mái ta-luy đường phải được gia cố chống xói hoặc có thể thiết kế bờ chắn bằng bê tông hoặc đá xây có chiều cao 8 - 12 cm dọc theo mép ngoài của phần lề gia cố để ngăn chặn không cho nước chảy trực tiếp xuống ta-luy đường; nước mưa từ mặt đường sẽ chảy dọc theo bờ chắn và tập trung về dốc nước đặt trên ta-luy đường để thoát ra khỏi phạm vi nền đường.

2.2. TCVN 5729-2012 [2]

Trên các đoạn đường cong có dốc ngang một mái phải thiết kế thu nước ở cạnh dải phân cách bằng rãnh có nắp hoặc ống ngầm và bố trí đường ống ngầm để dẫn nước ra khỏi phạm vi nền đường, trong trường hợp dùng rãnh có nắp thì rãnh có thể được bố trí lấn ra dải an toàn và nắp phải đủ chịu được tải trọng xe cộ.

Phải bố trí rãnh dọc ngầm trong dải lề trồng cỏ trên đỉnh mái dốc nền đắp thu nước mặt không cho chảy tự do

gây xói lở mái dốc. Cũng có thể đắp bờ chắn bằng bê tông nhựa ở mép của phần lề cứng (dải dừng xe khẩn cấp) để biến phần lề cứng kiêm chức năng rãnh chắn và thu nước, không cho nước từ mặt phần xe chạy chảy trực tiếp xuống ta-luy, mà phải cho nước chảy dọc đến các cửa dốc nước để thoát ra khỏi phạm vi nền đường. Khoảng cách giữa các dốc nước và tiết diện mặt cắt dốc nước phải được tính toán xác định tùy thuộc phạm vi thu nước của mỗi dốc nước. Tần suất tính toán về thủy văn đối với các rãnh thoát nước là 4%.

2.3. Các tiêu chuẩn thiết kế mặt đường [3, 4, 5] và thiết kế cầu [6]

Tiêu chuẩn thiết kế mặt đường [3] và [5] chỉ quy định về thoát nước cho lượng nước thấm vào kết cấu áo đường; [4] việc thoát nước mặt đường được quy định tương tự như [1] và [2].

Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ [6] quy định cầu có tốc độ thiết kế nhỏ hơn 75 km/h hệ thống thoát nước trên cầu cần phải đảm bảo nước không ngập qua một nửa chiều rộng của bất kỳ làn xe nào; cầu có tốc độ thiết kế lớn hơn 75 km/h hệ thống thoát nước trên cầu cần phải đảm bảo nước không ngập bất kỳ bề rộng nào của làn xe.

2.4. Nhận xét

Các tiêu chuẩn về thiết kế yếu tố hình học và thiết kế mặt đường đều đề cập đến việc thiết kế thoát nước khi có bó vỉa hoặc gờ chắn, tuy nhiên chỉ có các quy định chung về cấu tạo mà không đề cập đến nguyên lý tính toán và các yêu cầu giới hạn.

Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ đã đề cập đến yêu cầu thoát nước để đảm bảo an toàn cho xe chạy với việc quy định bề rộng ngập, hay vị trí ngập trên mặt cắt ngang, tuy nhiên không đề cập đến phương pháp tính toán.

3. TÍNH TOÁN THOÁT NƯỚC

3.1. Yêu cầu khi thoát nước mặt đường có gờ chắn

Theo [9], khi đặt gờ chắn nước để thu nước mặt đường thì mực nước thiết kế của đường cao tốc và đường cấp 1 không được vượt quá mép ngoài của làn đường bên phải; đường cấp 2 trở xuống không được vượt quá tim đường bên phải. Khi bề rộng của lề đường hẹp, lượng nước lớn, hoặc tiết diện do chắn nước tạo thành không đủ thì có thể dùng các biện pháp như đắp rãnh bên dọc theo vai đất để tăng tiết diện thoát nước.

Theo [10], quy định tuyến đường có tốc độ thiết kế nhỏ hơn 70 km/h, hệ thống thoát nước cần phải đảm bảo nước không ngập vào làn xe tiếp giáp với lề đường quá 1 m; tuyến đường có tốc độ thiết kế lớn hơn 70 km/h, hệ thống thoát nước cần phải đảm bảo nước chỉ ngập tại phần lề đường.

Để đảm bảo thống nhất các tiêu chuẩn kiến nghị chọn yêu cầu hệ thống thoát nước mặt có gờ chắn theo [6] như đã đề cập tại 2.3.

3.2. Cơ sở tính toán theo [10]

Nội dung tính toán được trình bày cho kiểu cửa thu nước đang được sử dụng tại các dự án hiện nay tại Việt Nam. Khả năng thoát nước của mặt cắt rãnh Q_{kn} khi xác định được bề rộng ngập giới hạn được tính theo công thức:

$$Q_{kn} = (K_u/n).S_x^{1.67}.S_L^{0.5}.T^{2.67} \quad (1)$$

Trong đó: $K_u = 0,56$

n - Hệ số Manning;

S_x - Độ dốc ngang;

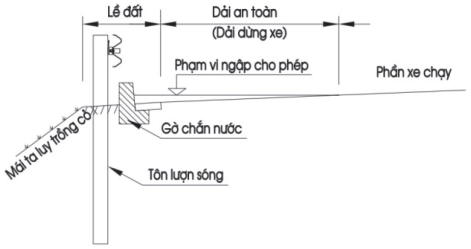
S_L - Độ dốc dọc;

T - Bề rộng thoát nước *(Hình 3.1)*.

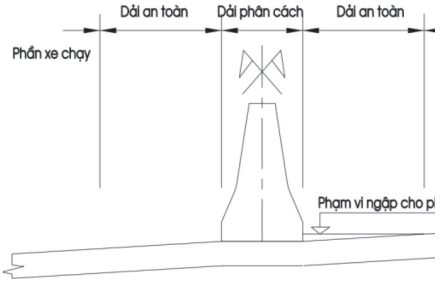
Hoặc có thể tính toán kiểm toán bề rộng T khi biết lưu lượng theo diện tích thu nước của mặt đường:

$$T = [(Q_{lv}.n)/(K_u.S_x^{1.67}.S_L^{0.5})]^{0.375} \quad (2)$$

Q_{lv} - Lưu lượng nước lưu vực; các thông số khác như trên.



a) - Thoát nước gờ chắn mép nền đường



b) - Thoát nước siêu cao tại dải phân cách

Hình 3.1: Mặt cắt thoát nước tính toán

3.3. Tính toán khoảng cách cửa thu nước

Độ mở của cửa xả L_T để thoát hết lưu lượng nước theo khả năng thoát nước của mặt cắt được xác định theo công thức:

$$L_T = K_T.Q_{kn}^{0.42}.S_L^{0.3}.[1/(n.S_x)]^{0.6} \quad (3)$$

$K_T = 0,6$ các thông số khác như trên.

Năng lực thoát nước của cửa xả E được tính trên cơ sở bề rộng L_T và bề rộng thiết kế của cửa xả L:

$$E = 1-[1-(L/L_T)]^{1.8} \quad (4)$$

Theo bề rộng thoát nước cho phép trên mặt cắt ngang đường, căn cứ vào năng lực thoát nước của cửa xả xác định được khoảng cách bố trí cửa xả đảm bảo nước chảy không lấn vào phạm vi mặt đường yêu cầu tại 3.1 được xác định theo công thức:

$$X = (43560.Q_{kn}/C.I.W_p).E \quad (5)$$

Trong đó:

C - Hệ số dòng chảy;

I - Cường độ mưa;

W_p - Bề rộng thu nước;

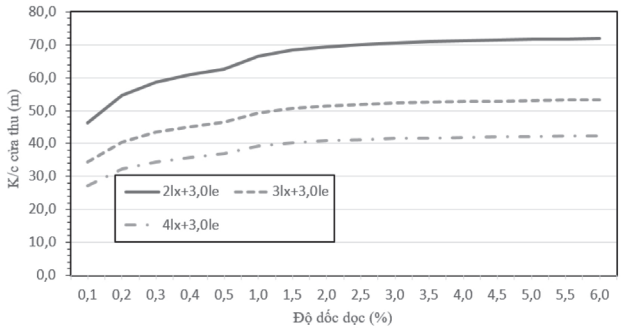
Các thông số khác như tại (1), (4).

3.4. Một số kết quả tính toán và thảo luận

Bài báo trình bày kết quả tính toán khoảng cách cửa thu nước rộng 1,8 m cho tuyến đường cao tốc 4 làn xe, 6 làn xe hoặc 8 làn xe với bề rộng làn xe 3,50 m với các khoảng bề rộng lề (hoặc dải an toàn) 0,5 m, 0,75 m, 1,0 m và 3,0 m; áp dụng yêu cầu của [6] với đường cao tốc các bề rộng nói trên chính là khoảng bề rộng cho phép nước chảy trong tính thoát nước và tính khoảng cách cửa thu. Cường

độ mưa 206,54 mm/giờ được tính toán theo trạm Lạng Sơn với tần suất 4% và thời gian tập trung nước 5 phút.

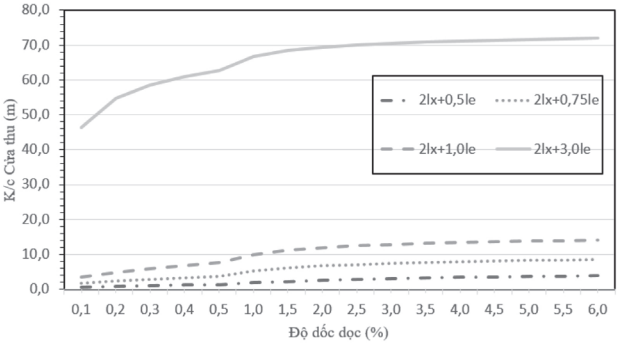
Kết quả tính toán được thể hiện tại *Hình 3.2* đối đường cao tốc 4 làn xe với các bề rộng lề đường (hoặc dải an toàn) như trên, trong đó bề rộng thu nước là tổng bề rộng của 2 làn xe và bề rộng lề (hoặc dải an toàn).



Hình 3.2: Khoảng cách cửa thu nước đường 4 làn xe

Với kết quả trên, khoảng cách các hố thu phụ thuộc vào độ dốc dọc và bề rộng thoát nước cho phép. Đối với bề rộng nhỏ (0,5 - 1,0)m, khoảng cách hố thu tính được từ (0,6 - 14,0) m so với bề rộng cửa thoát nước là không hiệu quả. Các tuyến cao tốc như Bắc Giang - Lạng Sơn, Hạ Long - Vân Đồn bố trí rãnh có tấm thu nước liên tục tại vị trí dải phân cách có siêu cao là phù hợp với bề rộng dải an toàn nhỏ và đảm bảo an toàn khi nước không tập trung trên bề mặt và chảy dọc đường. Đối với bề rộng thoát nước 3,0 m khoảng cách hố thu từ (46,3 - 71,9)m là phù hợp so với khoảng cách bố trí định hình 50 m của các dự án cao tốc thực tế đang làm.

Đối với lề đường 3,0 m, khoảng cách các hố ga thoát nước ứng với các trường hợp đường cao tốc 4 làn xe, 6 làn xe hoặc 8 làn xe với bề rộng làn xe 3,50 m được thể hiện tại *Hình 3.3*.



Hình 3.3: Khoảng cách cửa thu nước với dải lề 3 m

Khoảng các các hố thu giảm khi bề rộng mặt đường tăng, điều này là phù hợp do bề rộng thu nước tăng dẫn đến lưu lượng thu nước tăng; khoảng cách hố thu với đường cao tốc 6 làn xe và 8 làn xe nhất là đường cao tốc 8 làn xe giảm nhiều so với khoảng cách bố trí định hình các dự án thực tế đang làm. Khoảng cách hố thu giảm nhanh đối với khoảng độ dốc dọc từ 0,1 - 1,0%. Đối với độ dốc dọc từ 1,0 - 6,0%, giá trị này tương đối đồng đều. Với kết quả này, để đảm bảo điều kiện kinh tế và dễ thi công thực tế thì với khoảng độ dốc dọc từ 1,0 - 6,0% có thể tính toán lựa chọn giá trị khoảng cách hố ga chung để bố trí chung, từ 0,1 - 1,10% khoảng cách hố ga phải được tính toán chọn giá trị riêng theo từng độ dốc dọc.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Đối với thoát nước dải phân cách các tuyến đường có vận tốc thiết kế lớn V>75 km/h và có bố trí siêu cao, do bề rộng thoát nước cho phép chỉ giới hạn trong phần dải an toàn thường có bề rộng nhỏ nên nếu sử dụng các hố thu thì không hiệu quả do khoảng cách giữa các hố thu rất nhỏ. Với các vị trí này thường phải sử dụng loại rãnh có tấm thu nước liên tục.

Các vị trí có lề đường hẹp cần so sánh lựa chọn phương án giữa việc bố trí gờ chắn thu nước chống xói nền đường và gia cố ta-luy để chống xói. Khi bắt buộc phải sử dụng gờ chắn nước mà việc bố trí cửa thu nước không đảm bảo yêu cầu với xe chạy với tốc độ cao thì có thể tổ chức hạn chế tốc độ tối đa V<75 km/h khi trời mưa.

Kiến nghị bổ sung vào các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành về yêu cầu thoát nước mặt theo TCVN 11823-2017 Thiết kế cầu đường bộ khi tính toán thoát nước tại vị trí dải phân cách và các vị trí nền đường có gờ chắn nước; bổ sung hướng dẫn tính toán thoát nước và khoảng cách hố thu.

Tài liệu tham khảo

[1]. Bộ GTVT, *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4054-2005, Đường ô tô - Yêu cầu thiết kế,* Việt Nam.

[2]. Bộ GTVT, *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5729-2012, Đường ô tô cao tốc - Yêu cầu thiết kế,* Việt Nam.

[3]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam, *Tiêu chuẩn cơ sở TCSS 37:2022, Áo đường mềm - Yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế theo chỉ số kết cấu*, Việt Nam.

[4]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam, *Tiêu chuẩn cơ sở TCCS 38:2022, Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế*, Việt Nam.

[5]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam, *Tiêu chuẩn cơ sở TCCS 39:2022, Thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông*, Việt Nam.

[6]. Bộ Khoa học và Công nghệ, *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 11823 - 2017, Thiết kế cầu đường bộ*, Việt Nam.

[7]. PGS. TS. Bùi Xuân Cậy, TS. Trần Thị Kim Đăng, TS. Vũ Đức Sỹ, ThS. Nguyễn Quang Phúc (2009), *Thiết kế nền mặt đường ô tô*, NXB. GTVT.

[8]. TS. Đặng Minh Tân, ThS. Nguyễn Thị Mi Trà (2019), *Nghiên cứu một số vấn đề về nguyên nhân và giải pháp hạn chế hiện tượng trượt nước trên đường ô tô*, Tạp chí GTVT, Số đặc biệt (năm thứ 60).

[9]. JTG/T D33-2012 (2012), *Specifications for Drainage Design of Highway*, China.

[10]. U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration (September, 2009) (FHWA-NHI-10-009), *Urban Drainage Design Manual*, Hydraulic Engineering Circular No.22, Third Edition.

Ngày nhận bài: 01/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2023
Người phản biện: TS. Nguyễn Hữu Dũng
TS. Lê Xuân Quý

Nghiên cứu sử dụng hợp lý tường chắn đất có cốt với cốt tự chế tạo cho nền đường đắp cao tại TP. Đà Nẵng

■ **PGS. TS. CHÂU TRƯỜNG LINH(*)**
ThS. NCS. NGUYỄN THU HÀ; KS. LA NGỌC TRƯỜNG; KS. TRẦN VÕ THẢO THẠCH
Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng
■ **ThS. TRẦN LÊ MINH TÂM**
Trung tâm Quản lý hạ tầng giao thông TP. Đà Nẵng
Email: (*)ctlinh@dut.udn.vn

TÓM TẮT: Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu về lực kéo trong các phần tử cốt, chuyển vị tường, tăng trưởng biến dạng cắt trong đất và biểu đồ thể hiện tuổi thọ của công trình tường chắn đất có cốt ứng với từng cấp tải trọng thiết kế khác nhau trên mô hình số. Việc mô phỏng thực hiện trong điều kiện tường khô ráo, xâm thực ẩm, nước thấm từ bề mặt và cho môi trường xâm thực nước biển. Đối với cốt tự chế CT5 mạ kẽm với chiều dày 70 µm bao gồm 4 loại cốt được nghiên cứu sau: φ8, φ10, φ12, φ14. Kết quả cho thấy, các loại cốt sử dụng đều đáp ứng yêu cầu về cường độ, biến dạng, chuyển vị tường và thời gian phục vụ ở hầu hết các điều kiện xâm thực, ngoại trừ sự xâm thực của nước biển.

TỪ KHÓA: Tường MSE, mô hình số, cường độ chịu kéo, ăn mòn cốt, ngạnh liên kết.

ABSTRACT: This paper introduces some research results about the tensile force in the core elements, displacement of wall, shear deformation growth in embankment and a chart showing the service life of a mechanically stable wall construction with reinforcement corresponding to different design load levels on the digital model. In a dry environment, humid environment, water seeps from the surface and in the environment of seawater intrusion. For homemade cores CT5 galvanized with a thickness of 70 µm including 4 types of reinforcement are studied as follows.

KEYWORDS: MSE walls, model number, tensile strength, corrosion, adherence edge.

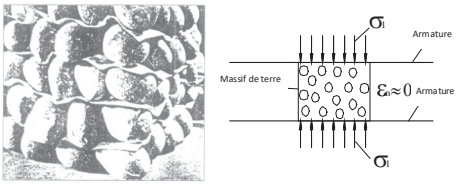
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Giới thiệu

Tường chắn đất có cốt (MSE) đã được ứng dụng rất phổ biến trong xây dựng các công trình tường chắn với mái dốc thẳng đứng và các đường đắp cao với nhiều ưu điểm nổi bật như: tuổi thọ cao, giá thành rẻ và đáp ứng tốt đối với tải trọng động và lún không đều của nền đất. Cốt gia cố đất thường được làm bằng lưới địa kỹ thuật, sợi tổng hợp hoặc cốt thép mạ kẽm. Hiện nay, các loại lưới địa kỹ thuật dùng cho tường chắn có cốt đều phải nhập ngoại với giá thành rất cao, làm tăng chi phí xây dựng công trình. Việc sử dụng cốt thép xây dựng phổ biến trên thị trường cấu thành nên cốt cho tường chắn đất có cốt vừa tiết kiệm chi phí xây lắp, vừa tận dụng năng lực sản xuất của các doanh nghiệp trong nước. Bài báo nghiên cứu xây dựng các tương quan giữa tuổi thọ của công trình tường chắn đất có cốt với cốt tự chế với tải trọng đến phá hoại trong các môi trường xâm thực khác nhau.

1.2. Nguyên lý làm việc của tường chắn đất có cốt

Nguyên lý làm việc của tường chắn đất có cốt có thể giải thích bằng mô hình đơn giản của H.Vidal 1963 [1].



Hình 1.1: Minh họa về nguyên lí đất có cốt (Vidal, 1963) - sự hạn chế đất nở hông của cốt

Trong *Hình 1.1* ta có thể thấy được, nhờ có bố trí các lớp cốt bằng giấy bìa mà khối đá cuội trơn nhẵn không có lực dính kết vẫn duy trì được vách thẳng đứng khi được xếp chồng lên nhau. Điều này có thể giải thích bằng việc xét 1 khối đất có 2 lớp cốt nằm ngang. Khi khối đất chịu nén theo phương thẳng đứng với áp lực σ_1 nếu như không có cốt $\sigma_3 = 0$ đất sẽ bị phá hoại vì nở hông tự do. Nhưng khi có bố trí cốt và giả thiết giữa đất và cốt có đủ sức neo bám cần thiết (tức là đất và cốt bám chặt cùng chuyển vị với nhau) thì khi chịu nén, đất chỉ có chuyển vị ngang trong phạm vi chuyển vị ngang của cốt. Vì mô-đun biến dạng của vật liệu cốt cao hơn rất nhiều so với mô-đun biến dạng của đất nên trị số biến dạng ngang ε_n của khối đất coi như không đáng kể $\varepsilon_n \approx 0$ và do đó đất được xem như chịu nén 3 trục có hạn chế nở hông với trị số áp lực hông σ_3.

$$\sigma_3 = K.\sigma_1$$

Trong đó:

- K - Hệ số áp lực ngang của đất nếu ở trạng thái tĩnh $K = K_0$;

- K_0 - Hệ số áp lực đất ở trạng thái tĩnh theo Jaky thì K_0 = 1-sinφ.

Áp lực hông σ_3 chính là do cốt tác dụng vào đất thông qua lực ma sát giữa đất và cốt. Khối đất sẽ ổn định nếu σ_3 không vượt quá sức chịu kéo của cốt làm cốt đứt hoặc không vượt quá sức neo bám giữa đất và cốt làm cốt bị tuột khỏi khối đất hoặc không vượt quá áp lực bị động của đất làm đất bị phá hoại. Như vậy, trị số do cốt đặt trong đất tạo ra sẽ bị hạn chế bởi sức chịu kéo đứt của bản thân cốt, sức chống kéo trượt của cốt (phụ thuộc vào khả năng neo bám giữa đất và cốt) và bởi sức chống cắt của đất. Áp dụng vào mô hình (*Hình 1.1*), khối đá cuội không bị sụp đổ là do các lớp cốt bằng giấy bìa đã tạo ra một áp lực hông thông qua ma sát giữa chúng với các viên đá cuội.

1.3. Cơ sở lý thuyết tính toán ma sát đất - cốt

Vai trò của cốt chính là nhằm tạo ra áp lực hông ngay từ bên trong khối đất có bố trí cốt. Điều này cũng tương đương với việc tạo ra được lực dính c lớn hơn bên trong khối đất.

Khi khối đất chịu nén theo phương thẳng đứng, nếu không có cốt đất sẽ bị phá hoại vì nở hông tự do. Nhưng khi có bố trí cốt và giả thiết giữa đất và cốt có đủ sức neo bám cần thiết thì khi chịu nén, đất và cốt sẽ cùng tham gia chịu lực. Do đó, khối đất bị xem như chịu nén 3 trục có hạn chế nở hông với trị số áp lực hông chính là do cốt tác dụng vào đất thông qua lực ma sát giữa đất và cốt được ký hiệu là μ (μ*) hay f (f*) [2, 3].

Hệ số ma sát μ giữa bề mặt vật liệu xây dựng với cát và đất bụi thường bằng (0,5 - 0,6) lần hệ số nội ma sát của bản thân loại đất đó, hay hệ số ma sát biểu kiến giữa đất và cốt (f*) được xác định như sau [3]:

$$f^* = f_0^* . \left(1 - \frac{z}{z_0}\right) + \frac{z}{z_0} tan\varphi$$

Trường hợp $z < z_o = 6\ m$

$f^* = tan\varphi$

Trường hợp $z > z_o = 6\ m$

Trong đó:

f_0^* - Hệ số ma sát đơn vị giữa đất và cốt;

$f_0^* = 1{,}2 + \log_{10}(Cu)$;

Cu - Hệ số không đồng đều của đất đắp;

z - Độ sâu của lớp cốt tính từ đỉnh tường chắn.

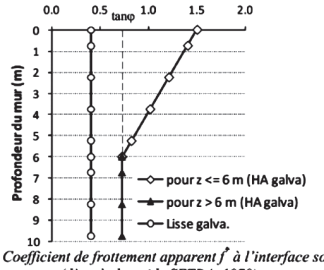


Figure 4-2 : Coefficient de frottement apparent f à l'interface sol-armature (d'après le guide SETRA, 1979)*

Hình 1.2: Hệ số ma sát biểu kiến f* tại giao diện đất - cốt

Tuy nhiên, vì quá trình biến dạng khi chịu cắt trượt, đất dạng hạt có thể bị xốp nở, do ứng suất pháp hữu hiện tác dụng trên bề mặt cốt sẽ biến đổi tùy theo tác dụng tương hỗ giữa đất với cốt, vì vậy thường phải sử dụng hệ số ma sát xác định được bằng thí nghiệm [2].

$$\mu^* = \frac{F}{2b.L.\sigma_v}$$

Trong đó:

L - Chiều dài cốt;

F - Lực kéo trong cốt;

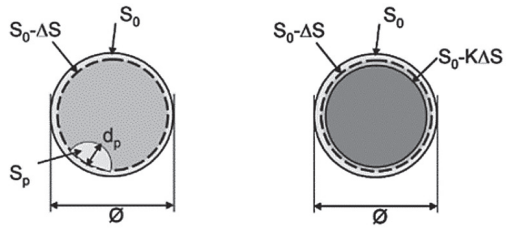
B - Chiều rộng quy đổi bề mặt tiếp xúc với đất.

2. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ KHẢO SÁT

2.1. Nghiên cứu trên mô hình số với các đường kính khác nhau của lưới cốt

2.1.1. Mô phỏng sự ăn mòn cục bộ

Thí nghiệm mô phỏng các lớp cốt thép chịu các điều kiện tác động xâm thực và bị ăn mòn giảm tiết diện cục bộ theo các tỉ lệ triết giảm cường độ cốt thép về 100-85-65-50% cường độ [3, 12].



Hình 2.1: Khoan triết giảm tiết diện

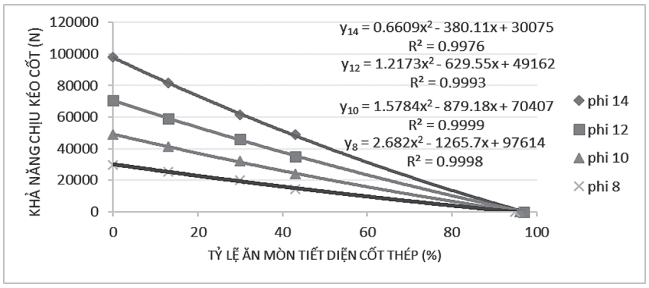
Với: $d_p \le 3{,}5\Phi^{0,2}$ và $S_p = d_p\ A \cos(d_p/\Phi)$ [3]

Bảng 2.1. Triết giảm tỉ lệ tương ứng với chiều sâu mũi khoan

% C.độ còn lại	% Triết giảm tiết diện	Diện tích triết giảm (mm^2)	Diện tích còn lại (mm^2)	Chiều sâu mũi khoan (mm)
Cốt CT5, ϕ8				
100	0	0	50,3	0
85	13	6,53	43,7	2,25
65	30	15,08	35,2	4,25
50	43	21,61	28,7	5,75
Cốt CT5, ϕ10				
100	0	0	78,5	0
85	13	10,21	68,3	3,32
65	30	23,56	55	6,45
50	43	33,77	44,8	5,73
Cốt CT5, ϕ12				
100	0	0	113,1	0
85	13	14,7	98,4	4,13
65	30	33,93	79,2	8,63
50	43	48,63	64,5	9,09
Cốt CT5, ϕ14				
100	0	0	153,9	0
85	13	20,01	133,9	5,343
65	30	46,18	107,8	11,465
50	43	66,19	87,7	11,984

2.1.2. Kết quả thí nghiệm kéo cốt thép

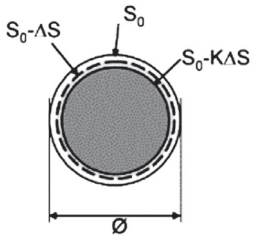
kết quả thí nghiệm đạt được các số liệu về mô-đun đàn hồi, khả năng chịu kéo cũng như độ giãn dài của cốt thép ứng với các tỉ lệ ăn mòn, từ đó xây dựng các biểu đồ quan hệ giữa các loại cốt thép khác nhau như sau:



Hình 2.2: Biểu đồ quan hệ giữa lực kéo đứt theo tỉ lệ ăn mòn cốt thép φ8-φ14

2.1.3. Mô hình số tính toán tuổi thọ và khả năng làm việc của công trình

Giả sử sau khi đưa công trình vào sử dụng, cốt thép chỉ bị ăn mòn do tính chất cơ lý của vật liệu đắp, toàn bộ phần cốt thép của tường chắn đất bị ăn mòn với cùng một tốc độ như nhau [3].



Ta có:

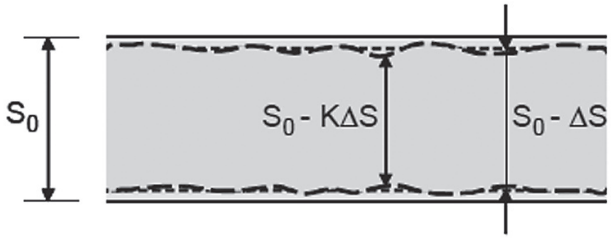
$\Delta S = S_0$-S' - Diện tích tiết diện cốt bị ăn mòn;

$+ S_0 = \frac{\pi \emptyset^2}{4}$ - Diện tích cốt ban đầu;

$+ S' = \frac{\pi(\emptyset - 2\Delta e)^2}{4}$ - Diện tích cốt còn lại.

K - Hệ số xét đến sự ăn mòn cục bộ, đối với cốt thép mạ kẽm, theo [3, 12] đề xuất lấy K = 2,0.

Vậy, diện tích ăn mòn lớn nhất là: $K\Delta S = 2.\pi.(\emptyset - \Delta e).\Delta e$



Hình 2.3: Sự giảm tiết diện không đều do tính không đồng nhất của sự ăn mòn

Sự mất mát ăn mòn lớn trong 5 năm đầu tiên sau khi xây dựng, sau đó nó giảm đến một giá trị gần không đổi (theo Romanoff), công thức thực nghiệm tính toán tổn thất tiết diện do ăn mòn theo thời gian như sau [4, 5, 12]:

$\Delta e = P = At^n$

Trong đó:

Δe - Bề dày tổn thất trung bình (trên một mặt cốt) tại thời điểm t (μm);

t - Thời gian, tính bằng năm;

A - Sự mất mát trong năm đầu tiên (μm);

n - Một tham số nhỏ hơn 1, là đại diện cho sự giảm tốc độ của ăn mòn của vật liệu theo thời gian;

Các thông số A và n phụ thuộc vào môi trường và loại lớp phủ. Với kịch bản ăn mòn đề xuất các kịch bản như sau [3]:

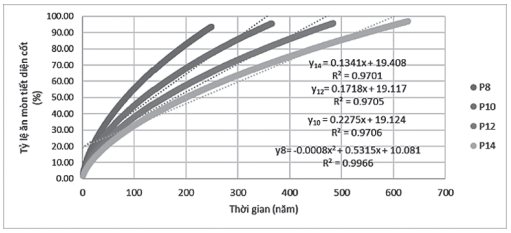
KB-1: Điều kiện khô ráo (A = 30, n = 0,65);

KB-2: Điều kiện xâm thực ẩm (A = 40, n = 0,65);

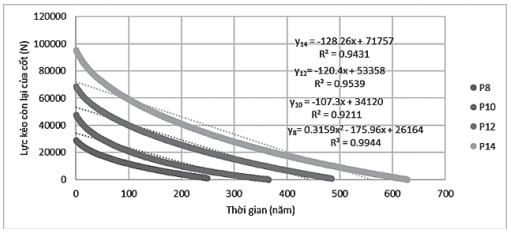
KB-3: Điều kiện nước thấm từ bề mặt (A = 50, n = 0,65);

KB-4: Điều kiện xâm thực nước biển (A = 70, n = 0,8).

Xét với Với A = 30 (μm), n = 0,65, ta tính được các kết quả về tỷ lệ ăn mòn theo thời gian, lực kéo đứt còn lại theo thời gian và độ giãn dài theo thời gian như sau:



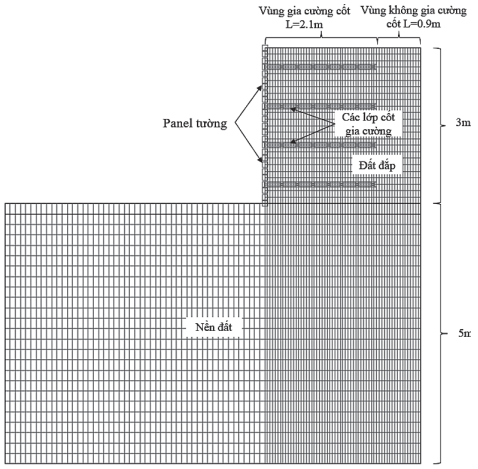
Hình 2.4: Biểu đồ tương quan tỷ lệ ăn mòn của cốt theo thời gian



Hình 2.5: Biểu đồ tương quan lực kéo đứt của lưới cốt thép theo thời gian

Các phương trình tương quan ở trên được lập trình bổ sung vào phần mềm Flac.

Mô hình số: Mô phỏng tường chắn đất có chiều cao 3 m (tương ứng với chiều cao của 2 tấm panel), gia cố bởi 4 cốt lưới cốt thép dài 2,1 m [8] và phía sau là 1 khối đất rắn không được gia cố giới hạn phạm vi 0,9 m. Nghiên cứu bao gồm một lớp đất dày 5 m dưới tường và móng của tường chắn. Các dữ liệu hình học tóm tắt trong *Hình 2.6*:

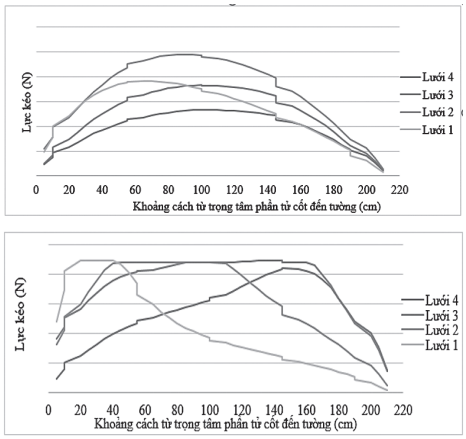


Hình 2.6: Hình học mô phỏng mô hình số

2.1.4. Kết quả hiệu quả làm việc của tường chắn đất có cốt tự chế tạo

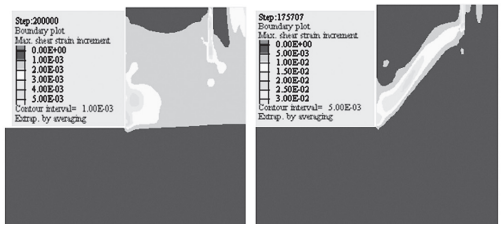
** Lực kéo trong cốt, chuyển vị tường và tăng trưởng biến dạng cắt của đất:*

- Lực kéo trong các phần tử cốt:



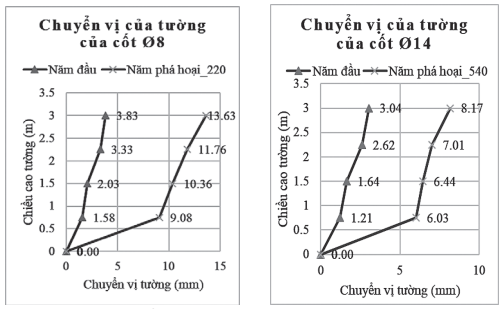
Hình 2.7: Lực kéo trong cốt từ mô hình số năm đầu tiên và năm bắt đầu phá hoại

- Tăng trưởng biến dạng cắt của đất:



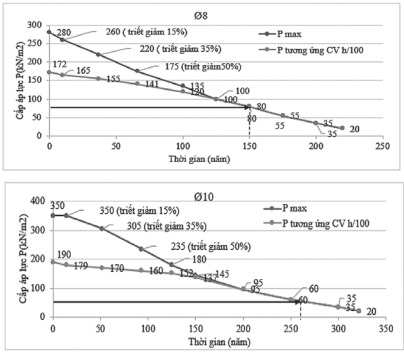
Hình 2.8: Biến dạng cắt trong đất khi công trình bắt đầu phá hủy

- Chuyển vị tường:

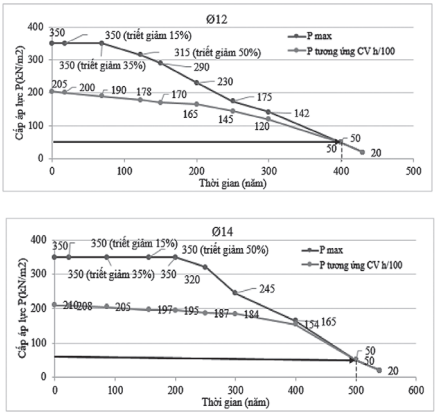


Hình 2.9: Chuyển vị ngang của tường với cốt φ8 - φ14

** Theo cấp áp lực lớn nhất và theo tiêu chuẩn cho phép:*

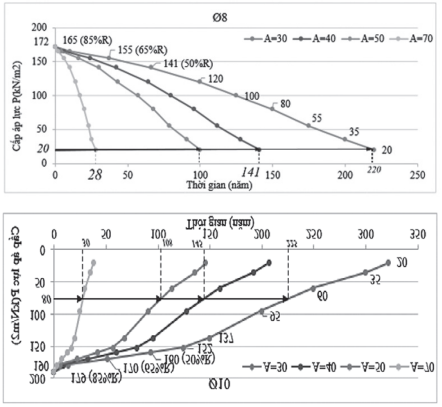


Hình 2.10: Khả năng chịu tải trọng của công trình sử dụng cốt φ8 và φ10 theo thời gian

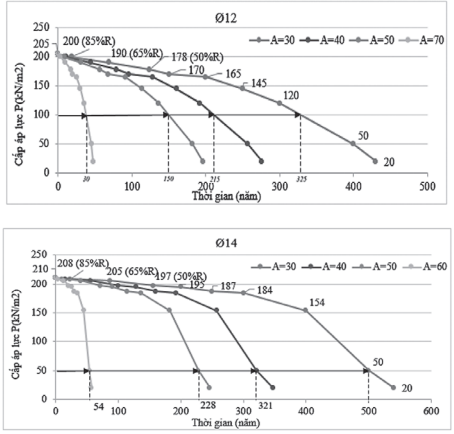


Hình 2.11: Khả năng chịu tải trọng của công trình sử dụng cốt φ12 và φ14 theo thời gian

** Theo các kịch bản ăn mòn khác nhau:*



Hình 2.12: Khả năng chịu tải trọng của công trình sử dụng cốt φ8 - φ10 theo thời gian đối với các trường hợp ăn mòn



Hình 2.13: Khả năng chịu tải của công trình dùng cốt φ12 - φ14 theo thời gian với các trường hợp ăn mòn

3. BÀN LUẬN

3.1. Chuyển vị vỏ tường

Trong *Hình 2.9* thể hiện rõ sự vận động của vỏ tường theo thời gian. Với cấp tải trọng đang xét ở 20 kN/m^2 (tải trọng thường dùng), giá trị chuyển vị đạt lớn nhất 13,63 mm với cốt ϕ8 và nhỏ nhất đạt 8,17 mm với cốt ϕ14. Tất cả các trường hợp cốt đều chưa vượt chuyển vị cho phép của tường H/100 [6].

3.2. Vận động của lực kéo trong cốt và hiệu quả ngạnh liên kết

Lực kéo trong cốt ban đầu nhỏ hơn giới hạn nhưng đạt giá trị cực đại tại năm bắt đầu phá hoại (*Hình 2.7)*. Tại thời điểm này, lực kéo trong cốt bị suy biến, cốt thép không còn khả năng chịu lực. Các ngạnh liên kết tăng khả năng neo bám của lưới cốt với đất đắp, giảm khả năng tuột cốt thép trong tường. Đồng thời, lăng thể phá hoại đất trong tường phát triển trên toàn bề rộng tường (*Hình 2.8*).

3.3. Khả năng chịu tải của các loại cốt theo cấp áp lực lớn nhất và theo tiêu chuẩn cho phép

Hình 2.10 và *Hình 2.11* thể hiện tuổi thọ công trình đạt được ứng với các cấp tải trọng thiết kế khác nhau: đường biểu đồ trên (P_{max}) thể hiện tại đó, công trình tường chắn mất hoàn toàn khả năng chịu lực do nguyên nhân đứt cốt và tuột cốt gây ra. Đường biểu đồ dưới (chuyển vị = h/100) thể hiện cấp áp lực cho phép công trình tường chắn có thể đáp ứng được phù hợp với tiêu chuẩn cho phép [6]. Ví dụ, đối với công trình sử dụng cốt ϕ8 ví dụ cho tải bên ngoài 80 kN/m^2 dóng trên biểu đồ ta biết được tuổi thọ công trình đạt được là 150 năm, 265 năm đối với công trình sử dụng cốt ϕ10 với tải bên ngoài đạt 60 kN/m^2.

3.4. Khả năng chịu tải của các loại cốt thép các kịch bản ăn mòn khác nhau

Hình 2.12 và *Hình 2.13* thể hiện tuổi thọ tường ứng với các trường hợp ăn mòn khác nhau A = (30;40;50;70), với các cấp áp lực khác nhau cho từng loại cốt khác nhau.

Tuổi thọ lớn nhất đạt được cho tất cả các loại cốt thép tại trường hợp điều kiện khô ráo (A = 30) và tuổi thọ thấp nhất tại trường hợp điều kiện xâm thực nước biển (A = 70).

Tại trường hợp A = 70 cho tuổi thọ cho toàn bộ loại lưới cốt nghiên cứu có tuổi thọ lớn nhất 57 năm cho cốt ϕ14, các loại cốt còn lại tuổi thọ nhỏ hơn 50 năm.

Hình 2.12, đối với công trình sử dụng cốt φ8 cho tải trọng thiết kế 20 kN/m^2. Ta dễ dàng biết được tại A = 30, tuổi thọ tường đạt ≈ 220 năm, A = 40 ≈ 141 năm, A = 50 ≈ 100, A = 70 ≈ 28 năm.

4. KẾT LUẬN

Các loại cốt thép ϕ8, 10, 12, 14 hoàn toàn có thể đáp ứng tốt về các điều kiện cường độ trong xây dựng công trình tường chắn đất có cốt với các kịch bản. Ngoại trừ với điều kiện xâm thực nước biển thì không đáp ứng được thời gian phục vụ cần có các biện pháp chống ăn mòn cốt hoặc chống xâm thực vào tường. Tường chắn với cốt ϕ10 đã được đối chứng với thực nghiệm hiện trường.

Nghiên cứu cũng chỉ ra trong thực tế khai thác, việc quan trắc chuyển vị tường MSE là quan trọng, trực quan, ít nhiều phản ánh được tình trạng đất, cốt bên trong. Bài báo đã dự kiến được kiểu biến dạng, tốc độ biến dạng vỏ tường ở các kịch bản ăn mòn khác nhau và sử dụng các loại cốt có kích thước khác nhau, từ đó đưa ra khuyến cao về độ an toàn trong quá trình khai thác tường MSE. Tuy nhiên, ở đây chỉ mới xem xét yếu tố ăn mòn trên cốt thép và các cấp áp lực gây phá hoại tường. Thực tế là tổng hợp với nhiều tác nhân khách quan và chủ quan khác, như tác dụng động của xe chạy trên đường, biến dạng của tấm bê tông tường do nhiệt độ, lún nền đất bên dưới...

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của Bộ Giáo dục và Đào tạo cho Đề tài "Nghiên cứu ứng dụng tường chắn đất có cốt bằng thép mạ kẽm tự chế tạo phù hợp với vật liệu đắp địa phương khu vực miền Trung", mã số: B2021-DNA-12.

Tài liệu tham khảo

[1]. H. Vidal (1966), *La Terre Armée, in Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, pp.890-938.

[2]. Bourgeois E., Corfdir A., and Chau, T.-L. (2013), *Analysis of long-term deformations of MSE walls based on various corrosion scenarios*, Soils and Foundations, vol.53(2), pp.259-271.

[3]. NF EN (2020), *NF P94-270: Calcul géotechnique Ouvrages de soutènement Remblais renforcés et massifs en sol cloué.*

[4]. V. Elias (2009), *FHWA-NHI-09-087: Corrosion/ Degradation of Soil Reinforcements for Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes*, National Highway Institute Federal Highway Administration U.S. Department of Transportation Washington, D.C.

[5]. Romanoff M. (1957), *Underground corrosion, U. S. Department of Commerce*, Editor, National Bureau of Standards, Circular 579: Houston, TX.

[6]. BS 8006-1:2010, *Code of practice for strengthened/ reinforced soils and other fills.*

[7]. E. Bourgeois T.L. Chau and A. Corfdir (2012), *Finite element analysis of the effect of corrosion on the behavior of reinforced earth walls*, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. 36(15), pp.1741-1756.

[8]. TCVN 11823-11:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 11: Mố, trụ và tường chắn.*

[9]. GS. TS. Dương Ngọc Hải (2009), *Thiết kế và thi công tường chắn đất có cốt*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[10]. Bộ GTVT (2005), 22 TCN 272-05: *Tiêu chuẩn thiết kế cầu, Chương 11: Mố trụ & tường chắn*, tr.11.1-11.32.

[11]. TCVN 7937-1:2013 (ISO 15630-1:2010), *Thép làm cốt bê tông và bê tông dự ứng lực - Phương pháp thử - Phần 1: Thanh, dảnh và dây dùng làm cốt.*

[12]. Chau, T.-L., A.C. (ENPC-France) and E.B. (IFSTTAR-France) (2016), *Corrosion des armatures sur le comportement des murs en terre armée - Effect of reinforcement corrosion on the behavior of earth walls reinforced by steel elements* (Soustitre: Scénarios de corrosion des armatures métalliques et les dégradations du mur en terre armée) - ISBN 978-3-8417-2710-7, ed. I. 978-3-8417-2710-7, Germany: Éditions Universitaires Européennes (EUE) - OmniScriptum GmbH & Co. KG.

Ngày nhận bài: 17/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/8/2023
Người phản biện: TS. Trần Đình Quảng
TS. Trần Trung Việt

Tổng quan về ảnh hưởng của vật liệu nano Graphene oxit đến đặc tính cơ học, độ bền và cấu trúc của bê tông

■ **ThS. LÊ HOÀI BÃO; TS. NGÔ VĂN THỨC**
Trường Đại học Xây dựng Miền Tây
■ **PGS. TS. BÙI TIẾN THÀNH(*); CÙ ĐỨC THÀNH; TRẦN THẾ ANH HOÀNG NAM VIỆT; NGUYỄN THIỆN TRƯỜNG; LƯU NGUYỄN NHẬT**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)btthanh@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Graphene oxit (GO) đã được quan tâm sử dụng khi làm chất nano để gia cố vật liệu gốc xi măng do tính chất cơ học vượt trội và dễ hòa tan. Tuy nhiên, vai trò của GO trong vật liệu gốc xi măng, đặc biệt là trong bê tông vẫn chưa được làm sáng tỏ vì một số kết quả không nhất quán. Bài báo nhằm mục đích cung cấp đánh giá chuyên sâu về các tác động và cơ chế gia cố của GO đối với vật liệu gốc xi măng bằng cách tham khảo nhiều tài liệu tương quan. Các kết quả tổng hợp được cho thấy GO có rất nhiều triển vọng để ứng dụng trong bê tông, chúng giúp cải thiện những đặc tính cơ học và độ bền của bê tông thông qua việc lấp đầy các lỗ rỗng nano và tạo ra các sản phẩm C-S-H chất lượng.

TỪ KHÓA: Vật liệu nano, Graphene oxit, đặc tính cơ học, độ bền, cấu trúc vi mô.

ABSTRACT: Graphene oxide (GO) has been of interest to be used as a nanocomposite to to reinforce cement-based materials due to its superior mechanical properties and ease of solubility. However, the role of GO in cementitious materials especially in concrete has not been elucidated because of some inconsistent results. This paper aims to provide an in-depth review of the effects and reinforcing mechanisms of GO on cement composite by referencing a variety of correlative literature. The synthetic results show that GO has a lot of potential for application in concrete, GO contribute to improve the mechanical characteristics and durability of concrete by filling nanopores and producing high-quality C-S-H products.

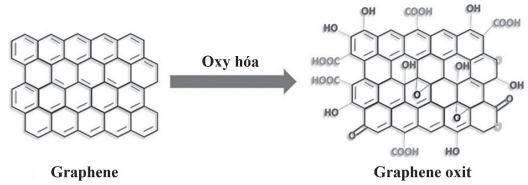
KEYWORDS: Nanomaterial, Graphene oxide, mechanical properties, durability, microstructure.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông xi măng là vật liệu được sử dụng rộng rãi trong kết cấu xây dựng do có chi phí thấp và cường độ nén cao. Tuy nhiên, phạm vi ứng dụng của bê tông đôi khi bị hạn chế do đặc tính giòn và dễ nứt. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng việc bổ sung nano-silica, nano-alumina, nano canxi cacbonat, nano titan dioxit, nano oxit sắt, sợi nano cacon và ống nano cacbon có thể góp phần cải thiện tính chất cơ học của vật liệu gốc xi măng ở các mức độ khác nhau [1].

Với diện tích bề mặt lớn, vật liệu nano giúp cung cấp vị trí cho quá trình tạo mầm tinh thể. Đồng thời, các vật liệu nano có thể lấp đầy các lỗ rỗng trong vữa xi măng để tạo ra cấu trúc vi mô đặc chắc [2]. Tuy nhiên, những vật liệu nano kể trên không hiệu quả về mặt kinh tế và khó khăn trong việc phân tán nên chúng bị hạn chế trong các ứng dụng thực tế.

Graphene là một trong những vật liệu nano được làm từ carbon nguyên chất, trong đó các nguyên tử carbon được sắp xếp trong một lớp duy nhất chỉ dày một nguyên tử. Graphene được cho là vật liệu bền nhất trên trái đất vì có tính chất cơ học vượt trội [3]. Các nhà nghiên cứu đã khám phá khả năng sử dụng Graphene và các dẫn xuất của nó ở các dạng khác nhau để cải thiện và nâng cao đặc tính của bê tông. Một trong những dẫn xuất Graphene dễ xử lý nhất được gọi là GO để sử dụng trong bê tông và vật liệu gốc xi măng. *Hình 1.1* trình bày cấu trúc hóa học của Graphene và GO.



Hình 1.1: Cấu trúc hóa học của Graphene và Graphene oxit [4]

GO được xem như một lớp Graphene ghép với các nhóm chức nên có khả năng phân tán tốt trong nước [5]. Các nhóm chức oxy và hydroxyl của GO có thể tương tác với hydrat xi măng giúp ổn định cấu trúc C-S-H và do đó giúp gia cường vật liệu gốc xi măng [6]. Mặt khác, GO có chi phí thấp hơn đáng kể so với các vật liệu nano khác nên việc sử dụng GO mang lại tiềm năng to lớn trong việc nâng cao tính chất cơ học và độ bền của vật liệu gốc xi măng [7].

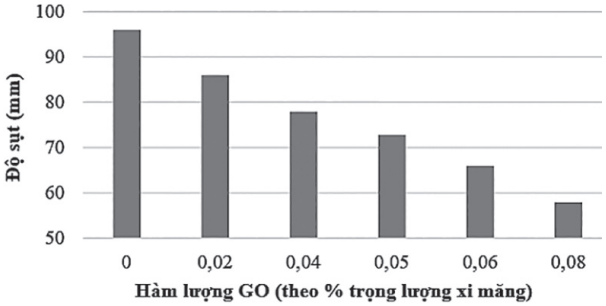
Cho đến nay, tại Việt Nam, theo hiểu biết của tác giả, có rất ít nghiên cứu về ảnh hưởng của GO đến các đặc tính của bê tông. Mục tiêu của bài báo là tổng hợp các ảnh hưởng của GO đến các đặc tính của bê tông xi măng, bao gồm cường độ, độ bền và cấu trúc vi mô để cung cấp cho người đọc cái nhìn tổng quan về ảnh hưởng của GO đến bê tông.

2. TÍNH CÔNG TÁC CỦA BÊ TÔNG KHI BỔ SUNG GO

Wang và c.s. [8] đã nghiên cứu ảnh hưởng của GO đến tính lưu động của hồ xi măng ở hai liều lượng 0,01 và 0,03%

trọng lượng xi măng và thấy rằng tính lưu động giảm tương ứng 10,8% và 36,9%. Tính công tác bị giảm là do sự hình thành cấu trúc keo tụ khi bổ sung GO. Các hạt GO kết tụ bao bọc một phần nước trộn và do đó làm giảm lượng nước thực tế trong bê tông. Ngoài ra, các hạt bị kết tụ làm tăng tính ma sát với vữa xi măng [9].

Tương tự, nghiên cứu của Hong và c.s. [10] thể hiện ở *Hình 2.1* cho thấy bê tông không chứa GO có giá trị độ sụt cao nhất là 96 mm. Với sự gia tăng hàm lượng GO các giá trị độ sụt giảm dần, với mức giảm tối đa 40% so với hỗn hợp không có GO.



Hình 2.1: Mối quan hệ giữa độ sụt và hàm lượng GO [10]

3. TÍNH CHẤT CƠ HỌC

Việc xem xét ảnh hưởng của GO đến cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, mô-đun đàn hồi, độ co ngót khô của bê tông đã được Chen và c.s. [11] nghiên cứu thực nghiệm. Kết quả cho thấy GO cải thiện đáng kể cường độ nén, cường độ uốn và mô-đun đàn hồi của bê tông ở 3, 7 và 28 ngày tuổi. Hàm lượng GO càng cao thì sự gia tăng cường độ càng rõ rệt, đặc biệt là khi bê tông ở 3 ngày tuổi.

Zhao và c.s. [12] đã tổng hợp 28 nghiên cứu khác nhau về cường độ chịu uốn và 11 nghiên cứu về cường độ chịu kéo trên vật liệu gốc xi măng và đưa ra hàm lượng GO tối ưu của mỗi nghiên cứu. Nhìn chung, cường độ của vật liệu gốc xi măng, trong đó có bê tông tăng đáng kể, tuy nhiên với mỗi loại và hàm lượng GO khác nhau dẫn đến mức độ tăng sẽ khác nhau nhưng phổ biến ở hàm lượng 0,02 - 0,06% trọng lượng xi măng.

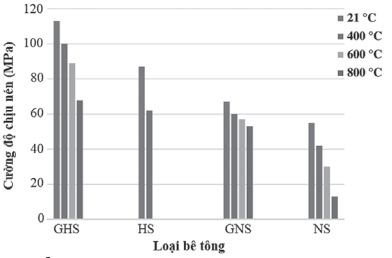
4. ĐỘ BỀN

4.1. Khả năng chống mài mòn

Trong thực tế, khả năng chống mài mòn là một trong những tính chất quan trọng của bê tông, đặc biệt đối với mặt đường bê tông tiếp xúc với phương tiện giao thông. Việc bổ sung GO với một lượng nhỏ (0,01 - 0,1% theo trọng lượng của xi măng), đặc biệt ở mức 0,1% có thể làm tăng đáng kể cường độ nén và khả năng chống mài mòn của bê tông [13]. Xu hướng tương tự cũng được tìm thấy trong các nghiên cứu khác [14].

4.2. Khả năng chịu nhiệt

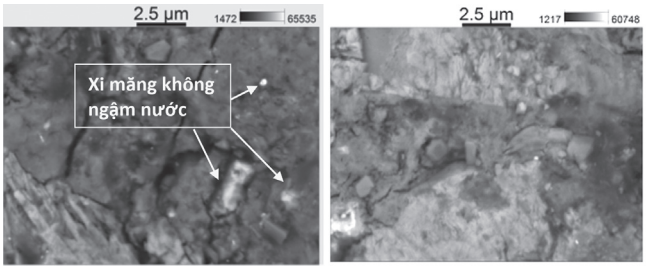
Hình 4.1 thể hiện kết quả kiểm tra cường độ nén của hỗn hợp bê tông ở các nhiệt độ khác nhau. Bê tông thông thường không có GO (NS) và bê tông cường độ cao không có GO (HS) đã giảm cường độ khoảng 30% khi tiếp xúc ở nhiệt độ 400^{0}C. Khi vượt quá 400^{0}C, mẫu HS đã bị tách vỡ, trong khi đó mẫu bê tông cường độ cao chứa GO (GHS) vẫn chưa có dấu hiệu phá hủy mặc dù đã tiếp xúc ở 800^{0}C. Khi bê tông thông thường được bổ sung GO (GNS), cường độ nén bị mất đi giảm hơn đáng kể so với NS mặc dù tiếp xúc cùng mức nhiệt độ [15].



Hình 4.1: Ảnh hưởng của nhiệt độ đến cường độ nén của bê tông có và không có GO [15]

5. PHÂN TÍCH CẤU TRÚC VI MÔ

Trong *Hình 5.1*, ảnh điện tử tán xạ ngược (BSE) cho thấy các khoáng chất chứa nguyên tố nặng hơn có màu xám, trong khi các khoáng chất chứa nguyên tố nhẹ hơn có màu tối [16]. Các phần tối là khoảng trống và vết nứt, trong khi màu xám thể hiện cho sự có mặt của $Ca(OH)_2$, C-H-S và các sản phẩm hydrat hóa khác và phần sáng nhất được xem như là xi măng không ngậm nước [17]. So với bê tông không chứa GO *(Hình 5.1a)*, sự xuất hiện của GO trong bê tông *(Hình 5.1b)* làm giảm lượng hạt xi măng không ngậm nước có ít phần màu sáng. Điều này cho thấy quá trình hydrat hóa của xi măng được tăng cường nhờ sự hiện diện của GO.

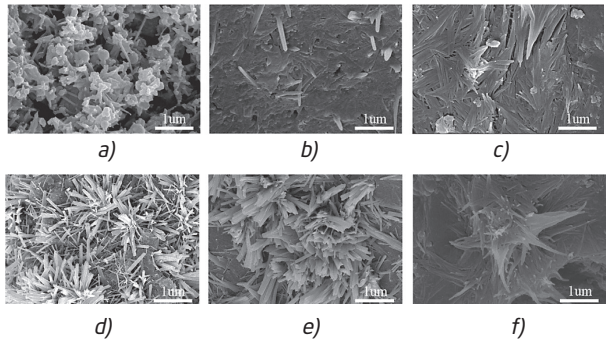


a) *b)*

Hình 5.1: Hình ảnh BSE của bê tông xi măng thông thường (a) và bê tông chứa GO (b) [13]

Phản ứng hydrat hóa của xi măng thông thường tạo ra các tinh thể dạng que, dạng kim, dạng phiến, các lỗ rỗng có kích thước nano và các sản phẩm khác [18]. Ngược lại, GO có thể đẩy nhanh phản ứng hydrat hóa của xi măng và thúc đẩy sự sắp xếp của các tinh thể thông thường này và hình thành các tinh thể giống như bông hoa dày đặc hơn. Các tinh thể giống như bông hoa có xu hướng hiện diện và lấp đầy lỗ rỗng, vết nứt [19].

Hình 5.2 cho thấy ảnh kính hiển vị điện tử (SEM) của các hỗn hợp bê tông có hàm lượng GO khác nhau sau 28 ngày. Có thể quan sát thấy các tinh thể dạng phiến và hình kim nhỏ sắp xếp không theo trật tự trong các mẫu vật không có GO, cũng như khoảng trống giữa các tinh thể *(Hình 5.2a)*. Nhìn chung, *Hình 5.2b - Hình 5.2f* cho thấy GO không chỉ có thể lấp đầy các lỗ rỗng ở cấp độ nano mà còn hình thành các tinh thể dạng bông hoa. Các tinh thể này dần dần phát triển kích thước và số lượng dày đặc với hàm lượng GO ngày càng tăng.



Hình 5.2: Ảnh SEM của bê tông với hàm lượng GO khác nhau sau 28 ngày: a) - 0,00%; b) - 0,02%; c) - 0,04%; d) - 0,05%; e) - 0,06%; f) - 0,08% [10]

6. KẾT LUẬN

Các nghiên cứu gần đây được xem xét trong bài báo này chỉ ra rằng GO thể hiện sự ảnh hưởng tích cực đến tính năng cơ học và độ bền của bê tông, tuy nhiên tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm với việc bổ sung GO dạng bột. Các hình ảnh bằng kính hiển vi cho thấy GO không chỉ lấp đầy lỗ rỗng ở cấp độ nano mà còn điều chỉnh sự hình thành và phát triển của các tinh thể dạng hoa, có thể góp phần cải thiện tính chất của bê tông. Kết quả điều tra cũng cho thấy với mỗi nghiên cứu khác nhau sẽ đưa ra hàm lượng GO tối ưu khác nhau, do vậy cần phải nghiên cứu thêm về ảnh hưởng của thành phần GO đến đặc tính của bê tông.

Tài liệu tham khảo

[1]. B. Han et al. (Apr. 2017), *Nano-core effect in nano-engineered cementitious composites*, Compos. Part A Appl. Sci. Manuf., vol.95, pp.100-109, doi: 10.1016/j.compositesa.2017.01.008.

[2]. B. Birgisson, A. K. Mukhopadhyay, G. Geary, M. Khan and Ko Sobolev (2012), *Nanotechnology in Concrete Materials*, Transportation Research Board.

[3]. C. Lee, X. Wei, J. W. Kysar and J. Hone (Jul. 2008), *Measurement of the Elastic Properties and Intrinsic Strength of Monolayer Graphene*, Science, vol.321, no.5887, pp.385-388, doi: 10.1126/science.1157996.

[4]. A. Ricci, A. Cataldi, S. Zara, and M. Gallorini (Mar. 2022), *Graphene-Oxide-Enriched Biomaterials: A Focus on Osteo and Chondroinductive Properties and Immunomodulation*, *Materials (Basel).*, vol.15, no.6, p.2229, doi: 10.3390/ma15062229.

[5]. A. Zandiatashbar et al. (Jan. 2014), *Effect of defects on the intrinsic strength and stiffness of graphene*, Nat. Commun., vol.5, no.1, p.3186, doi: 10.1038/ncomms4186.

[6]. D. Hou, Z. Lu, X. Li, H. Ma and Z. Li (May 2017), *Reactive molecular dynamics and experimental study of graphene-cement composites: Structure, dynamics and reinforcement mechanisms*, Carbon N. Y., vol.115, pp.188-208, doi: 10.1016/j.carbon.2017.01.013.

[7]. S. Sharma and N. C. Kothiyal (Jul. 2016), *Comparative effects of pristine and ball-milled graphene oxide on physico-chemical characteristics of cement mortar nanocomposites*, Constr. Build. Mater., vol.115, pp.256-268, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.04.019.

[8]. Q. Wang, S. Li, S. Pan, and Z. Guo (Apr. 2018), *Synthesis and properties of a silane and copolymer-modified graphene oxide for use as a water-reducing agent in cement pastes*, New Carbon Mater., vol.33, no.2, pp.131-139, doi: 10.1016/S1872-5805(18)60330-0.

[9]. P. Jyothimol, R. Hazeena, M. T. Issac and A. Mathiazhagan (Jun. 2020), *Effect of reduced graphene oxide on the mechanical properties of concrete*, IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol.491, no.1, p.012038, doi: 10.1088/1755-1315/491/1/012038.

[10]. X. Hong, J. C. Lee and B. Qian, *Mechanical Properties and Microstructure of High-Strength Lightweight Concrete Incorporating Graphene Oxide*, Nanomaterials, vol.12, no.5, p.833, doi: 10.3390/nano12050833.

[11]. Z. Chen, Y. Xu, J. Hua, X. Wang, L. Huang and X. Zhou (Jan. 2020), *Mechanical Properties and Shrinkage Behavior of Concrete-Containing Graphene-Oxide Nanosheets*, Materials (Basel)., vol.13, no.3, p.590, doi: 10.3390/ma13030590.

[12]. L. Zhao, X. Guo, L. Song, Y. Song, G. Dai and J. Liu (Apr. 2020), *An intensive review on the role of graphene oxide in cement-based materials*, Constr. Build. Mater., vol.241, p.117939, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117939.

[13]. S. Du, Z. Tang, J. Zhong, Y. Ge and X. Shi (Oct. 2019), *Effect of admixing graphene oxide on abrasion resistance of ordinary portland cement concrete*, AIP Adv., vol. 9, no.10, p.105110, doi: 10.1063/1.5124388.

[14]. C. D. Atiş (Jun. 2002), *High Volume Fly Ash Abrasion Resistant Concrete*, J. Mater. Civ. Eng., vol.14, no.3, pp.274-277, doi: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2002)14:3(274).

[15]. A. Mohammed, J. G. Sanjayan, A. Nazari and N. T. K. Al-Saadi (Jan. 2017), *Effects of graphene oxide in enhancing the performance of concrete exposed to high-temperature*, Aust. J. Civ. Eng., vol.15, no.1, pp.61-71, doi: 10.1080/14488353.2017.1372849.

[16]. M. Bodor et al. (Jan. 2016), *Laboratory investigation of carbonated BOF slag used as partial replacement of natural aggregate in cement mortars*, Cem. Concr. Compos., vol.65, pp.55-66, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2015.10.002.

[17]. S. W. M. Supit and F. U. A. Shaikh (Aug. 2015), *Durability properties of high volume fly ash concrete containing nano-silica*, Mater. Struct., vol.48, no.8, pp.2431-2445, doi: 10.1617/s11527-014-0329-0.

[18]. S. Lv, Y. Ma, C. Qiu and Q. Zhou (Oct. 2013), *Regulation of GO on cement hydration crystals and its toughening effect*, Mag. Concr. Res., vol.65, no.20, pp.1246-1254, doi: 10.1680/macr.13.00190.

[19]. A. P. Singh, M. Mishra, A. Chandra and S. K. Dhawan, *Graphene oxide/ferrofluid/cement composites for electromagnetic interference shielding application*, Nanotechnology, vol.22, no.46, p.465701, doi: 10.1088/0957-4484/22/46/465701.

Ngày nhận bài: 05/4/2023
Ngày chấp nhận đăng: 27/4/2023
Người phản biện: TS. Nguyễn Thị Cẩm Nhung
TS. Trần Việt Hưng

Nghiên cứu giải pháp sử dụng cốt liệu nhỏ trong sản xuất bê tông xi măng làm mặt đường ô tô tại Cà Mau

■ **TS. NGUYỄN ĐỨC TRỌNG**(*)
Phân hiệu tại TP. Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải
■ **KS. HUỲNH DUY KHƯƠNG**
Ban Quản lý dự án Xây dựng công trình giao thông Cà Mau
Email: (*)trongnd_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Hiện nay, nguồn vật liệu có chất lượng tốt trong khu vực ngày càng khan hiếm, đặc biệt là nguồn cát xây dựng nên lựa chọn cốt liệu nhỏ phù hợp để thay thế cát tự nhiên hạt thô trong sản xuất bê tông xi măng (BTXM) tại Cà Mau là hết sức cần thiết. Bài báo trình bày kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu như: độ sụt, cường độ chịu nén, cường độ kéo uốn, cường độ ép chẻ và mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh của BTXM khi sử dụng các loại cốt liệu nhỏ khác nhau. Kết quả thực nghiệm cho thấy, trong thành phần cốt liệu nhỏ chỉ nên phối trộn từ 20 - 60% cát mịn tại địa phương trong hỗn hợp cát thì mới có thể thay thế được cát tự nhiên hạt thô trong sản xuất BTXM làm mặt đường ô tô.

TỪ KHÓA: Cát mịn tự nhiên, hỗn hợp cát, cát nghiền, giải pháp sử dụng cát.

ABSTRACT: Currently, the source of good quality materials in the region is increasingly scarce, especially the source of construction sand, so it is necessary to create suitable materials that have to be considered in selecting alternative fine aggregate to natural coarse sand in the production of cement concrete in Ca Mau province. This paper presents the test results such as slump, compressive strength, flexural strength, splitting tensile Strength, and elastic modulus of cement concrete using different types of fine aggregates. Experimental results showed that the fine aggregate composition is around 20-60% local fine sand in the sand mixture so that it may be replace coarse natural sand in the production of cement concrete for pavement construction.

KEYWORDS: Natural fine sand, hybrid sand, crushed sand, solution to use sand.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tại Cà Mau, hệ thống đường bộ từng bước được đầu tư mới, nâng cấp và nối liền với các tuyến quốc lộ; nối liền trung tâm hành chính tỉnh với trung tâm hành chính huyện, xã, địa phương đã triển khai hoàn thành và đưa vào sử dụng đường hành lang ven biển phía Nam, QL1 đoạn Năm Căn - Đất Mũi, đường Bờ Nam sông Ông Đốc, đường Tắc Thủ - Vàm Đá Bạc, đường Trục chính Đông - Tây, góp phần hình thành những hành lang vận tải chính phục vụ sản xuất và nhu cầu đi lại của người dân. Theo số liệu năm 2021, toàn tỉnh có 4.693 tuyến đường các loại với tổng chiều dài khoảng 15.093 km, trong đó quốc lộ là 220,04 km (chiếm 1,46% tổng chiều dài), đường tỉnh là 337,6 km (chiếm 2,24% tổng chiều dài), đường huyện là 910,953 km (chiếm 6,04% tổng chiều dài), đường nội thị là 372,46 km (chiếm 2,47% tổng chiều dài), đường chuyên dùng là 75,5 km (chiếm 0,5% tổng chiều dài), còn lại là đường giao thông nông thôn [1]. Trong đó, đường BTXM phần lớn được dùng trong giao thông nông thôn, còn các loại đường khác thì tỷ trọng còn khá khiêm tốn. Hiện nay, còn một số lượng lớn đường huyện theo quy hoạch, tình trạng mặt đường cũ xuống cấp đã ảnh hưởng không nhỏ đến việc đi lại, vận chuyển hàng hóa của người dân địa phương. Do vậy, việc làm mới các tuyến đường này bằng BTXM là cần thiết.

Sự khan hiếm nguồn vật liệu tại chỗ và những khó khăn về điều kiện địa hình đã ảnh hưởng đến công tác vận chuyển, tìm nguồn cung cấp cốt liệu nhỏ phù hợp thay thế vật liệu truyền thống. Trong khi nhu cầu bê tông dùng trong xây dựng đường ô tô tại Cà Mau ngày càng lớn, mặt đường BTXM lại thích hợp với biến đổi khí hậu, nước biển dâng và tải trọng xe nặng ngày càng nhiều đã mang đến những thách thức cho cơ quan quản lý địa phương nhằm tìm ra nguồn cát phù hợp để sản xuất bê tông. Yêu cầu chất lượng cốt liệu nhỏ là phải sạch, không chứa nhiều tạp chất hữu cơ, giá cả phù hợp nhằm mang lại những hiệu quả khi sử dụng. Vì thế, việc sử dụng một phần cát nghiền thay cho cát tự nhiên để làm cốt liệu nhỏ sản xuất BTXM ngày càng nhiều hơn. Một số nghiên cứu trước đây đã báo cáo việc sử dụng cát nghiền để làm bê tông, bao gồm cả sự kết hợp giữa cát nghiền và cát sông để tăng cường độ của bê tông. Theo [2-8] thì các hạt cát nghiền được xác định là mỏng, dẹt, dài và thô hơn cát tự nhiên ở sông, những đặc điểm này ảnh hưởng có lợi đến vi cấu trúc làm cường độ của bê tông cao hơn. Theo T.Shanmugapriya và cộng sự [7] đã thay thế 50% cát tự nhiên bằng cát nghiền để đạt được cường độ nén và uốn tối ưu của bê tông.

Nghiên cứu này trình bày những hiệu quả kỹ thuật, đề xuất các giải pháp sử dụng cốt liệu nhỏ để sản xuất BTXM làm mặt đường trong điều kiện thiếu hụt nguồn cát tự nhiên tốt tại khu vực Cà Mau. Từ đó khuyến cáo, đề xuất các giải pháp phù hợp trong việc lựa chọn nguồn cát phù hợp để sản xuất BTXM nhằm mang lại hiệu quả kinh tế - kỹ thuật, đáp ứng yêu cầu trong xây dựng mặt đường BTXM tại địa phương.

2. VẬT LIỆU CHẾ TẠO VÀ KẾ HOẠCH THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu chế tạo

2.1.1. Cốt liệu lớn

Sử dụng loại đá dăm (5x20)mm được lấy từ khu vực Đông Nam bộ (mỏ đá Kim Dinh, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu) có các chỉ tiêu cơ lý đạt yêu cầu TCVN 7570-2006: Độ hút nước: 0,4%, khối lượng thể tích xốp: 1.432 g/cm^3, khối lượng riêng: 2.744 g/cm^3, hàm lượng chung bụi, bùn, sét: 0,45%, độ mài mòn: 13,8%.

2.1.2. Cốt liệu nhỏ

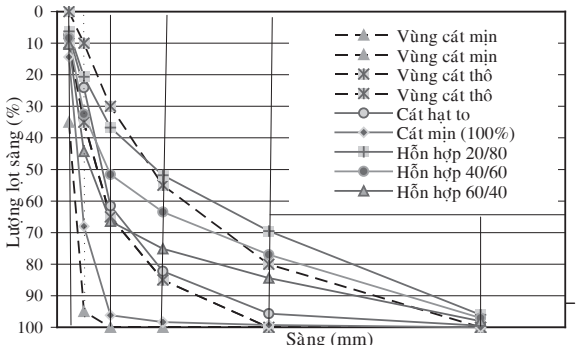
Sử dụng lần lượt 100%, 60%, 40%, 20% cát tự nhiên hạt mịn trộn với 0%, 40%, 60%, 80% cát nghiền làm cốt liệu nhỏ để chế tạo mẫu BTXM (kí hiệu lần lượt là: cát mịn - 100%, hỗn hợp 40/60, hỗn hợp 60/40, hỗn hợp 80/20), với mô-đun độ lớn (M_{dl}) của cốt liệu nhỏ lần lượt là: 1,24, 2,19, 2,67, 3,15. Có dùng mẫu cát tự nhiên hạt thô chế tạo BTXM cùng loại để đối chứng; cát tự nhiên hạt mịn, cát nghiền, cát tự nhiên hạt thô có các chỉ tiêu cơ lý như sau:

- Cát tự nhiên hạt mịn *(Hình 2.1)*: Là cát có tại địa phương có các chỉ tiêu kỹ thuật như sau: M_{dl}=1,24, khối lượng riêng là 2,645 g/cm^3, khối lượng thể tích xốp là 1,319 g/cm^3, hàm lượng chung bụi, bùn, sét: 1,28%, độ hút nước: 1,38%.

- Cát nghiền : Lấy từ mỏ đá Kim Dinh, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, thuộc nhóm cát hạt to; có các chỉ tiêu kỹ thuật như sau: M_{dl}=3,63; khối lượng riêng là: 2,682g/cm^3; khối lượng thể tích xốp là: 1,529g/cm^3, hàm lượng chung bụi, bùn, sét: 1,15%, độ hút nước: 0,68%.

- Cát tự nhiên hạt thô dùng để đối chứng: Lấy từ hồ Dầu Tiếng, tỉnh Tây Ninh, có các chỉ tiêu kỹ thuật như sau: M_{dl}=2,299, khối lượng riêng là 2,653 g/cm^3, khối lượng thể tích xốp là 1,497 g/cm^3, độ hút nước là: 0,80%, hàm lượng chung bụi, bùn, sét: 0,69%.

Hình 2.1: Cát tự nhiên hạt mịn



Hình 2.2: Thành phần hạt của cốt liệu nhỏ

2.1.3. Xi măng

Nghiên cứu này sử dụng loại xi măng Insee-PCB40 có cường độ chịu nén theo TCVN6016:2011 tuổi 28 ngày là 43,81 MPa, khối lượng riêng của xi măng là 3,10 g/cm^3, lượng nước tiêu chuẩn là 32,5%.

2.1.4. Nước

Nước sử dụng cho bê tông là nước sạch, đạt tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

2.2. Thành phần cấp phối BTXM và kế hoạch thực nghiệm

- Tính toán thành phần cấp phối BTXM có cường độ chịu nén 30 Mpa, sau đó giữ nguyên thành phần cốt liệu lớn (đá 5x20 mm), xi măng và nước; chỉ thay đổi thành phần cốt liệu nhỏ. Kết quả được trình bày ở *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Thành phần vật liệu chế tạo BTXM cường độ chịu nén 30 MPa

Tên tổ hợp	Cốt liệu lớn đá 5x20 mm (kg)	Cát nghiền (kg)	Cát tự nhiên - hạt mịn (kg)	Cát tự nhiên - hạt thô (kg)	Xi măng (kg)	Nước (kg)
BT1 (HH20/80)	1.102	578	145	0	395	200
BT2 (HH40/60)	1.102	434	289	0	395	200
BT3 (HH60/40)	1.102	289	434	0	395	200
BT4 (HH100/0)	1.102	0	723	0	395	200
BT5 (Cát thô - tự nhiên)	1.102	0	0	723	395	200

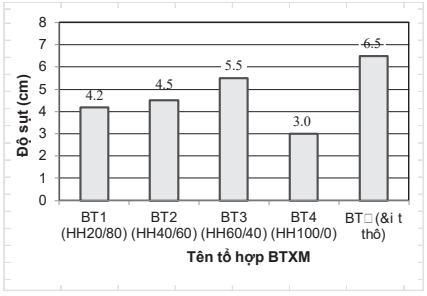
- Với mỗi tổ hợp (cấp phối BTXM) lấy giá trị trung bình của 3 mẫu để xác định một chỉ tiêu của BTXM cho mỗi ngày tuổi. Mỗi tổ hợp chế tạo 24 mẫu (gồm 12 mẫu lập phương để xác định cường độ chịu nén (R_n) và cường độ chịu ép chẻ (R_{ech}) ở tuổi 7, 28 ngày; 6 mẫu lăng trụ để xác định cường độ kéo uốn (R_u) ở tuổi 7, 28 ngày; 6 mẫu lăng trụ để xác định mô-đun đàn hồi (E_{dh}) ở tuổi 28 ngày). Tổng cộng 5 tổ hợp có tất cả 120 mẫu BTXM các loại được chế tạo, bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn theo TCVN3105:2022 cho đến ngày tuổi thí nghiệm và được thử nghiệm tại phòng thí nghiệm hợp chuẩn (LAS-XD154). Trong đó, sử dụng TCVN 3106:2022 để thử độ sụt, TCVN 3118:2022 để xác định R_n, TCVN 3119:2022 để xác định R_u, TCVN 3120:2022 để xác định R_{ech}, TCVN 5726:2022 để xác định E_{dh} của BTXM.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Kết quả thí nghiệm về: Độ sụt (S_n), cường độ chịu nén (R_n), cường độ chịu uốn (R_u), cường độ ép chẻ (R_{ech}) và mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh (E_{dh}) của BTXM cường độ 30 MPa sử dụng các loại cốt liệu nhỏ khác nhau, kết quả nghiên cứu được tổng hợp và đánh giá như sau:

3.1. Độ sụt của BTXM

Kết quả độ sụt của BTXM trình bày ở *Hình 3.1* cho nhận xét như sau:



Hình 3.1: Độ sụt của BTXM

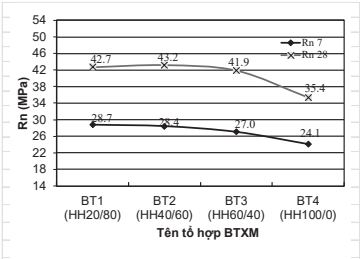
Khi hàm lượng cát tự nhiên hạt mịn trong thành phần cốt liệu nhỏ càng nhiều (phạm vi từ 20 - 60%) thì độ sụt của BTXM càng tăng, nhưng khi chỉ sử dụng hoàn toàn là cát mịn (100%) thì độ sụt giảm đáng kể. Cụ thể, khi sử dụng 20%, 40%, 60% cát tự nhiên hạt mịn trong hỗn hợp cốt liệu nhỏ thì độ sụt BTXM tăng so với khi sử dụng hoàn toàn là cát tự nhiên hạt mịn (độ sụt 3,0 cm) lần lượt là 40%, 50%, 83%, nhưng độ sụt vẫn giảm so với sử dụng hoàn toàn cát tự nhiên hạt thô lần lượt là: 35%, 31%, 15%.

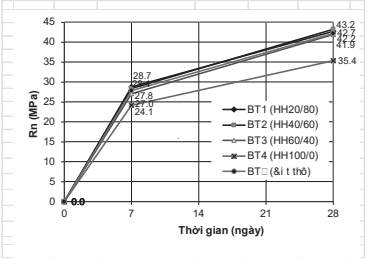
Có thể giải thích như sau: Khi sử dụng hàm lượng cát tự nhiên càng nhiều thì tính góc cạnh, dẹt dài của cát nghiền sẽ được khắc phục [2, 6, 8], vì lực ma sát giữa các hạt tròn trơn của cát tự nhiên sẽ nhỏ hơn so với lực ma sát của các hạt thô, dẹt dài của cát nghiền, tuy nhiên khi sử dụng hoàn toàn là cát mịn thì tỷ diện tích bề mặt của cốt liệu nhỏ sẽ tăng lên nên cần lượng nước nhiều hơn, trong khi lượng nước sử dụng cho các cấp phối là như nhau làm cho độ sụt của BTXM dùng nhiều cát nghiền và hoàn toàn là cát tự nhiên hạt mịn sẽ nhỏ hơn so với khi dùng cát tự nhiên hạt thô.

3.2. Tính năng cơ học của BTXM

Từ kết quả nghiên cứu về cường độ: R_n, R_u, R_{ech}, E_{dh} của BTXM vẽ được các biểu đồ *Hình 3.2, Hình 3.3, Hình 3.4, Hình 3.5*.

**** Cường độ chịu nén:*** Kết quả được thể hiện ở *Hình 3.2* như sau:

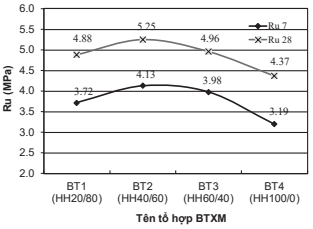


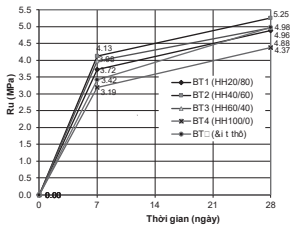


Hình 3.2: Biểu đồ R_n của BTXM

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén ở *Hình 3.2* cho thấy khi hàm lượng cát tự nhiên hạt mịn trong hỗn hợp cát càng nhiều thì cường độ chịu nén càng giảm, với tỷ lệ cát tự nhiên hạt mịn chiếm 20%, 40%, 60% thì Rn của BTXM tương đương hoặc tốt hơn dùng cát tự nhiên hạt thô. R_n của BTXM tuổi 7 ngày đạt 65 - 67% so với tuổi 28 ngày. Với hàm lượng cát tự nhiên trong cốt liệu nhỏ chiếm 40% thì R_n của BTXM tuổi 28 ngày đạt giá trị lớn nhất và cao hơn dùng cát tự nhiên hạt thô, cát tự nhiên hạt mịn lần lượt là: 2,4%, 22,2%.

**** Cường độ kéo uốn:*** Kết quả được thể hiện ở *Hình 3.3* như sau:

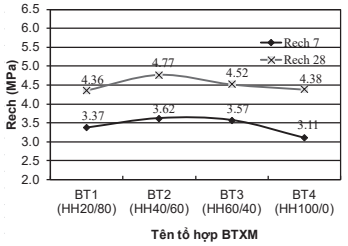


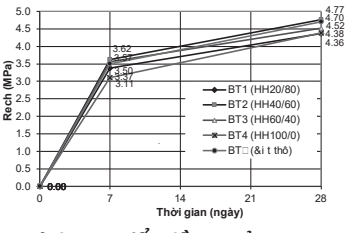


Hình 3.3: Biểu đồ R_u của BTXM

Kết quả thực nghiệm R_u của BTXM ở *Hình 3.3* cho thấy, với tỷ lệ cát tự nhiên hạt mịn chiếm 40%, 60% trong hỗn hợp cát thì R_u của BTXM tương đương hoặc tốt hơn so với khi dùng cát tự nhiên hạt thô. R_u của BTXM tuổi 7 ngày đạt 76 - 80% so với tuổi 28 ngày. Với hàm lượng cát tự nhiên trong cốt liệu nhỏ chiếm 40% thì R_u của BTXM tuổi 28 ngày đạt giá trị lớn nhất và cao hơn dùng cát tự nhiên hạt thô, cát tự nhiên hạt mịn lần lượt là: 5,4%, 20,0%. Điều đó cho thấy, khi hàm lượng cát tự nhiên hạt mịn trong hỗn hợp cát chiếm một tỷ lệ hợp lý thì liên kết cấu trúc tăng, lực ma sát và dính bám của hồ xi măng tăng nên đã cải thiện cường độ chịu uốn [2, 8].

**** Cường độ ép chẻ (kéo khi bửa đôi):*** Kết quả được thể hiện ở *Hình 3.4* như sau:

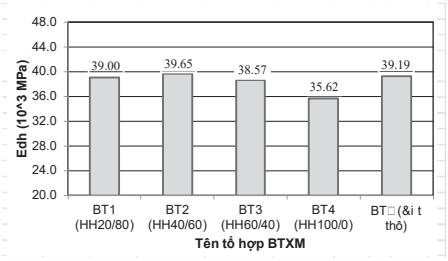




Hình 3.4: Biểu đồ R_{ech} của BTXM

Tương tự kết quả thí nghiệm Ru thì kết quả thí nghiệm R_{ech} của BTXM ở *Hình 3.4* cho thấy, khi tỷ lệ cát tự nhiên hạt mịn chiếm 40%, 60% thì R_{ech} của BTXM là tốt nhất. R_{ech} của BTXM tuổi 7 ngày đạt 77 - 79% so với tuổi 28 ngày. Với hàm lượng cát tự nhiên trong cốt liệu nhỏ chiếm 40% thì R_{ech} của BTXM tuổi 28 ngày đạt giá trị lớn nhất và cao hơn dùng cát tự nhiên hạt thô, cát tự nhiên hạt mịn lần lượt là: 1,3%, 8,7%.

** Mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh:* Kết quả được thể hiện ở *Hình 3.5* như sau:

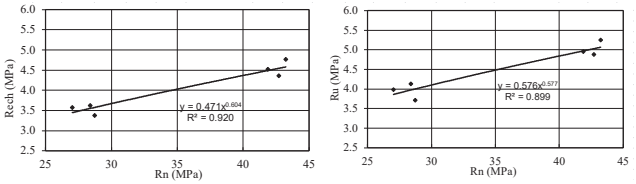


Hình 3.5: Biểu đồ E_{dh} của BTXM ở 28 ngày tuổi

Kết quả thí nghiệm mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh của BTXM ở *Hình 3.5* cho thấy, khi tỷ lệ cát tự nhiên hạt mịn chiếm 20%, 40%, 60% thì E_{dh} của BTXM tương đương hoặc cao hơn so với dùng cát tự nhiên hạt thô. Với hàm lượng cát tự nhiên trong cốt liệu nhỏ chiếm 20 - 60% thì E_{dh} của BTXM tuổi 28 ngày đạt giá lớn hơn so với khi dùng cát tự nhiên hạt mịn từ 8,3 - 11,3%. Với hàm lượng cát tự nhiên chiếm 40% thì E_{dh} của BTXM tuổi 28 ngày đạt giá trị lớn nhất và cao hơn dùng cát tự nhiên hạt thô, cát tự nhiên hạt mịn lần lượt là: 1,2%, 11,3%.

Từ kết quả thực nghiệm thiết lập được mối quan hệ giữa R_u và R_{ech} với R_n của BTXM có chứa từ 20 - 60% cát mịn tự nhiên trong thành phần cốt liệu nhỏ: $R_u = 0{,}576 * R_n^{0.577}$, $R^2 = 0{,}899$.

và $R_{ech} = 0{,}471 * R_n^{0.604}$, $R^2 = 0{,}920$



** Các kết quả về tính chất cơ học của BTXM ở trên có thể giải thích như sau:*

Cường độ của BTXM được cải thiện khi sử dụng cốt liệu nhỏ được bổ sung các hạt cát nghiền có hình dạng dẹt, nhám hơn giúp cải thiện các tính chất cơ học của BTXM [2, 8], đặc biệt là chỉ tiêu R_u, R_{ech} và E_{dh}. Những chỉ tiêu này khá quan trọng cho BTXM làm đường ô tô.

Ở tuổi 28 ngày R_n, R_u, R_{ech}, E_{dh} của BTXM khi sử dụng cốt liệu nhỏ với 60% cát nghiền (theo khối lượng) có giá trị cao hơn so với dùng cát tự nhiên tốt (cát hạt thô) và cát tự nhiên hạt mịn lần lượt là: 2,4% & 22,2%, 5,4% & 20,0%, 1,3% & 8,7%, 23,5% & 31,9%. Với việc bổ sung một hàm lượng cát nghiền hợp lý trong thành phần cốt liệu nhỏ đã làm tăng dính bám giữa hồ xi măng và cốt liệu, làm tăng liên kết cấu trúc, ma sát giữa các hạt tăng lên [3], sự kết hợp của cát tự nhiên và cát nghiền với các phân bố hạt khác nhau được cho là tạo ra một cấu trúc vi mô dày đặc hơn [8] nên đã cải thiện khả năng chịu lực của BTXM tăng hơn so với khi sử dụng cát tự nhiên có các hạt tròn trơn.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu, một số kết luận được rút ra như sau:

- Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi hàm lượng cát tự nhiên hạt mịn tại địa phương trong hỗn hợp cát chiếm 40% thì cho các tính chất của BTXM tốt hơn so với các tỷ lệ khác và tốt hơn cả dùng cát tự nhiên hạt thô.

- Với đặc điểm chịu lực của công trình đường ô tô yêu cầu cao về R_u và E_{dh} thì nên sử dụng tỷ lệ cát tự nhiên hạt mịn tự nhiên tại địa phương chiếm từ 40 - 60% trong hỗn hợp cát để sản xuất BTXM làm đường ô tô vì với tỷ lệ sử dụng này thì R_u/R_n đạt cao từ 0,118 - 0,121 tương đương dùng cát tự nhiên tốt. Không những thế, các chỉ tiêu cần thiết của BTXM trong xây dựng đường ô tô được cải thiện đáng kể, có giá trị tương đương hoặc tốt hơn so với dùng cát tự nhiên hạt thô.

- BTXM dùng cốt liệu nhỏ đề xuất trong nghiên cứu này (với lượng xi măng 1 m^3 bê tông là 395 kg) đủ điều kiện làm mặt đường BTXM từ cấp III trở xuống (Ru $\geq$ 4,5 MPa). Giải pháp dùng cát trộn mở ra hướng giải quyết vấn đề thiếu hụt, khan hiếm nguồn cát xây dựng tốt tại Cà Mau nói riêng cũng như khu vực Phía Tây Nam bộ nói chung trong việc sử dụng nguồn cốt liệu nhỏ phù hợp để sản xuất BTXM nhằm nâng cao chất lượng công trình.

Tài liệu tham khảo

[1]. *Quy hoạch tỉnh Cà Mau thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến 2050*, ban hành năm 2022 của UBND tỉnh Cà Mau.

[2]. Nguyễn Đức Trọng (2021), *Ảnh hưởng độ góc cạnh của cốt liệu nhỏ đến các tính chất của bê tông làm mặt đường ô tô,* Tạp chí GTVT, số tháng 9, Hà Nội.

[3]. Li Beixing, Wang Jiliang, Zhou Mingkai (2009), *Effect of limestone fines content in manufactured sand on durability of low- and high-strength concretes*, China.

[4]. G.A. Rao, B.K.R. Prasad (2002), *Influence of the roughness of aggregate surface on the interface bond strength*, Cem. Concr. Res. 32 (2), 253-257.

[5]. M.G. Alexander (1993), *Two experimental techniques for studying the effects of the interfacial zone between cement paste and rock*, Cem. Concr. Res. 23 (3), 567-575.

[6]. U. Tread, O. Buyukozturk (1998), *Size effect and influence of aggregate roughness in interface fracture of concrete composites*, ACI Mater. J. 95 (4), 331-338.

[7]. T. Shanmugapriya, R.N. Uma (2012), *Optimization of partial replacement of m-sand by natural sand in high performance concrete with silica fume*, Int. J. Eng. Sci. Emerg. Technol. 2, 73-80.

[8]. Nguyen D.T., Nguyen D.L.*, Lam M.N.-T. (2022), *An experimental investigation on the utilization of crushed sand in improving workability and mechanical resistance of concrete*, Construction and Building Materials, 326, 126766, pp.1-15.

Ngày nhận bài: 17/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 12/8/2023
Người phản biện: TS. Hồ Xuân Ba
PGS. TS. Lê Văn Phúc

Nghiên cứu hiệu quả gia tăng sức chịu tải của cọc đá nghiền kết hợp với vải địa kỹ thuật trên mô hình thực nghiệm

■ **ThS. NGUYỄN HẢI HÀ; TS. NGUYỄN THÁI LINH**(*)
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)thailinhdkt@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Trụ đá hay trụ vật liệu hạt rời là một trong những giải pháp xử lý nền đất yếu với tác dụng chính nhờ nén chặt đất do sự chiếm chỗ của các vật liệu rời được đưa và đầm chặt vào nền đất yếu, tận dụng được khả năng gia tăng cường độ của những vật liệu này khi đầm chặt hơn nhiều lần so với cường độ vốn có của nền đất yếu. Dưới ảnh hưởng của quá trình thi công, vật liệu hạt rời được lèn chặt cùng đất nền và tạo thành một trụ có tiết diện diện và chiều dài cơ bản được xác định và kiểm soát, đất xung quanh trụ sẽ bị ép chặt, nhờ đó sức kháng cắt và sức chịu tải của đất tăng, giảm được độ lún và loại bỏ bớt nguy cơ của hiện tượng hóa lỏng của cát trong những vùng có động đất. Bài báo nhằm mục đích nghiên cứu việc gia tăng khả năng chịu tải của cọc đá nghiền trên mô hình thực nghiệm.

TỪ KHÓA: Trụ đá, trụ vật liệu rời, sức chịu tải, đất yếu.

ABSTRACT: Stone columns or granular columns are one solution for soft soil by compacting the soil through the implementation of granular materials, utilizing the increased strength of these materials when densely compacted. Under the influence of construction processes, granular material forms a column with a defined cross-section and length, and the surrounding soil becomes denser. Consequently, the shear strength and bearing capacity of the soil are enhanced, reducing settlement and removing the risk of liquefaction in earthquake-prone regions. The purpose of this paper is to examine the increase in the bearing capacity of stone columns using various methodologies based on laboratory experiments.

KEYWORDS: Stone columns, granular columns, bearing capacity, soft soil.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự có mặt phổ biến các tầng đất yếu, đa dạng về thành phần và tính chất và đặc biệt phức tạp về cấu trúc nền ở nước ta cũng như phân bố đã tạo nên tính đặc thù mang tính khu vực đã và đang phần nào gây những khó khăn trong việc lựa chọn hợp lý biện pháp xử lý, cải tạo nền hay biện pháp xây dựng công trình trên nền đất yếu. Hiện nay, có nhiều biện pháp cải tạo hay gia cố nền đất yếu sâu đã và đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới và Việt Nam, trong đó trụ vật liệu hạt rời đang được ứng dụng khá phổ biến ở các dạng khác nhau, như cát hay sỏi tự nhiên, cát hay đá nghiền nhân tạo, bởi đã có những cơ sở lý thuyết được kiểm chứng từ thực nghiệm cũng như chứng minh bằng hiệu quả cải tạo nền đất yếu qua các công trình thực tế.

Cọc đá nghiền là một dạng trụ vật liệu rời được tạo thành từ việc đầm chặt các đá nghiền với cấp phối hạt phù hợp (loại vật liệu có cường độ), tạo thành trụ vật liệu đá rời rạc (Stone column) trong nền đất có độ cứng vượt trội đất yếu, kích thước nhất định giống cọc cứng. Cọc đá rời dạng giản đơn được áp dụng tại Pháp vào những năm 1830 và sử dụng rộng rãi ở châu Âu từ những năm 1950. Cơ sở lý thuyết loại cọc này bắt đầu được nghiên cứu bởi Priebe (1976) và Aboshi (1979) [1, 2, 10]. Đến năm 2008, biện pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc đá rời được giới thiệu chính thức vào các dự án tại Việt Nam như: nền Nhà máy InterFlour; Nhà máy Vifon; bãi đóng dàn khoan PTSC; Nhà máy Hóa lọc dầu Nghi Sơn... Nền sau khi gia cố có thể chịu được tải trọng cao (lên đến 50 T/ m^3 ở dự án PTSC) và độ lún dư và lún lệch nhỏ (móng bồn dầu cho dự án hóa lọc dầu Nghi Sơn cho phép lún lệch 13 mm/10 m theo chu vi) [13]. Đến nay, sau một khoảng thời gian áp dụng đã và đang cho thấy biện pháp xử lý nền đất yếu này có nhiều ưu điểm, thời gian thi công nhanh, giá thành cạnh tranh hơn so với một số biện pháp khác.

Mặc dù đã được nghiên cứu và áp dụng cọc đá nghiền trong xử lý nền đất yếu ở Việt Nam từ khá lâu, tuy nhiên, cho đến nay có ít nghiên cứu về cọc vật liệu hạt rời hay cọc đá rời đầm chặt kết hợp với lưới địa kỹ thuật hoặc vải địa kỹ thuật cho điều kiện đất nền của Việt Nam, chưa có tiêu chuẩn TCVN và định mức dự toán cho phương pháp này. Bài báo được thực hiện trên phân tích nghiên cứu thực nghiệm trong phòng để đánh giá được hiệu quả của vải địa kỹ thuật trong gia tăng sức chịu tải của cọc đá nghiền khi xử lý nền đất yếu.

2. MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM CỌC ĐÁ NGHIỀN KẾT HỢP VỚI VẢI ĐỊA KỸ THUẬT

2.1. Chuẩn bị hộp thí nghiệm, vật liệu

Mô hình vật lý nghiên cứu thực nghiệm được lựa chọn cho việc xác định sức chịu tải cọc đá nghiền khi kết hợp

với vải địa kỹ thuật trong xử lý nền đất yếu với các trường hợp khác nhau. Mô hình vật lý được xác lập trong Phòng Thí nghiệm Địa kỹ thuật, Trường Đại học GTVT dựa trên cơ sở lý thuyết đồng dạng, được kiểm chứng và đánh giá tin cậy trong lĩnh vực địa kỹ thuật [5, 7, 8, 11].

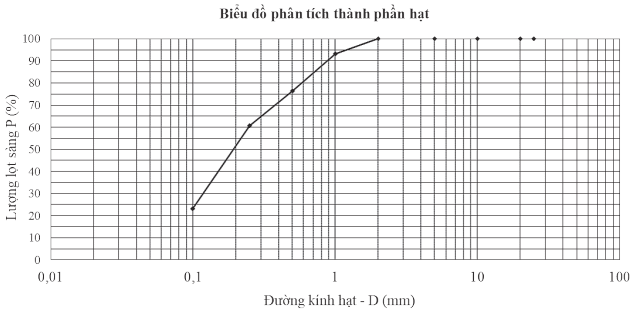
Mô hình được thực hiện với các kích thước cọc đá nghiền có đường kính 20 mm, chiều dài 20 cm kết hợp với vải địa kỹ thuật không dệt có cường độ chịu kéo 50 kN/m được thực hiện trong hộp thí nghiệm hình trụ tròn có đường kính 10 cm, chiều cao 22 cm. Hộp được làm từ vật liệu có độ cứng cao, không bị biến dạng khi chịu lực, kích thước thùng đủ lớn để bố trí cọc đơn ở chính giữa hộp, xung quang là đất yếu và có đủ không gian để thực hiện thi công chế tạo cọc theo các phương pháp khác nhau. Phía dưới đáy của hộp thí nghiệm có đục các lỗ nhỏ xung quanh thành hộp và bố trí lớp đệm cát mỏng dày 2 cm.

Đất thí nghiệm được lựa chọn nghiên cứu là đất sét pha, trạng thái dẻo chảy, lấy tại độ sâu 4 m, khu vực Kim Trung, Hoài Đức, Hà Nội. Mẫu đất được đưa vào mô hình thành từng lớp, cố kết sơ bộ và có các đặc trưng địa kỹ thuật của đất sau khi đưa vào mô hình, xác định lại có giá trị như *Bảng 2.1*.

Vật liệu để chế tạo cọc đá nghiền được sử dụng gồm hỗn hợp đá nghiền xây dựng được thiết lập theo tỷ lệ cấp phối phù hợp với tỷ lệ của mô hình gồm có các cốt liệu có kích thước và tỷ lệ hàm lượng cấp phối của cốt liệu trong *Hình 2.1*.

Bảng 2.1. Một số đặc trưng vật lý của đất yếu sử dụng nghiên cứu thực nghiệm

Đặc trưng	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Độ ẩm	W	%	45,03
Hàm lượng hạt sét	-	%	30,57
Giới hạn chảy	W_L	%	49,22
Giới hạn dẻo	W_P	%	32,30
Độ sệt	I_L	-	0,752
Trọng lượng thể tích	γ	kN/m³	16,6
Trọng lượng riêng hạt	γ_h	kN/m³	26,8
Hệ số rỗng	e	-	1,34
Sức chống cắt không thoát nước	S_u	kPa	18,5



Hình 2.1: Biểu đồ phân tích thành phần hạt cốt liệu trong mô hình thực nghiệm

2.2. Quy trình chế tạo cọc đá nghiền kết hợp với vải địa kỹ thuật trên mô hình thực nghiệm

Mô hình thực nghiệm được lắp đặt theo các bước chính:

- Bước 1: Đưa đất vào mô hình và cố kết sơ bộ:

Trải lớp đệm cát phía dưới đáy hộp nhằm tạo ra mô hình hai mặt thoát nước. Đất thí nghiệm được đổ vào trong hộp theo từng lớp dày 2 - 3 cm, sau đó, đất được cố kết với hai mặt thoát nước theo nguyên tắc như của Fang (2006) [8]. Quá trình cố kết kéo dài trong một tuần cho đến khi nước trong lỗ rỗng không còn thoát ra ngoài theo các lỗ nhỏ ở thành của hộp thí nghiệm.

- Bước 2: Tạo cọc đá nghiền:

Cốt liệu chế tạo cọc đá được chuẩn bị lượng cốt liệu với tỷ lệ cấp phối thiết kế đảm bảo khối lượng tương ứng với trạng thái có độ chặt từ 0,85 - 0,9, sau đó đem chế tạo cọc với hỗn hợp cốt liệu đã được trộn đều.

Cọc được chế tạo tương ứng với phương pháp đầm rung đến độ chặt từ 0,85 - 0,9 với các trường hợp cọc đá nghiền không có vải địa kỹ thuật và cọc đá nghiền bọc vải địa kỹ thuật thực hiện theo các bước chính như sau:

+ Tạo lỗ trong đất yếu bằng hệ thống ống 2 nòng và rút nòng ống bên trong. Đối với trường hợp thi công có bọc vải địa kỹ thuật thì lớp vải bọc địa kỹ thuật được lồng vào giữa 2 nòng ống trước khi thi công.

Hình 2.2: Các bước thực nghiệm tạo cọc đá nghiền trong phòng thí nghiệm

+ Đổ từ từ hỗn hợp cốt liệu đã được trộn theo đúng tỷ lệ, vừa đổ vừa tiến hành rung và dùng 1 thanh búa nhỏ đầm trong lòng ống. Quá trình rung, đầm được thực hiện đồng thời với quá trình rút nòng ống bên ngoài, đảm bảo cho luôn giữ được phần cốt liệu trong ống khoảng 2 - 3 cm. Quá trình rung và đầm được tiến hành từ từ đảm bảo cho đến khi đưa hết lượng cốt liệu tính toán để cọc đạt độ chặt từ 0,85 - 0,9 theo thiết kế.

- Bước 3: Hoàn thiện mô hình, san phẳng bề mặt và trải lớp cát mỏng dày khoảng 1 - 2 cm, chuẩn bị cho thí nghiệm xác định sức chịu tải của cọc theo các trường hợp khác nhau.

3. XÁC ĐỊNH SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC ĐÁ NGHIỀN KẾT HỢP VỚI VẢI ĐỊA KỸ THUẬT TRÊN MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM

3.1. Thí nghiệm xác định sức chịu tải của cọc đá kết hợp vải địa kỹ thuật trên mô hình thực nghiệm

Trong phạm vi nghiên cứu, thí nghiệm nén cọc được gia tải theo phương pháp gia tải với tốc độ chuyển vị không

đổi (Constant rate of Penetration Method - CRP) theo TCVN 9393:2012 [4], trên nguyên tắc:

1) Tải trọng thí nghiệm được gia tải sao cho tốc độ chuyển vị của cọc dao động trong khoảng 1 mm/phút;

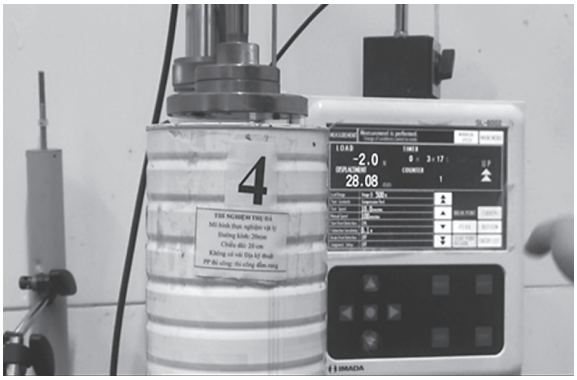
2) Duy trì gia tải với tốc độ chuyển vị quy định cho đến khi tổng chuyển vị ít nhất bằng đường kính cọc;

3) Tiến hành giảm tải khi cọc ngừng lún ở cấp tải trọng lớn nhất.

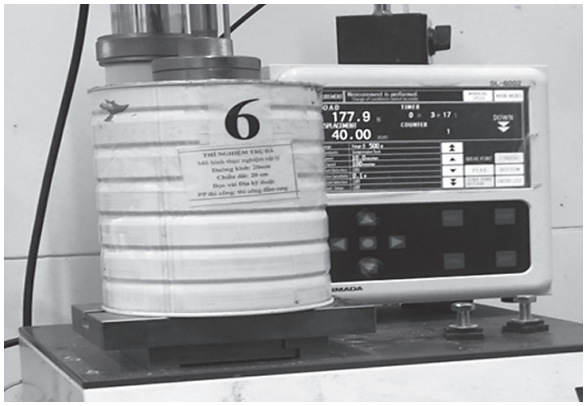
Thí nghiệm được thực hiện trên máy nén Imada MX của Nhật Bản để xác định lực nén dọc trục tại vị trí tâm cọc đá nghiền. Máy được thiết kế cảm biến thông minh, có khả với tốc độ đo từ 10 đến 300 mm/phút. Máy được trang bị hệ thống mã hóa hiển thị tốc độ, khoảng cách để kiểm soát các giá trị đo được. Kết quả thử nghiệm có khả năng xác định được độ lặp với tốc độ cao với vị trí thử nghiệm không đổi. Việc tác dụng và gia tăng tải trọng được thực hiện tự động, xuất kết quả trực tiếp thông qua phần mềm bản quyền liên kết trực tiếp với máy tính và máy thí nghiệm đảm bảo kết quả thí nghiệm khách quan.

3.2. Kết quả thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện xác định khả năng chịu tải dọc trục của cọc và quan sát độ lún của nền đất dưới mũi cọc cho các trường hợp cọc đá nghiền và cọc đá nghiền kết hợp với vải địa kỹ thuật bọc dọc theo thân cọc.



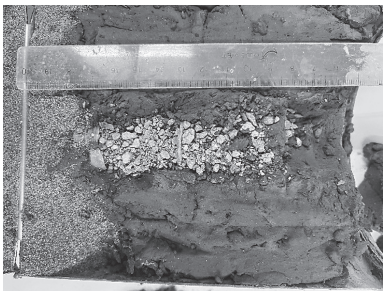
a)



b)

Hình 3.1: Thí nghiệm với cọc đá nghiền (a) và cọc đá nghiền bọc vải địa kỹ thuật (b) trên mô hình thực nghiệm

Thí nghiệm dừng khi độ lún của cọc đạt 20% chiều dài cọc. Sau khi nén cọc, xác định được sức chịu tải của cọc và hình ảnh phá hủy cọc được thể hiện trên *Hình 3.2* và *Hình 4.1*.



a)

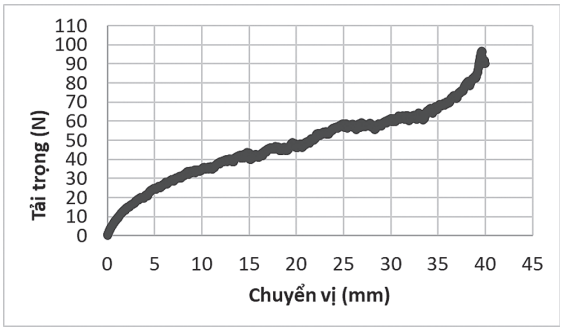
b)

Hình 3.2: Sự phá hủy cọc đá nghiền (a) và cọc đá nghiền bọc vải địa kỹ thuật (b) sau thí nghiệm nén trên mô hình thực nghiệm

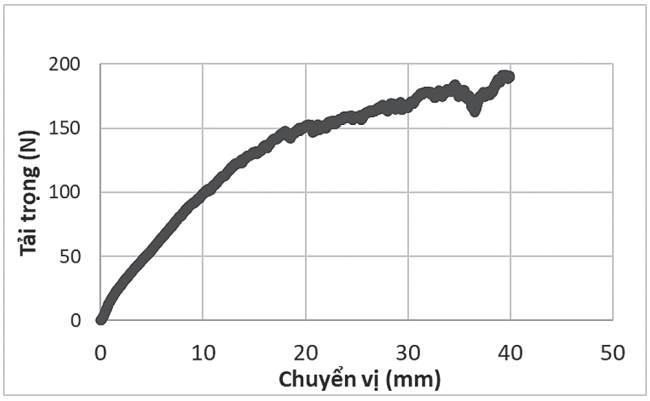
4. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

Từ kết quả thí nghiệm nén cọc đá nghiền với hai trường hợp không bọc và có bọc vải địa kỹ thuật cho thấy cơ chế phá hoại phình trong cọc đá khi chịu tải. Quan sát *Hình 3.2* thấy sự phình ra và sự dịch chuyển ngang tối đa xảy ra ở khoảng chiều dài 2D (D là đường kính cọc), sự phá hoại này cũng tương tự như các thử nghiệm đã được nghiên cứu ở nhiều nước trên thế giới [3, 7, 12]. Thí nghiệm cũng thể hiện hiệu quả gia tăng khả năng chịu tải của cọc đá nghiền khi kết hợp với vải địa kỹ thuật tăng lên gấp 2 lần so với cọc đá nghiền thông thường.

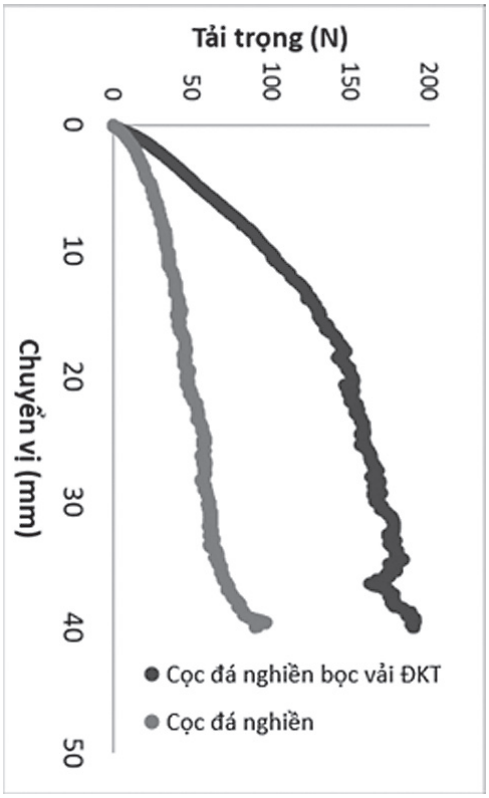
Thí nghiệm cũng thể hiện hiệu quả gia tăng khả năng chịu tải của cọc đá nghiền khi kết hợp với vải địa kỹ thuật tăng lên gấp 2 lần so với cọc đá nghiền thông thường.



a)



b)



c)

Hình 4.1: Kết quả thí nghiệm nén cọc đá nghiền (a), cọc đá nghiền bọc vải địa kỹ thuật (b) và tổng hợp so sánh các trường hợp nghiên cứu (c)

Qua nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình và kết quả thí nghiệm nén, có thể nhận thấy lớp vải địa kỹ thuật bọc dọc theo thân cột đá nghiền đã gia tăng sức chịu tải của cọc và lớp vải địa kỹ thuật bên ngoài giúp cố định phần cốt liệu phình ra của cọc đá bị phá hủy khi chịu tác dụng của tải trọng *(Hình 3.2b)* và làm chậm quá trình hư hỏng của cọc đá. Vì vậy, so với trường hợp cọc đá không bọc vải địa kỹ thuật, cột đá nghiền kết hợp với vải địa kỹ thuật đã cải thiện đáng kể hiệu suất chịu lực. Tuy nhiên, khi lựa chọn cọc đá nghiền kết hợp với vải địa kỹ thuật khi tính toán, áp dụng cho xử lý nền đất yếu cần được tính toán lựa chọn số lượng lớp bọc, chiều dài bọc tối ưu cho cọc đá nghiền dựa trên tính khả thi của biện pháp thi công và yếu tố kinh tế kỹ thuật để đạt được hiệu quả tốt nhất.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2023-CT-031.

Tài liệu tham khảo

[1]. Aboshi, H., Ichimoto, E., Harada, K. and Emoki, M. (1974), *The Compozer: a Method to improve Characteristics of Soft Clays by Inclusion of Large Diameter Sand Column*, Collogue Inter, sur le Reinforcement des Sols, E.N.P.C, Paris, France, pp.211-216.

[2]. Barksdale, R. D. and Bachus, R. C (1983), *Design and Construction of Stone Columns, Volume I*, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration Report No. FHWA/RD-83/026, p.210.

[3]. Bergado DT, Lam FL (1987), *Full scale load test of granular piles with different densities and different proportions of gravel and sand on soft Bangkok clay*, Soils Found 27(1):86-93.

[4]. Bộ Xây dựng (2012), *TCVN 9393:2012 - Cọc - Phương pháp thử nghiệm tại hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục.*

[5]. Ghazavi, M., & Nazari Afshar, J. (2013), *Bearing capacity of geosynthetic encased stone columns*, Geotextiles and Geomembranes, 38, 26-36.

[6]. Han, J., Ye, S.-L. (2001), *Simplified method for consolidation rate of stone column reinforced foundations*, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 127(7):597-603.

[7]. Mckelvey, D., Sivakumar, V., Bell, A., Graham, J. (2004), *A laboratory model study of the performance of vibrated stone columns in soft clay*, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 152:1-13.

[8]. Nguyễn Thái Linh, Nguyễn Đức Mạnh (2020), *Thiết lập tỷ lệ mô hình thực nghiệm trong phòng hợp lý phục vụ nghiên cứu ứng xử hệ trụ đất xi măng kết hợp lưới địa kỹ thuật cường độ cao*, Địa kỹ thuật, (1), tr.65-74.

[9]. Nguyễn Thị Loan (2016), *Nghiên cứu tính toán lớp cốt vật liệu địa kỹ thuật sử dụng trong nền đắp có cọc hỗ trợ*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học GTVT, Hà Nội.

[10]. Priebe, H. (1976), *Abschatung des Stezungoverhaltens eares durch Stopfverdichrung vergessenten Baugrundis*, Die Bautechnik, 53, H.5.S., pp.160-162.

[11]. Zhen Fang (2006), *Physical and numerical modelling of the soft soil ground improved by deep cement mixing method*, doctoral thesis, the Hong Kong Polytechnic University.

[12]. Wehr, J (2004), *Stone columns-single columns and group behavior*, In Proceedings of 5th international conference on ground improvement technologies, Kuala Lumpur, pp.329-340.

[13]. *https://vssmge.org/ung-dung-coc-da-de-gia-co-nen-dat-yeu-o-viet-nam/.*

Ngày nhận bài: 05/5/2023
Ngày chấp nhận đăng: 26/5/2023
Người phản biện: TS. Nguyễn Đức Vinh
TS. Nguyễn Công Định

Nghiên cứu sức kháng của kết cấu dầm có bản bụng thép lượn sóng cho kết cấu cầu cong trong đô thị

■ **PGS. TS. NGUYỄN THỊ TUYẾT TRINH**(*)
Trường Đại học Giao thông vận tải
■ **KS. LÊ XUÂN LƯỢNG**
Công ty Cổ phần Đầu tư xây dựng Công trình giao thông 1
Email: (*)tuyettrinh@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Trên thế giới, kết cấu dầm có bản bụng thép lượn sóng đã được ứng dụng phổ biến tại các nước như Nhật Bản, CHLB Đức từ những năm 1965 nhờ những ưu việt nổi trội. Tuy nhiên, kết dầm này vẫn chưa được ứng dụng tại Việt Nam. Trong 15 năm trở lại đây, các dự án xây dựng cầu vượt trong nút giao hay cầu cạn trong các thành phố lớn như Hà Nội hay TP. Hồ Chí Minh ngày càng được xây dựng nhiều. Kết cấu dầm được ứng dụng chủ yếu trong cầu đô thị hiện nay là dầm bản lỗ, dầm I, dầm Super T, dầm hộp... Việc ứng dụng các kết cấu dầm này đảm bảo khả năng chịu lực trong cầu, tuy nhiên khả năng vượt nhịp không quá nổi trội do tĩnh tải lớn, dẫn đến số lượng trụ nhiều. Hơn nữa, việc ứng dụng kết cầu dầm này trong cầu cong, sử dụng bê tông đổ tại chỗ sẽ khiến thời gian thi công lâu hơn, ảnh hưởng đến giao thông đô thị, mặt bằng giao thông cũng như mỹ quan đô thị. Bài báo trình bày tóm tắt kết quả nghiên cứu sức kháng của kết cấu "Dầm có bản bụng thép lượn sóng" ứng dụng cho kết cấu cầu cong đô thị với những ưu điểm vượt trội về mặt chịu lực và thi công nhanh.

TỪ KHÓA: Cầu có bản bụng thép lượn sóng, cầu cong, sức kháng, thi công nhanh.

ABSTRACT: In the world, girder structures with corrugated steel webs have been applied in countries such as Japan and Germany since the 1965s thanks to their outstanding advantages. However, this type of girder structure has not yet been applied in Vietnam. Over the past 15 years, overpasses in intersections or viducts in big cities like Hanoi and Ho Chi Minh City have been built more and more. The girder structures applied mainly in the current urban bridge is the holow slab girder, I beam, SuperT beam, box girder... While these girder structures ensures load-bearing capacity in the bridge, their ability to overtake the long span is not too prominent due to the big static load, resulting in a large number of piers. Moreover, using these girder structures in curved bridges and employing cast-in-place concrete will extend construction time, impacting urban traffic, transportation infrastructure and urban aesthetics. This paper presents a summary of the research results on the resistance of the "Girders with Corrugated Steel Webs" structure applied to the urban curved bridge structure with outstanding advantages in terms of bearing capacity and rapid construction.

KEYWORDS: Girders with corrugated steel webs, curved bridge, resistance, rapid construction.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết cấu dầm có bản bụng thép lượn sóng là một loại kết cấu dầm lai, bản bụng là bê tông hay thép phẳng được thay thế bằng bản bụng thép lượn sóng, trong khi bản nắp và bản đáy giữ nguyên như kết cấu dầm bê tông hay dầm thép truyền thống. Loại kết cấu này có thể đáp ứng yêu cầu thi công nhanh, bảo vệ môi trường và đặc biệt là tiết kiệm chi phí do có trọng lượng nhẹ.

Trong loại dầm này, bản bụng không cần sử dụng sườn tăng cường do có độ cứng nhờ hình dạng lượn sóng. Trong cầu dầm hộp bê tông cốt thép dự ứng lực truyền thống, bản bụng bê tông chiếm khoảng 30 - 40% của trọng lượng bản thân dầm. Vì vậy, trọng lượng bản thân bản bụng dầm có thể được giảm đi một lượng đáng kể bằng cách thay thế bản bụng bê tông bằng tấm thép lượn sóng, do đó sẽ làm tăng khả năng vượt nhịp, đồng thời cũng có thể giảm giá thành xây dựng công trình.

Ứng dụng dầm có bản bụng thép lượn sóng sẽ giảm được khối lượng xây dựng, vì phần bản bụng thép được chế tạo sẵn trong nhà máy và đem ra công trường đổ cùng bê tông bản đáy. Ngoài ra, giảm được kích thước các hệ thông chống đỡ tạm thời nhờ việc sử dụng chỉnh bản bụng thép để làm hệ thống đà giáo trong quá trình thi công bản nắp.

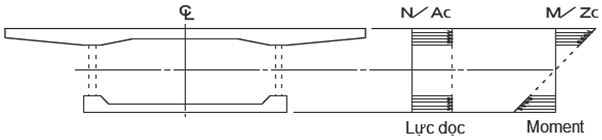
Kết cấu dầm có bản bụng lượn sóng thân thiện hơn với môi trường so với các loại cầu khác. So với các kết cấu dầm thép và dầm bê tông truyền thống thì kết cấu dầm có bản bụng thép lượn sóng có hàm lượng khí thải CO_2 vào không khí ít hơn (giảm được khoảng 30%).

Hình 1.1: Cầu dầm hộp bản bụng thép lượn sóng

2. ĐẶC ĐIỂM SỨC KHÁNG CỦA KẾT CẤU DẦM CÓ BẢN BỤNG THÉP LƯỢN SÓNG

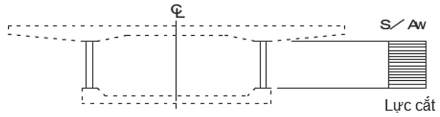
Các nghiên cứu cho thấy, dầm có bản bụng thép lượn sóng có nhiều ưu điểm so với dầm có bản bụng phẳng truyền thống về khả năng kháng cắt và kháng xoắn. Bản bụng thép lượn sóng không chịu lực dọc và mô-men uốn. Hiệu ứng này làm cho bản nắp và bản đáy được dự ứng lực hiệu quả hơn khi không còn sức kháng của bản bụng như đối với bản bụng dầm bê tông. Mặc dù tấm thép lượn sóng không chống lại được lực dọc trục và mô-men uốn nhưng có khả năng chịu cắt lớn. Điều đó có nghĩa là lượng cáp dự ứng lực cũng được giảm bớt. Nhờ phần bản bụng thép lượn sóng, kết cấu dầm như có thêm sườn tăng cường đứng, do đó sức kháng cắt của dầm được tăng lên. Nhờ những đặc điểm này, các tấm thép lượn sóng khá có ích cho bản bụng dầm bê tông dự ứng lực về khả năng chịu ứng suất, đặc biệt là khả năng kháng cắt và kháng xoắn cao.

Đối với sức kháng uốn, khi chịu phá hoại, mặt cắt của dầm có bản bụng thép lượn sóng sẽ có ứng xử tương tự như của dầm bê tông dự ứng lực truyền thống. Do đó, độ cứng dọc trục của bản bụng thép lượn sóng có thể được bỏ qua, chỉ có bản cánh bê tông trên và dưới được coi là chống lại lực dọc trục và mô-men uốn.



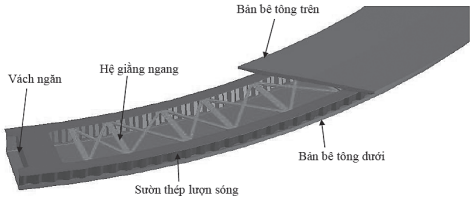
Hình 2.1: Biểu đồ ứng suất mặt cắt ngang dầm do lực dọc và mô-men uốn

Đối với sức kháng cắt, các nghiên cứu cho thấy sức kháng cắt của dầm chủ yếu phụ thuộc vào chiều cao và độ dày của bản bụng thép lượn sóng. Lực cắt chủ yếu được kháng lại bởi bản bụng thép lượn sóng *(Hình 2.2)*, do đó khi thiết kế, giả định tất cả lực cắt đều do bản bụng thép lượn sóng chịu.



Hình 2.2: Biểu đồ ứng suất mặt cắt ngang dầm hộp do lực cắt

Đối với kết cấu cầu cong, kết cấu dầm sẽ chịu ảnh hưởng của hiệu ứng xoắn do tải trọng lệch tâm hoặc thành phần lực nằm ngang của lực ly tâm. Vì vậy, cần lưu ý đến vấn đề này khi lựa chọn loại kết cấu dầm. So với dầm bê tông truyền thống, độ cứng ngoài mặt phẳng của bản bụng thép lượn sóng tương đối nhỏ. Khi mặt cắt biến dạng, nó sẽ làm giảm độ cứng mặt cắt hoặc tăng ứng suất cong vênh. Do đó, trên các cầu cong, dầm có bản bụng thép lượn sóng có thể cần đặt vách ngăn tại các khoảng hợp lý để hạn chế biến dạng của mặt cắt ngang hoặc đặt các hệ giằng ngang trong dầm. Khi sử dụng các vách ngăn, hệ giằng ngang được tăng cường, biến dạng của mặt cắt ngang hầu như sẽ được loại bỏ.



Hình 2.3: Các bộ phận cấu tạo trong dầm hộp bản bụng thép lượn sóng

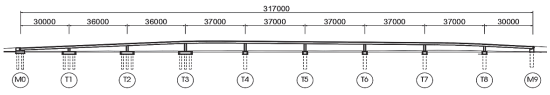
3. PHÂN TÍCH SỨC KHÁNG CỦA DẦM CÓ BẢN BỤNG THÉP LƯỢN SÓNG CHO KẾT CẤU CẦU CONG QUA THIẾT KẾ THỬ NGHIỆM

Trên thế giới, để nghiên cứu các loại ứng xử như uốn, cắt hay xoắn... của dầm thép có bản bụng thép lượn sóng, thực tế các nghiên cứu đã dựa trên các thực nghiệm có tỷ lệ 1:2 hoặc lớn hơn. Bên cạnh việc tiến hành thực nghiệm, có thể sử dụng các mô hình phần tử hữu hạn thông qua các phần mềm như Midas 2019, RM Bridge V11i... để tính toán phân tích.

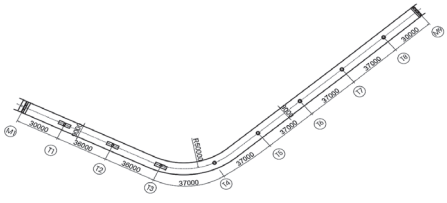
Sức kháng uốn và sức kháng cắt của dầm có bản bụng thép lượn sóng đã được khẳng định qua các nghiên cứu trước đây. Tuy nhiên, các nghiên cứu chỉ tập trung cho dầm nằm trên cầu thẳng. Vậy đối với các dầm nằm trên cầu cong, sức kháng uốn và sức kháng cắt của dầm có bản bụng thép lượn sóng có đảm bảo hay không? Tác giả tiến hành phân tích sức kháng uốn và sức kháng cắt của dầm nằm trên đường cong của một công trình thực tế. Đối với công trình này, thiết kế ban đầu sử dụng kết cấu dầm bản lỗ bê tông dự ứng lực truyền thống, thi công theo phương pháp đổ tại chỗ. Nghiên cứu này sẽ thay thế dầm bản lỗ bằng dầm bê tông dự ứng lực bản bụng thép lượn sóng. Phân tích sau đây dựa trên phần mềm RM Bridge V11.03 của hãng TDV.

3.1. Giới thiệu kết cấu cầu

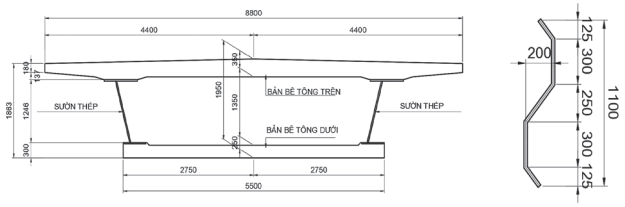
Kết cấu nghiên cứu phân tích là kết cấu cầu trong đô thị, dành cho các xe thường lưu hành trong đô thị như xe buýt, xe ô tô, không dành cho các xe có tải trọng lớn. Kết cấu cầu nằm trên đường cong bằng có bán kính R = 50 m; Sơ đồ kết cấu nhịp: (30+2x36+5x37+30)m, trong đó chiều dài nhịp nằm trong đường cong là L = 37 m; bề rộng mặt cắt ngang B = 9 m.



Hình 3.1: Chính diện kết cấu cầu



Hình 3.2: Mặt bằng cầu



Hình 3.3: Mặt cắt ngang dầm hộp bản bụng thép lượn sóng

3.2. Tải trọng tác dụng

- Hoạt tải thiết kế: Hoạt tải thiết kế được lấy theo Tiêu chuẩn thiết kế TCVN 11823:2017, hoạt tải thiết kế HL93 bao gồm tổ hợp của: 0,5*xe tải thiết kế hoặc 0,5*xe hai trục thiết kế và tải trọng làn thiết kế.

- Lực ly tâm: Cầu nằm trong đường cong, do đó cần phải xem xét hiệu ứng do tải trọng lực ly tâm tác dụng. Với vận tốc thiết kế 40 km/h, bán kính cong nằm R = 50 m, lực ly tâm tác dụng có giá trị CE = 109,7 kN. Lực ly tâm nằm ngang cách mặt cầu một khoảng 1,8 m.

- Ảnh hưởng của nhiệt độ: Số liệu được theo Bảng 24 TCVN 11823:2017 thể hiện trong *Bảng 3.1* và *Bảng 3.2* như sau:

Bảng 3.1. Nhiệt độ trung bình năm tại khu vực cầu = 23,80^{0}C

Loại kết cấu	Thép	Bê tông
Nhiệt độ cao nhất (^{0}C)	55,0	47,0
Nhiệt độ thấp nhất (^{0}C)	1,0	5,0

Ghi chú: Nhiệt độ lắp đặt từ 22^{0}C đến 30^{0}C

Bảng 3.2. Nhiệt độ phân bố đều

Loại kết cấu		Thép	Bê tông
Nhiệt độ phân bố đều dương (^{0}C)	TU^+	33,0	25,0
Nhiệt độ phân bố đều âm (^{0}C)	TU^-	-29,0	-25,0

3.3. Phân tích sức kháng của dầm có bản bụng thép lượn sóng

Mô hình kết cấu được chia làm hai giai đoạn của mặt cắt, bao gồm giai đoạn (1) là mặt cắt liên hợp LH1: Liên hợp giữa bản bê tông dưới và bản bụng thép lượn sóng; giai đoạn (2) là mặt cắt liên hợp LH2: Liên hợp giữa kết cấu liên hợp LH1 và bản bê tông trên.

Trình tự phân tích như sau:

Định nghĩa các tải trọng tác dụng trong các giai đoạn thi công và khai thác;

Khai báo tải trọng theo Tiêu chuẩn TCVN 11823:2017;

Tiến hành phân tích kết cấu;

Kết quả mô-men, lực cắt và ứng suất tại các giai đoạn;

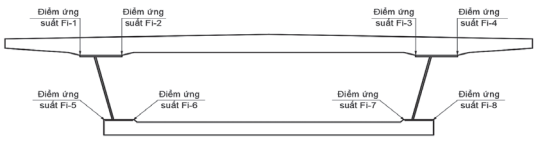
Kiểm tra sức kháng uốn;

Kiểm tra sức kháng cắt;

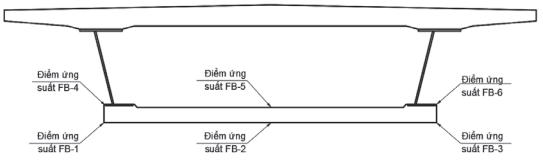
Kiểm tra ứng suất tại các thớ của mặt cắt trong giai đoạn thi công và khai thác.

Mô hình, phân tích kết cấu bằng phần mềm RM Bridge V11.03, từ đó đưa ra các biểu đồ nội lực kết cấu và biểu đồ ứng suất tại các điểm ứng suất quy ước trên mặt cắt ngang.

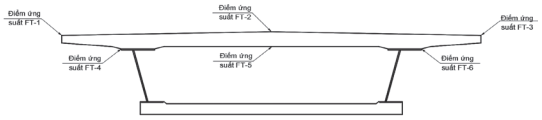
Hình 3.4: Mô hình tổng thể kết cấu cầu



Hình 3.5: Quy ước các điểm đo ứng suất của sườn thép



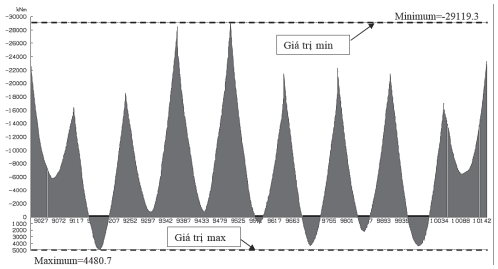
Hình 3.6: Quy ước các điểm đo ứng suất của bản bê tông dưới



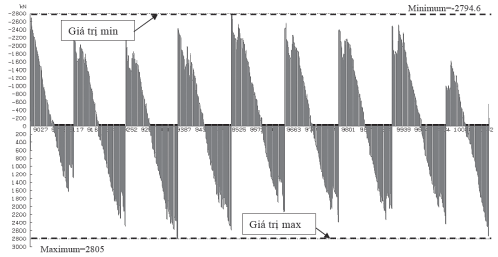
Hình 3.7: Quy ước các điểm đo ứng suất của bản bê tông trên

** Phân tích kết quả tính toán:*

- Kết quả nội lực của dầm được thể hiện qua biểu đồ mô-men và lực cắt ở *Hình 3.8 và 3.9.*



Hình 3.8: Biểu đồ mô-men ở trạng thái giới hạn cường độ

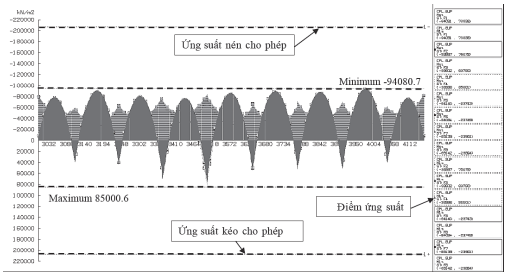


Hình 3.9: Biểu đồ lực cắt

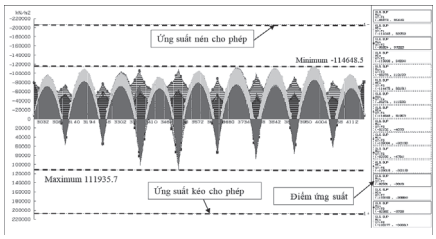
+ Biểu đồ mô-men trên *Hình 3.8* cho thấy, mô-men lớn nhất M_{max}= 29.199,3 (kN.m) nhỏ hơn mô-men kháng uốn M_n=87.465,0 (kN.m).

+ Biểu đồ lực cắt trên *Hình 3.9* cho thấy, lực cắt lớn nhất V_u=2.805,0 (kN) nhỏ hơn sức kháng cắt V_r=6.003,0 (kN).

- Kết quả ứng suất của dầm được thể hiện qua các biểu đồ ở *Hình 3.10, 3.11, 3.12 và 3.13.*



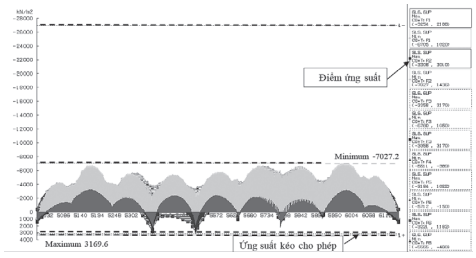
Hình 3.10: Biểu đồ ứng suất thép ở giai đoạn thi công xong cầu



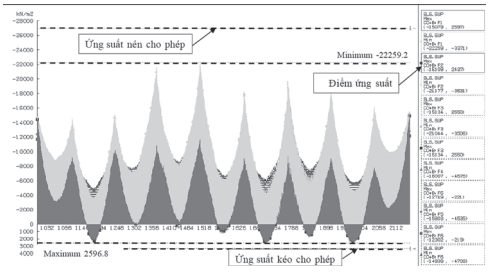
Hình 3.11: Biểu đồ ứng suất thép ở trạng thái giới hạn sử dụng

+ Biểu đồ ứng suất thép ở giai đoạn thi công xong cầu trên *Hình 3.10* cho thấy, ứng suất kéo lớn nhất s_{max}= 85.000,6 (kN/m^2) nhỏ hơn ứng suất kéo cho phép của thép s_y= 207.000 (kN/m^2).

+ Biểu đồ ứng suất thép ở trạng thái giới hạn sử dụng trên *Hình 3.11* cho thấy, ứng suất kéo lớn nhất s_{max}= 111.935,7 (kN/m^2) nhỏ hơn ứng suất kéo cho phép của thép s_y= 207.000 (kN/m^2).



Hình 3.12: Biểu đồ ứng suất bản bê tông trên ở trạng thái giới hạn sử dụng



Hình 3.13: Biểu đồ ứng suất bản bê tông dưới ở trạng thái giới hạn sử dụng

+ Biểu đồ ứng suất bản bê tông trên ở trạng thái giới hạn sử dụng trên *Hình 3.12* cho thấy, ứng suất lớn nhất s_{max}= 3.169,6 (kN/m^2) nhỏ hơn ứng suất kéo cho phép của bê tông σ= 3.350 (kN/m^2).

+ Biểu đồ ứng suất bản bê tông dưới ở trạng thái giới hạn sử dụng trên *Hình 3.13* cho thấy, ứng suất lớn nhất s_{max}= 2.596,8 (kN/m^2) nhỏ hơn ứng suất kéo cho phép của bê tông σ= 3.350 (kN/m^2).

Đánh giá: Từ các kết quả tính toán thử nghiệm dầm hộp bản bụng thép lượn sóng cho kết cấu cầu cong cho thấy loại kết cấu này đảm bảo khả năng chịu lực theo các trạng thái giới hạn cường độ và sử dụng ở cả giai đoạn thi công và khai thác.

4. KẾT LUẬN

Dầm có bản bụng thép lượn sóng là một kết cấu dầm cải tiến mới đã xuất hiện trong nhiều thập kỷ qua, đặc biệt là đối với cầu nhịp ngắn và trung bình. Kết cấu dầm mới này sử dụng kết hợp các tấm thép lượn sóng làm bản bụng với các tấm thép hoặc bê tông cốt thép, bê tông cốt thép dự ứng lực làm bản cánh. Các bản cánh cung cấp khả năng kháng uốn cho dầm mà không có sự đóng góp nào từ bản bụng thép lượn sóng. Trong khi đó, bản bụng thép lượn sóng sẽ chịu trạng thái ứng suất cắt thuần túy.

Bài báo tóm tắt kết quả phân tích khả năng kháng uốn và kháng cắt của kết cấu dầm hộp bản bụng thép lượn sóng trong kết cấu cầu cong theo Tiêu chuẩn TCVN 11823-2017. Kết quả tính toán thử nghiệm cho thấy, dầm hộp bản bụng thép lượn sóng đảm bảo khả năng chịu lực theo các trạng thái giới hạn cường độ và sử dụng.

Kết quả phân tích cho thấy, có thể ứng dụng kết cấu dầm hộp bản bụng thép lượn sóng cho kết cấu cầu cong trong nút giao thông, đây là một giải pháp hợp lý, có tính thẩm mỹ cao, thời gian thi công nhanh và cơ giới hóa tốt, quá trình thi công không ảnh hưởng đến giao thông và ít tác động đến môi trường.

Tuy nhiên, để khẳng định thêm khả năng ứng dụng của kết cấu này trong thực tế, đặc biệt ứng dụng cho kết cấu cầu cong trong đô thị, ngoài phân tích sức kháng tổng thể cần phân tích thêm sức kháng xoắn cũng như ứng xử cục bộ tại phần liên kết bản bụng thép với bản bê tông, liên kết tại khối đỉnh trụ, liên kết ngang...

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện thông qua Đề tài Luận văn Thạc sĩ "Nghiên cứu áp dụng kết cấu dầm hộp bản bụng thép lượn sóng trong kết cấu cầu cong đô thị Việt Nam", ngành Kỹ thuật xây dựng công trình giao thông, chuyên sâu Công trình Giao thông đô thị do Trường Đại học GTVT quản lý.

Tài liệu tham khảo

[1]. *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 8th Edition*, 2017.

[2]. Mohammad Amin Alikhanifard, Ali Reza Rahai Tehrani (2022), *A new shear strength model for steel corrugated web girders*, Journal of Constructional Steel Research, vol.197.

[3]. Richard Sause, Hassam H. Abbas, Wagdy G.Wassef, Robert G.Driver (2003), *Mohamed Elgaaly: Corrugated web girder shape and strength criteria*, ATLSS Reports Page 245.

[4]. *Tiêu chuẩn Thiết kế cầu đường bộ TCVN11823:2017.*

[5]. Shoji Ikeda, M Sakurada (August 2005), *Development of hybrid prestressed concrete bridges with corrugated steel web construction*, 30th Conference on OUR WORLD IN CONCRETE & STRUCTURES: 23-24.

[6]. Shogo Mori, Tako Miyoshi, Hisato Katoh, Nobuo Nishimura, Satoshi Nara, *Local stresses of corrugated steel webs in PC bridges under prestressing.*

Ngày nhận bài: 01/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2023
Người phản biện: PGS. TS. Ngô Văn Minh
TS. Thái Minh Quân

Đánh giá ổn định của mái dốc ta-luy được gia cố bằng công nghệ tường đinh đất dưới tác động địa chấn

■ **TS. NGUYỄN THỊ THU NGÀ**
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
Email: ngantt@utt.edu.vn

TÓM TẮT: Các công trình xây dựng có điều kiện địa hình, địa chất, thủy văn phức tạp... dễ dẫn đến sụt trượt, gây mất ổn định vách hố đào, mái dốc, đặc biệt ở những khu vực có tác động ảnh hưởng của địa chấn. Hiện nay, có nhiều giải pháp gia cố nâng cao ổn định mái dốc ta-luy, trong đó có công nghệ tường đinh đất đang được ứng dụng trên nhiều nước trên thế giới. Ưu điểm nổi bật của công nghệ đinh đất là phát huy hiệu ứng lực neo giữ do lực ma sát của đinh và đất tạo ra khi chúng phát sinh chuyển vị tương đối. Mặt khác, khi gia cường tường đinh đất sẽ không xảy ra hiện tượng sạt lở, trượt, chịu cắt tức thời như hay xảy ra ở mái dốc ta-luy thông thường. Trong bài báo này, tác giả trình bày về kiểm toán ổn định hệ tường đinh đất dưới tác động của chấn động, thông qua phần mềm Slide 6.0.

TỪ KHÓA: Mái dốc, tường đinh đất, địa chấn.

ABSTRACT: Construction works with complex topographical, geological and hydrological conditions, etc., easily lead to slippage, causing instability of the excavation wall and slope. Especially in areas affected by seismic effects. Currently, there are many solutions to strengthen and stabilize slopes, including soil nail wall technology, which is being applied in many countries around the world. The outstanding advantage of soil nail technology is to promote the effect of anchoring force due to the friction force of the nail and the soil when they generate relative displacement. On the other hand, when reinforcing the earthen stud wall, there will be no instantaneous landslides, slips, and shears that often occur in normal talus slopes. In this paper, the author presents the stability audit of the soil nail wall system under the impact of earthquakes, through the Slide 6.0 software.

KEYWORDS: Slope, soil nail wall, earthquake.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ đinh đất được nghiên cứu ở châu Âu từ đầu thập niên 60 của thế kỷ 20. Sau 60 năm kể từ khi công nghệ này ra đời, sử dụng rộng rãi ở các nước như Pháp, Mỹ, Anh, Đức, Trung Quốc, Nhật Bản, Malaysia... trong các hạng mục công trình như gia cố mái ta-luy, mái đê, mái đập, trụ cầu, tường vây, đất đá bị phong hóa, vách hố đào sâu của móng công trình. Tại Việt Nam, công nghệ này đã được sử dụng ở một số dự án như: Kè KDD6 Chùa Dạm, tỉnh Bắc Ninh; gia cố mái ta-luy ở tỉnh Lào Cai, tỉnh Quảng Ninh và ít được sử dụng do phải có thiết bị khoan chuyên dụng vào các lớp đất, đá.

Công nghệ tường đinh đất ứng dụng gia cường mái dốc bị động, tức là dựa vào kết cấu "tường chắn đất" để chống lại áp lực đất sau lưng tường chắn, nhằm tránh xảy ra hiện tượng phá hủy một phần hoặc toàn bộ khối đất. Khi đó, các đinh đất được cắm vào trong khối đất với chiều dài và mật độ nhất định, cùng với khối đất, tăng thêm khả năng chống cắt, trượt của khối kết cấu. Do đó, sử dụng giải pháp gia cường bằng đinh đất làm tăng cường độ, tính ổn định của khối đất, tăng độ cứng của toàn bộ khối đất và tăng cường độ kháng cắt và cường độ kháng kéo thấp của khối đất. Đặc biệt, khi có dịch chuyển trong khối đất, thông qua tác dụng tương hỗ giữa lực ma sát của đinh đất để phát huy lực kéo neo của đinh đất; làm cho cường độ kết cấu của khối đất được phát huy tốt nhất, đồng thời cải thiện tính biến dạng và phá hủy của mái dốc, nâng cao tính ổn định của toàn bộ mái dốc.

2. CẤU TẠO VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

2.1. Cấu tạo của hệ tường đinh đất

Hệ đinh đất tạo nên bởi khoan, cấy đinh và phụt vữa lấp đầy, gồm:

1) Đinh: Bằng thép hoặc polyme để cung cấp lực kháng kéo;

2) Khớp nối: Được sử dụng để nối các đoạn đinh với nhau;

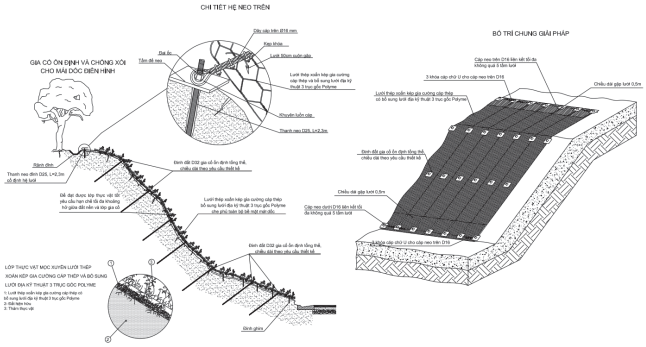
3) Lớp vỏ phụt xi măng: Được phun lấp đầu sau khi cắm đinh nhằm truyền ứng suất giữa đinh với đất và bảo vệ chống ăn mòn;

4) Lớp phòng chống ăn mòn: Mạ kẽm nhúng nóng, ống nhựa...;

5) Mũ đinh đất: Tấm thép, bê tông chịu lực, hệ khung bê tông cốt thép để chống lại lực kéo của đinh đất và đảm bảo ổn định đinh đất;

(6) Bề mặt mái dốc: Bảo vệ mái ta-luy, giảm tác động môi trường, tăng ổn định, phân bố lực. Bề mặt mềm là trồng cỏ, vải địa, bề mặt cứng là phụt vữa bê tông.

Giải pháp gia cố tường đinh đất trong thực tế:



Hình 2.1: Giải pháp gia cố tường đinh đất

2.2. Các phương pháp xác định sức chịu tải của đinh đất

Khi nghiên cứu kết cấu hệ đinh đất thường dựa trên phương pháp: nghiên cứu thí nghiệm, phân tích lý thuyết và nghiên cứu mô hình. Trong đó, nghiên cứu thí nghiệm là phương pháp quan trọng.

2.3. Nội dung chủ yếu về công tác thiết kế hệ tường đinh đất

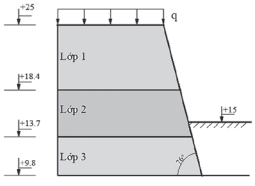
- Mặt bằng, mặt cắt ngang tường đinh đất và cao độ gia cố, thi công;
- Bố trí đinh đất và khoảng cách giữa các đinh đất;
- Đường kính, chiều dài, phương và góc của đinh đất trong không gian gia cố;
- Yêu cầu kỹ thuật về cấu tạo, vật liệu sử dụng làm đinh;
- Yêu cầu kỹ thuật vữa xi măng cát để phụt lấp đầy;
- Giải pháp bảo vệ bề mặt của mái dốc;
- Phân tích ổn định bên trong và ổn định tổng thể mái dốc;
- Phương án quan trắc, kiểm soát chất lượng công trình.

3. KIỂM TOÁN ỔN ĐỊNH MÁI DỐC GIA CƯỜNG ĐINH ĐẤT CHỊU TÁC ĐỘNG ĐỊA CHẤN

3.1. Mô hình, ví dụ thiết kế

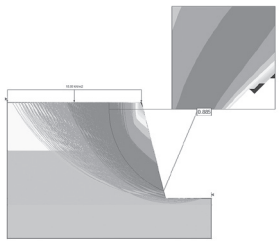
- Các thông số địa chất, kích thước hình học của mái dốc được thể hiện như *Hình 3.1*.

Lớp 1: γ_1 = 16,9 kN/m^3;
c_1 = 18 kPa, φ_1 = 15,5^0
Lớp 2: γ_2 = 17,4 kN/m^3;
c_2 = 22 kPa, φ_2 = 18,8^0
Lớp 3: γ_3 = 17,4 kN/m^3;
c_3 = 22 kPa, φ_3 = 24,5^0



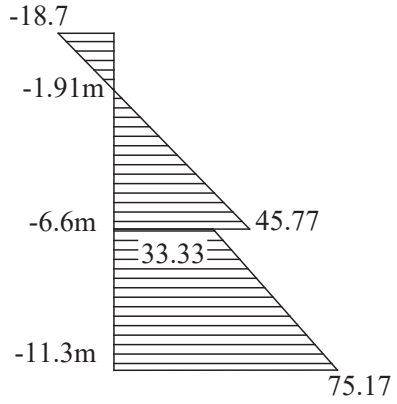
Hình 3.1: Sơ đồ tính áp lực đất

- Kiểm toán bằng chương trình Slide 6.0, hệ số ổn định tổng thể tính theo Bishop có K = 0,885 *(Hình 3.2)* => Như vậy, mái dốc bị mất ổn định.

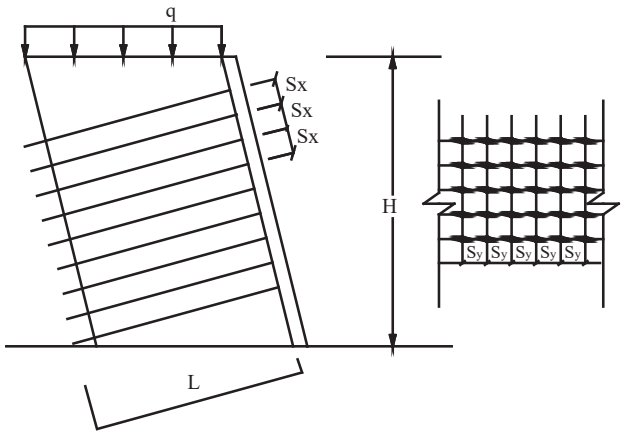


Hình 3.2: Hệ số ổn định của mái dốc ở trạng thái tự nhiên

- Mái có độ dốc 76^0, góc đinh đất 15^0, khoảng cách đinh 1,3 m, đường kính lỗ khoan 130 mm, chiều dài đinh bằng (0,5~0,7)H [1]. Dựa vào biểu đồ phân bố áp lực đất chủ động *(Hình 3.3)* và sơ đồ bố trí đinh *(Hình 3.4)*, bố trí 7 hàng đinh và áp lực đất tại các vị trí hàng đinh được tính toán trong *Bảng 3.1*.



Hình 3.3: Biểu đồ phân bố áp lực đất chủ động



Hình 3.4: Sơ đồ bố trí đinh đất

Bảng 3.1. Áp lực đất tại vị trí các hàng đinh

Thứ tự hàng đinh	Áp lực đất tại vị trí các hàng đinh (kPa)	Áp lực đất tác dụng lên đinh đất (kPa)	Áp lực thiết kế T_{ui} (KN)
1	0	0	0
2	12,66	22,15	27,69
3	25,36	44,37	55,46
4	38,05	66,57	83,21
5	47,62	66,22	82,77
6	60,24	86,48	108,10
7	72,87	108,29	135,36

- Nội lực thiết kế đinh đất:

Theo tiêu chuẩn JGJ120 - 99 của Trung Quốc thì nội lực thiết kế đinh đất thỏa mãn: $T_{ui} = 1,25\sigma_{ai}$ => nội lực thiết kế đinh đất được tổng hợp trong *Bảng 3.1*.

Theo thực nghiệm: $d_b = (20 \div 25).10^{-3}$. = (26÷32) mm.

Từ đó, lựa chọn đinh dài 8 m, đường kính φ32 như tính toán trong *Bảng 3.2*.

Bảng 3.2. Bảng tính chiều dài đinh đất

Thứ tự hàng đinh	Chiều dài đoạn neo gia cố l_i (m)	Chiều dài đoạn tự do l_{fi} (m)	Chiều dài toàn đinh l_{ei} (m)
1	0	4,86	4,86
2	1,18	4,08	5,26
3	2,35	3,3	5,65
4	3,53	3,52	7,05
5	3,51	1,74	5,25
6	4,59	0,96	5,55
7	5,75	0,17	5,92

3.2. Kiểm tra ổn định bên trong

- Kiểm tra cường độ chịu kéo của đinh đất:

$$\frac{\pi d_b^2 f_y}{4E_t} = \frac{3,14.0,032^2 405000}{4.135,36} = 2,4 > 1,5 \Rightarrow \text{Đạt.}$$

- Kiểm tra cường độ kháng nhổ của đinh đất:

Từ kết quả tính toán áp lực tác dụng lên đinh đất cho thấy hàng đinh thứ 7 là lớn nhất với:

- Cường độ kháng nhổ đinh đất:

$F_{71} = \pi d_h l_{ei} \tau_f = 3,14.0,12.8.62 = 196,035(kN)$;

- Cường độ dính kết giữa đinh, lớp vữa phụt và nền đất:

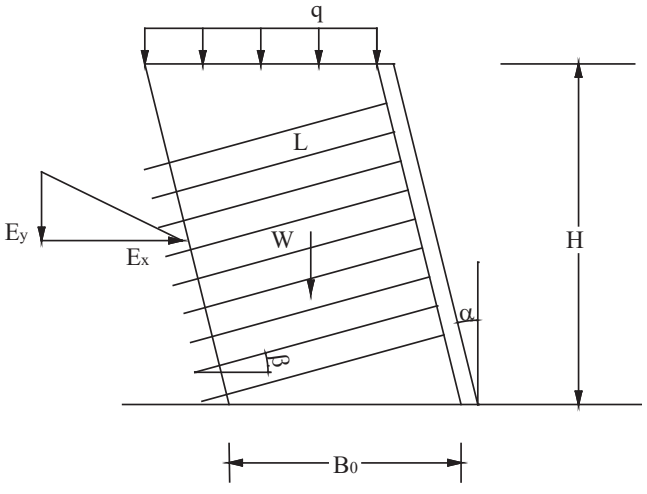
$F_{72} = \pi d_b l_{ei} \tau_g = 3,14.0,032.8.3000 = 2412,743(kN)$

Như vậy, chọn F_{71} để kiểm tra =>

$$K = \frac{E_{71}}{E_7} = \frac{196,035}{108,29} = 1,81 > 1,8 \Rightarrow \text{Đạt.}$$

3.3. Kiểm tra ổn định bên ngoài

Để kiểm tra ổn định bên ngoài, sơ đồ được kiểm tra như *Hình 3.5*.



Hình 3.5: Sơ đồ tường đinh đất

- Tính toán ổn định trượt:

Hệ số an toàn ổn định trượt được tính theo công thức:

$$K_H = \frac{F_t}{E_x} > 1,2 \qquad (1)$$

$F_t = (W + qB_0)S_y \tan\varphi + cB_0S_y = (1546,56 + 15.8).1,3.\tan 16,87° + 19,98.8.1,3 = 1666,56$ (KN)

$E_x = \sum\left[(q + \gamma_i h_i) - 2c_i\sqrt{K_{ai}}\right]S_x S_y = 204,5(kN)$

$\Rightarrow K_H = \frac{F_t}{E_x} = \frac{1666,56}{204,5} = 8,15 > 1,2 \Rightarrow$ Đạt

- Tính toán tính ổn định chống lật:

Hệ số an toàn ổn định chống lật được tính theo công thức:

$$K_Q = \frac{M_w}{M_e} \geq 1.5 \qquad (2)$$

$$M_w = (W + qB_o)S_y.\frac{B}{2} = 6666,2(kNm)$$

$$M_e = \sum\left[(q + \gamma_i h_i) - 2c_i\sqrt{K_{ai}}\right]S_x S_y.\frac{H}{3} = 680(kNm)$$

$\Rightarrow K_Q = 9,8 > 1,5$ thỏa mãn ổn định chống lật.

- Tính sức chịu tải của đất dưới tường:

Kiểm tra sức chịu tải của lớp đất 3 lớp đất với độ lệch tâm được tính:

$$e = \frac{B_0}{2} = \frac{M_w - M_e}{(W + qB_0)S_y \tan\varphi + cB_0S_y} = 0,4(m)$$

Như vậy, $e < B_0/6$:

$$\sigma = \frac{[(W + qB_0)S_y \tan\varphi + cB_0S_y]}{B_0}(1 + \frac{6e}{B_0}) = 268,159(kN/m^2)$$

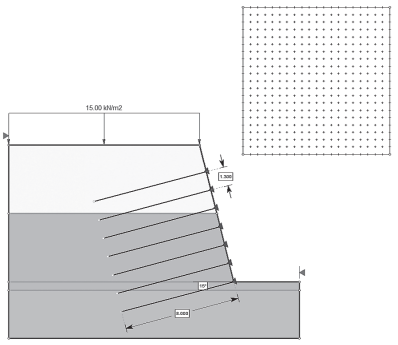
$= 268,159$ (KN/m^2) < [σ] = 272 (KN/m^2)

Như vậy, lớp đất 3 thỏa mãn điều kiện về sức chịu tải.

3.4. Kiểm tra ổn định tổng thể mái dốc

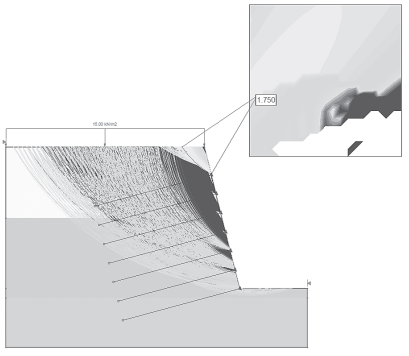
3.4.1. Trong trường hợp khi chưa chịu tác động của địa chấn

Kiểm toán tường đinh đất với chiều dài đinh L = 8 m, cách nhau 1,3 m và nghiêng 15^0, như *Hình 3.6*.



Hình 3.6: Mái dốc được gia cố bằng đinh neo

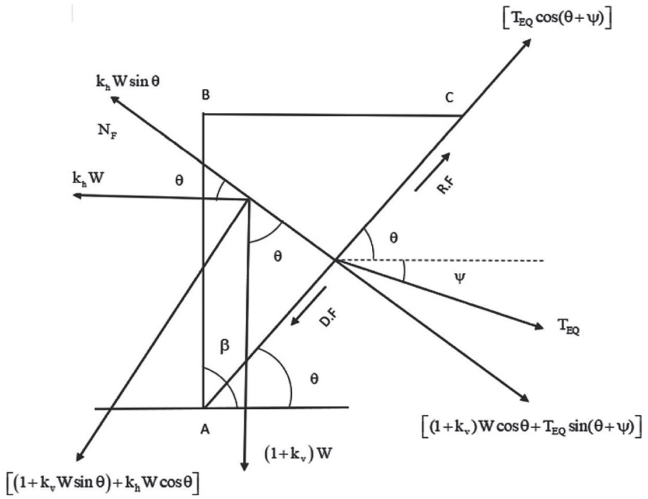
Hệ số ổn định mái dốc được cải thiện, theo Bishop hệ số K=1,750 *(Hình 3.7)*.



Hình 3.7: Mái dốc được gia cố bằng đinh đất

3.4.2. Trong trường hợp chịu tác động của địa chấn

Theo phương pháp cân bằng giới hạn, phân tích giới hạn và phần tử hữu hạn, để phân tích độ ổn định của mái dốc đất gia cố trong điều kiện tĩnh và địa chấn. Sơ đồ giải phóng các lực tác dụng lên khối trượt như thể hiện ở *Hình 3.8.*



Hình 3.8: Sơ đồ giải phóng các lực tác dụng lên khối trượt ABC

Khi đó, hệ số an toàn FOS (factor of safe) tính bằng tỷ số giữa lực cản/lực tác động:

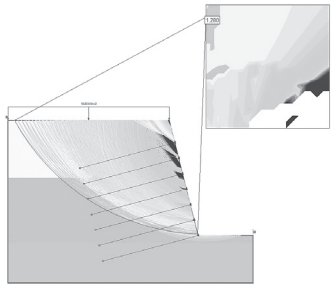
$$FOS = \frac{RF}{DF}$$

$$FOS = \frac{cL + T_{EQ}\cos(\theta+\psi) + \tan\phi[(1+k_v)W\cos\phi + T_{EQ}\sin(\theta+\psi) - k_h W\sin\theta]}{(1+k_v)W\sin\theta + k_h W\cos\theta} \quad (3)$$

Xét gia tốc nền của địa chấn, tương ứng với các hệ số động theo phương ngang (k_h) và phương đứng (k_v) [2] thì hệ số ổn định tổng thể chịu tác động của địa chấn khi không tính đến các biến dạng vĩnh viễn, $K_{tối\ thiểu}$ = 1,1 (FOS = 1,1), còn khi hệ số địa chấn ngang dựa trên các biến dạng địa chấn ước tính, cho phép, $K_{tối\ thiểu}$ = 1,0 (FOS = 1,0). Hệ số K tính toán cho một số vùng với gia tốc nền như *Bảng 3.3.*

Bảng 3.3. Hệ số ổn định K khi chịu tác động của địa chấn theo một số vùng

Vùng địa chấn	Gia tốc nền (a_g)	k_h	k_v	Hệ số ổn định K	Kết luận
Vùng 1	0,05 - 0,08 g				
Vùng 2a	0,08 - 0,16 g	0,1	0,05	1,612	Ổn định
Vùng 2b	0,16 - 0,24 g	0,16	0,08	1,478	Ổn định
Vùng 3	0,24 - 0,32 g	0,24	0,12	1,280	Ổn định



Hình 3.9: Mái dốc gia cố đinh đất có xét ảnh hưởng của địa chấn

Như vậy, trong điều kiện tự nhiên mái dốc bị mất ổn định (hệ số ổn định rất thấp K=0,885), sau khi gia cố bằng đinh đất, độ ổn định của mái dốc tăng cao (hệ số ổn định K=1,750). Khi xét ảnh hưởng của địa chấn, với gia tốc nền cũng không cao, mức ảnh hưởng không quá mạnh chỉ nằm ở Vùng 2 (theo phân loại vùng), lúc này hệ số ổn định có giảm, chỉ còn K = 1,280. Mặc dù vậy, hệ số này vẫn có giá trị cao, lớn hơn nhiều so với quy định tùy theo cấp công trình vào khoảng 1,35 - 1,4 và đảm bảo mức ổn định cho mái dốc.

4. KẾT LUẬN

Theo đó, dưới tác dụng của hệ đinh đất sẽ làm cho phần thể tích đất ở phía trước mặt trượt, trở thành thể khối có khả năng tự ổn định, ngăn không dịch chuyển đất nền phía sau, chống đỡ áp lực hông, đảm bảo tính ổn định cho toàn bộ mái dốc. Khi khối đất được gia cường bằng cốt thép có tác dụng giống như một tường trọng lực - tường đinh đất, cơ chế tác dụng của đinh đất giống như cơ chế hoạt động của tường chắn đất. Trong thực tế hiện nay, tường đinh đất kết hợp với hệ lưới thép, bổ sung lưới địa kỹ thuật gốc polyme để gia cố mái dốc ta-luy rất hiệu quả, đảm bảo ổn định tổng thể và chống xói bề mặt. Khi đinh đất được sử dụng làm kết cấu yêu cầu có tuổi thọ cao cần phải sử dụng các biện pháp chống ăn mòn.

Tài liệu tham khảo

[1]. *Guide to soil nail design and construction*, Hong Kong, 3/2008.

[2]. NHI Course No. 132085 (2015), *Soil Nail Walls Reference Manual*, Developed following: AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 7th Edition.

Ngày nhận bài: 08/5/2023
Ngày chấp nhận đăng: 22/5/2023
Người phản biện: TS. Trần Trung Hiếu
TS. Trần Việt Hưng

Khảo sát tải trọng giới hạn của nền đất tự nhiên dưới tác dụng của tải trọng móng cứng

■ **TS. NGUYỄN MINH KHOA(*); TS. ĐÀO PHÚC LÂM**
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
■ **ThS. NGUYỄN THANH TỊNH**
Cục Quản lý Đầu tư xây dựng (Bộ Giao thông vận tải)
Email: (*)minhkhoa.nguyen@utt.edu.vn

TÓM TẮT: Xây dựng bài toán xác định tải trọng giới hạn của nền đất tự nhiên 2 lớp ổn định theo điều kiện ứng suất tiếp lớn nhất (τ_{max}) đạt giá trị nhỏ nhất (min) dưới tác dụng của móng cứng khi không giả thiết dạng ứng suất tiếp xúc. Bài toán phẳng này được giải bằng phương pháp số và đánh giá so với kết quả đã có cho thấy tin cậy.
Sử dụng bài toán trên khảo sát số cho thấy ứng suất tiếp xúc không theo dạng nhất định và vùng biến dạng dẻo thay đổi cả về hình dáng, kích thước, vị trí khi có sự phân bố 2 lớp đất khác nhau trong nền đất tự nhiên. Đồng thời cũng cho thấy, khi chiều dày lớp đất bên trên trong nền đất 2 lớp lớn hơn 1,25 lần chiều rộng móng cứng thì có thể coi nền đất là đồng nhất với tính chất của lớp đất bên trên để tính tải trọng giới hạn p_{gh} là rất có ý nghĩa thực tiễn.

TỪ KHÓA: Tải trọng giới hạn, móng cứng, ứng suất tiếp xúc, nền đất tự nhiên 2 lớp, ứng suất tiếp lớn nhất đạt giá trị nhỏ nhất.

ABSTRACT: The paper presents a case study on the evaluation of ultimate bearing capacity of foundation forming by two soil layers based on the the concept of maximum shear stress at the smallest value induced by load of rigid foundation without contact pressures. Plane strain problem was solved using numerical method, and compared with the experimental results showing high reability. Additionally, the distribution of contact pressure was found not constant, and the shape, size, location of plastic zones were variable as foundation consisting of two soil layers. Finally, as the thickness of the upper soil layer was 1,25 times higher than the width of the footing, the two soil layer foundation can be considered as one, under this condition the properties of the upper soil layer is critical for estimating ultimate bearing capacity.

KEYWORDS: Ultimate bearing capacity, load of rigid foundation, contact pressures, foundation forming by two soil layers, the concept of maximum shear stress at the smallest value.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi thực hiện tính toán khác nhau về nền đất là phải xác định được tải trọng tác dụng lên nền đất, chính là xác định ứng suất tiếp xúc. Thông thường, phân biệt 3 trường hợp móng mềm, móng nửa cứng và móng cứng để xác định ứng suất tiếp xúc. Xác định ứng suất tiếp xúc dưới đế móng này là việc làm phức tạp, bởi đất là vật liệu hạt, tự xắp xếp ổn định dưới tác dụng của tải trọng ngoài, nên cách làm giả định dạng phân bố của ứng suất tiếp xúc như hiện nay [3, 4] thì thuận tiện trong tính toán nhưng chưa thật phù hợp với thực tế.

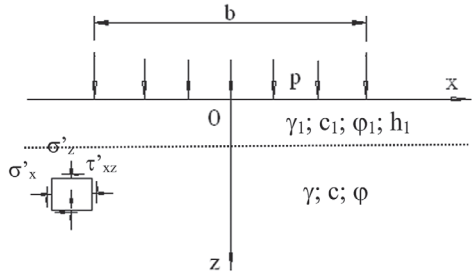
Thí nghiệm nén đất qua tấm ép được xem như gia tải cho móng của công trình. Cho tải trọng tác dụng tăng dần theo từng cấp và quan sát nền đất, đến khi móng bị lún mạnh và thấy một lõi đất bị nén chặt hình thành ngay dưới đáy móng như một cái nêm và thường gắn với móng như một cố thể. Nền đất mất ổn định và trượt làm cho móng cũng bị mất ổn định theo. Giá trị tải trọng khi bắt đầu giai đoạn này gọi là tải trọng giới hạn, chính bằng sức chịu tải giới hạn của nền đất (ký hiệu p_{gh}). Các nghiên cứu như lý thuyết đàn hồi, đàn - dẻo... và có thể thông qua việc kiểm soát việc xuất hiện hoặc phát triển của vùng biến dạng dẻo trong nền đất để đưa ra các tiêu chuẩn về trạng thái giới hạn.

Gần đây có phương pháp lý thuyết xác định ứng suất theo điều kiện vùng "ứng suất tiếp lớn nhất (τ_{max}) đạt giá trị nhỏ nhất (min)" trong phạm vi ảnh hưởng của tải trọng ngoài của nền đất tự nhiên [1, 2]. Kết quả nghiên cứu theo hướng này bước đầu cho kết quả tin cậy, không những xác định được tải trọng giới hạn mà còn xác định được trạng thái ứng suất giới hạn. Tuy nhiên, các nghiên cứu theo hướng này mới xét được nền đất đồng nhất, giả định trước dạng phân bố của ứng suất tiếp xúc... Chính vì vậy, trong bài báo này sẽ xét đến nền đất tự nhiên có 2 lớp đất dưới tác dụng của tải trọng móng cứng không cho trước dạng ứng suất tiếp xúc.

2. XÂY DỰNG BÀI TOÁN NGHIÊN CỨU TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT GIỚI HẠN CỦA NỀN ĐẤT TỰ NHIÊN 2 LỚP DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG MÓNG CỨNG

Đất được tạo thành do kết quả phong hóa của các loại đá gốc. Chúng là những mảnh hạt vụn chưa được gắn kết lại với nhau trong quá trình trầm tích. Do vậy, những nghiên cứu trước đã đề xuất bổ sung điều kiện ổn định theo ứng suất tiếp lớn nhất (τ_{max}) đạt giá trị nhỏ nhất (min). Trong bài toán trạng thái ứng suất phẳng, kết hợp điều kiện ổn định này với các điều kiện cơ học và vật lý khác của đất, đồng thời sử dụng định lý giới hạn trong phân tích giới hạn [1, 2,

7] để xác định ở trạng thái giới hạn và tải trọng giới hạn. Từ đó, tác giả đề xuất bài toán trạng thái ứng suất giới hạn của nền đất tự nhiên 2 lớp dưới tác dụng của tải trọng móng cứng trong bài toán phẳng (gọi tắt là bài toán) như *Hình 2.1*:



Hình 2.1: Bài toán trạng thái ứng suất giới hạn

Trong đó:

- Tải trọng móng cứng có cường độ p (kPa) với phương thẳng đứng và chiều rộng b (m);

- Nền đất tự nhiên có 2 lớp: Lớp ở phía trên có trọng lượng thể tích γ_1 (kN/m^3), lực dính đơn vị c_1 (kPa), góc ma sát trong φ_1 (^{0}) và chiều dày h_1; lớp ở phía dưới có có trọng lượng thể tích γ (kN/m^3), lực dính đơn vị c (kPa) và góc ma sát trong φ (^{0});

- σ'_x, σ'_z và τ'_{xz} - Các ứng suất hữu hiệu gắn với hệ tọa độ x0y [4, 5].

** Bài toán tìm cực tiểu của hàm mục tiêu:*

$$Z = \int_{V_1}\frac{1}{G_1}\left[\left(\frac{\sigma'_z-\sigma'_x}{2}\right)^2+\tau'^2_x\right]dV_1+\int_{V}\frac{1}{G}\left[\left(\frac{\sigma'_z-\sigma'_x}{2}\right)^2+\tau'^2_x\right]dV\ldots$$
$$+\int_{V_1}\frac{1}{G_1}\left[\sqrt{\left(\frac{\sigma'_z-\sigma'_x}{2}\right)^2+\tau'^2_x}-\frac{\sigma'_z+\sigma'_x}{2}\sin\varphi_1-c_1\cos\varphi_1\right]^2dV_1\ldots \quad (1)$$
$$+\int_{V}\frac{1}{G}\left[\sqrt{\left(\frac{\sigma'_z-\sigma'_x}{2}\right)^2+\tau'^2_x}-\frac{\sigma'_z+\sigma'_x}{2}\sin\varphi-c\cos\varphi\right]^2dV\ldots$$
$$-p\rightarrow\min$$

Trong đó:

- p - Giá trị lớn nhất của tải trọng móng cứng để nền đất tự nhiên ở trạng thái giới hạn;

- G_1 và G - Mô-đun trượt của lớp đất bên trên và bên dưới;

- V_1 và V - Miền lấy tích phân tương ứng với vùng lớp đất trên và dưới.

Hàm mục tiêu (1) cần thỏa mãn các ràng buộc sau:

- Hệ phương trình:

Với các phần tử thuộc lớp đất phía trên:

$$\begin{cases}\dfrac{\partial(\sigma'_z-\gamma_1 z)}{\partial z}+\dfrac{\partial\tau'_x}{\partial x}=0\\ \dfrac{\partial(\sigma'_x-\gamma_1 z)}{\partial x}+\dfrac{\partial\tau'_x}{\partial z}=0\end{cases} \quad (2a)$$

còn ở lớp đất phía dưới:

$$\begin{cases}\dfrac{\partial(\sigma'_z-\gamma_1 h_1-\gamma(z-h_1))}{\partial z}+\dfrac{\partial\tau'_x}{\partial x}=0\\ \dfrac{\partial(\sigma'_x-\gamma_1 h_1-\gamma(z-h_1))}{\partial x}+\dfrac{\partial\tau'_x}{\partial z}=0\end{cases} \quad (2b)$$

- Điều kiện đất là vật liệu không chịu kéo:

$\sigma'_x \geq 0$ và $\sigma'_z \geq 0$ (3)

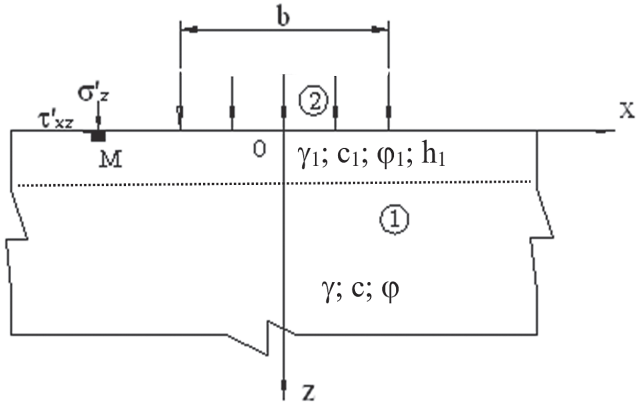
- Điều kiện bền Mohr - Coulomb với đất ở lớp phía trên:

$$f(k)=\sqrt{\left(\frac{\sigma'_z-\sigma'_x}{2}\right)^2+\tau'^2_x}-\frac{\sigma'_z+\sigma'_x}{2}\sin\varphi_1-c_1\cos\varphi_1\leq 0 \quad (4a)$$

còn ở lớp đất phía dưới:

$$f(k)=\sqrt{\left(\frac{\sigma'_z-\sigma'_x}{2}\right)^2+\tau'^2_x}-\frac{\sigma'_z+\sigma'_x}{2}\sin\varphi-c\cos\varphi\leq 0 \quad (4b)$$

- Xét một phân tố đất M trên mặt thoáng nằm ngang như *Hình 2.2.*



(1 - Khối đất; 2 - Tải trọng phân bố không đều)

Hình 2.2: Khối đất có mặt thoáng nằm ngang

Ta có điều kiện biên mặt thoáng:

$$\begin{cases}|x|>\dfrac{b}{2}\rightarrow\sigma'_z=0;\quad \tau'_x=0\\ |x|<\dfrac{b}{2}\rightarrow\tau'_x=0\end{cases} \quad (5a)$$

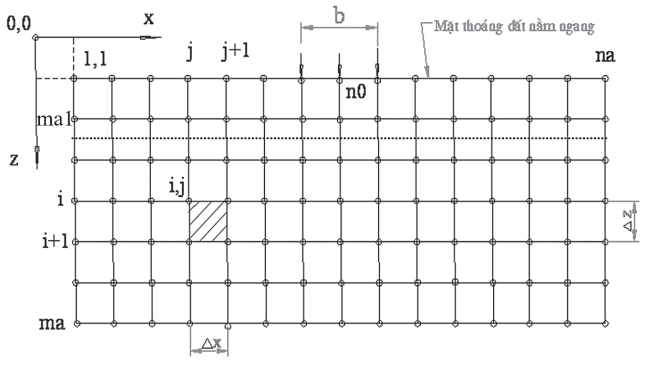
Các giá trị ứng suất khác trên mặt thoáng là ẩn của bài toán. Lưu ý lời giải của lý thuyết đàn hồi đối với móng bằng phân bố đều, ngay trên bề mặt nền đất $\sigma_z = \sigma_x$ và $\tau_{xy} = 0$ tại các vị trí khác mép móng. N. P. Puzyrevsky đã chỉ ra điểm biến dạng dẻo xuất hiện đầu tiên ở hai mép ngoài đáy móng [3].

Tải trọng móng cứng p ứng với giá trị lớn nhất để nền đất ở trạng thái giới hạn cho nên cũng là ẩn số của bài toán được xác định:

$$p=\frac{\int_{-b/2}^{+b/2}\sigma'_z\,dx}{b} \quad (5b)$$

Giá trị tìm được p là tải trọng giới hạn, p_{gh} (kPa).

Dùng phương pháp sai phân hữu hạn và phần mềm Matlab [2, 6] để giải bài toán trên với G là hằng số. Khối đất được chia thành sơ đồ lưới sai phân hữu hạn như *Hình 2.3.*



Hình 2.3: Sơ đồ lưới sai phân hữu hạn

Trong *Hình 2.3*, ký hiệu Δx và Δz là kích thước của ô lưới; na và ma là kích thước của lưới sai phân theo x và z; ma1 là vị trí lưới sai phân xác định lớp đất bên trên; n0 là điểm giữa của lưới ở mặt thoáng, với n0 = (1 + na)/2; i và j là vị trí hàng i và cột j của nút trong lưới sai phân. Tại các điểm nút (i,j) có các thành phần ứng suất $\sigma'^{(i,j)}_x$, $\sigma'^{(i,j)}_z$, $\tau'^{(i,j)}_{xz}$. Theo nghiên cứu trước, có thể chọn Δx = Δz = 1 m, na = 25 và ma = 13 [2].

Bài toán có nghiệm duy nhất, xác định được trạng thái ứng suất giới hạn, đồng thời cũng có được tải trọng giới hạn nền đất và giá trị bền f(k). Lấy các điểm có cùng giá trị bền nối lại với nhau gọi là đường đẳng bền, còn các điểm có f(k) = 0 là các điểm đã biến dạng dẻo. Tập hợp các điểm này lại xác định được vùng biến dạng dẻo.

Để đánh giá bài toán, xét nền đất tự nhiên đồng nhất có lực dính đơn vị $c_1 = c = 10$ kPa; không xét trọng lượng đất $\gamma_1 = \gamma = 0$; chiều rộng tải trọng móng cứng b = 4 m. Bằng cách cho tăng góc ma sát trong $\varphi_1 = \varphi$ để khảo sát. Ta được sự thay đổi của tải trọng giới hạn sai số so với của L. Prandtl [4, 7] và của NTT Hương [1] *(Bảng 2.1)*.

Bảng 2.1. Tải trọng giới hạn theo góc ma sát trong

φ (°)	p_{gh}/c (L. Prandtl)	p_{gh}/c (NTT Hương)	p_{gh}/c (Bài toán)
0	5,142	5,142	4,55735
5	6,489	6,164	5,90657
10	8,345	7,509	7,41257
15	10,977	9,371	8,16632
20	14,835	12,162	13,16881
25	20,721	16,850	22,44909

Từ *Bảng 2.1* cho thấy kết quả bài toán so với của L. Prandtl có sai lệch từ -25% ÷ +8%, còn với của NTT Hương sai lệch từ -11% ÷ +33%. Có thể sự sai lệch này là do giả thiết nền đất bị chảy dẻo hoàn toàn của L. Prandtl [4, 7] khác với kết quả bài toán nền đất bị biến dạng dẻo hữu hạn trong nền đất dưới tác dụng của tải trọng, còn với NTT Hương giả định cường độ áp lực tác dụng của tải trọng p tại mép móng là ẩn (ở mép móng có sự tập trung ứng suất nên ứng suất tiếp xúc tại đây là lớn nhất) [1], qua đó thấy được việc xây dựng và giải bài toán là đáng tin cậy.

Kết quả cũng cho giá trị ứng suất σ'_z phân bố trên bề mặt nền đất tự nhiên ngay dưới móng cứng tại vị trí tim móng (x = 0), cách tim móng b/4 và b/2 *(Bảng 2.2)*.

Bảng 2.2. Ứng suất tiếp xúc σ'_z theo góc ma sát trong

φ (°)	σ'_z (kPa)		
	Tim móng (x = 0)	x = b/4	x = b/2
0	47,2893	36,5738	61,8571
5	67,3895	50,3619	68,1497
10	90,9413	49,0638	107,4341
15	114,7267	88,1074	35,7116
20	147,4821	103,4192	172,4318
25	215,8268	77,5705	526,9960

Sự phân bố áp lực dưới đáy móng cứng hay ứng suất tiếp xúc dưới tải trọng móng cứng đã được chỉ ra là phân bố không đều. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu trước cho thấy nó được phân bố theo một quy luật nhất định, chẳng hạn theo lý thuyết biến dạng tuyến tính có hình parabol, các nghiên cứu thực nghiệm trong một số trường hợp cụ thể chỉ ra có hình yên ngựa [1, 3, 7]... Tuy nhiên, từ *Bảng 2.2* cho thấy ứng suất tiếp xúc không có hình dạng nhất định và ứng suất tại mép móng (vị trí x=b/2) không bằng với tải trọng giới hạn của bài toán.

3. KHẢO SÁT SỐ TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT GIỚI HẠN CỦA NỀN ĐẤT TỰ NHIÊN 2 LỚP

3.1. Đường đẳng bền và vùng biến dạng dẻo

Thực tế nền đất tự nhiên thường có nhiều lớp đất, có thể nhiều lớp đất yếu khác nhau hoặc có lớp đất tốt. Ảnh hưởng của việc phân bố các lớp đất này cũng như lớp đất tốt đến sức chịu tải hay tải trọng giới hạn của nền đất yếu là rất lớn.

Xét móng cứng có chiều rộng b = 4 m, nền đất tự nhiên 2 lớp, lớp Y có lực dính đơn vị $c_1 = 15$ kPa, góc ma sát trong $\varphi_1 = 0$, trọng lượng thể tích $\gamma_1 = 5$ kN/m^3 và lớp T có lực dính đơn vị c = 40 kPa, góc ma sát trong φ = 0, trọng lượng thể tích γ = 15 kN/m^3. Để khảo sát ta chia thành 2 trường hợp:

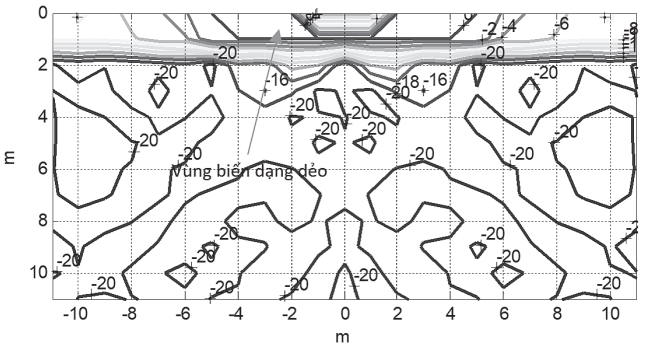
- Trường hợp 1 thì lớp đất Y ở phía trên có chiều dày h_1 = 1,5 m và lớp T ở phía dưới, ta được:

+ Tải trọng giới hạn p_{gh} và ứng suất tiếp xúc σ'_z tại các vị trí tim móng x = 0; cách tim móng 0,25b, 0,5b, 0,75b và b *(Bảng 3.1)*.

Bảng 3.1. Tải trọng giới hạn và ứng suất tiếp xúc

p_{gh} (kPa)	σ'_z (kPa)				
	x = 0	x = 0,25b	x = 0,5b	x = 0,75b	x = b
72,0683	130,4082	33,1967	91,4715	0	0

+ Vùng biến dạng dẻo và đường đẳng bền *(Hình 3.1)*.



Hình 3.1: Đồ thị đường đẳng bền f(k) trường hợp 1

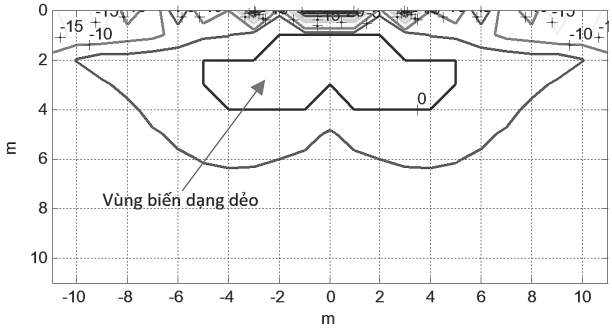
- Trường hợp 2 thì lớp đất T ở phía trên có chiều dày h_1 = 1,5 m và lớp Y ở phía dưới, ta được:

+ Tải trọng giới hạn p_{gh} và ứng suất tiếp xúc σ'_z *(Bảng 3.2)*.

Bảng 3.2. Tải trọng giới hạn và ứng suất tiếp xúc

p_{gh} (kPa)	σ'_z (kPa)				
	x = 0	x = 0,25b	x = 0,5b	x = 0,75b	x = b
97,8643	145,2630	123,0971	0	0	0

+ Vùng biến dạng dẻo và đường đẳng bền *(Hình 3.2)*.



Hình 3.2: Đồ thị đường đẳng bền f(k) trường hợp 2.2

Từ *Hình 3.1 và 3.2* ta thấy sự thay đổi đáng kể của trạng thái ứng suất giới hạn và vùng biến dạng dẻo khi thay đổi vị trí của các lớp đất; vùng biến dạng dẻo thay đổi cả về hình dáng, kích thước và vị trí; hình thành "lõi đất" (f(k)<0) ngay dưới móng cứng. Số liệu *Bảng 3.1 và 3.2*, khi lớp đất có lực dính đơn vị và trọng lượng thể tích lớn hơn được đặt bên trên, tải trọng giới hạn tăng lên đáng kể (+35,8%); ứng suất tiếp xúc thay đổi cả về quy luật và giá trị. Có thể coi lớp đất có lực dính đơn vị và trọng lượng thể tích cao hơn là tốt hơn (cứng hơn), do đó sự thay đổi vị trí của lớp đất tốt ảnh hưởng nhiều đến trạng thái ứng suất và ứng suất tiếp xúc ở đáy móng cứng.

3.2. Ảnh hưởng của sự phân bố lớp đất trong nền đất tự nhiên

Xét nền đất tự nhiên 2 lớp, lớp T có lực dính đơn vị c_1 = 40 kPa và lớp Y có lực dính đơn vị c = 15 kPa, không xét trọng lượng nền đất và góc ma sát trong (giả sử $\gamma_1 = \gamma = 0$ và $\varphi_1 = \varphi = 0$); tải trọng móng cứng có chiều rộng b = 2 m.

Khảo sát trường hợp 1 thì lớp T ở phía trên và lớp Y ở dưới, còn trường hợp 2 thì lớp Y ở phía trên và lớp T ở dưới. Bằng cách thay đổi chiều dày của lớp bên trên (h_1) để khảo sát ảnh hưởng chiều dày lớp đất bên trên đến tải trọng giới hạn của trường hợp 1 là p^{I}_{gh} (kPa) và trường hợp 2 là p^{II}_{gh} (kPa) *(Bảng 3.3)*.

Bảng 3.3. Quan hệ giữa tải trọng giới hạn với chiều dày lớp đất bên trên (h_1/b)

ma1	h_1/b	p^{I}_{gh} (kPa)	p^{II}_{gh} (kPa)
1	0,25	76,2183	141,7144
2	0,75	132,3159	68,5511
3	1,25	165,5141	67,6725
4	1,75	179,7239	67,3195
5	2,25	166,4152	67,1850
6	2,75	172,5359	67,0826

Từ *Bảng 3.3* ta được tải trọng giới hạn thay đổi khi chiều dày lớp đất bên trên tăng và khi tăng quá 1,25b thì tải trọng giới hạn thay đổi không đáng kể. Như vậy, tải trọng giới hạn phụ thuộc vào phân bố các lớp đất (chiều dày và vị trí) và khi chiều dày lớp bên trên $h_1 > 1{,}25b$ có thể xem nền đất là đồng nhất có lực dính đơn vị và góc ma sát trong của lớp trên để tính tải trọng giới hạn.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu trạng thái ứng suất giới hạn và tải trọng giới hạn của nền đất tự nhiên có 2 lớp đất chịu tải trọng của tải trọng móng cứng, trong trường hợp không giả định trước sự phân bố ứng suất tiếp xúc là vấn đề mới, phù hợp với thực tế chịu lực của nền đất tự nhiên. Lời giải của bài toán cũng được so sánh với lời giải trước cho thấy được tính hợp lý và tin cậy; kết quả của bài toán cho phép không những xác định được tải trọng giới hạn mà còn xác định được trạng thái ứng suất giới hạn, đồng thời chỉ ra tồn tại lõi đất hay nêm đất ngay dưới tải trọng móng cứng, đây là vùng không bị biến dạng dẻo, điều này rất phù hợp với những nhiên cứu trước đây.

Một số khảo sát bài toán trạng thái ứng suất giới hạn của nền đất tự nhiên dưới tải trọng móng cứng, cho thấy không có sự phân bố dạng cố định ứng xuất tiếp xúc dưới móng cứng.

Khảo sát số bài toán cho thấy sự xuất hiện lớp đất tốt trong nền đất yếu làm thay đổi đáng kể trạng thái ứng suất giới hạn và tải trọng giới hạn của nền đất yếu. Tùy theo vị trí và chiều dày của các lớp đất mà mức độ ảnh hưởng khác nhau; khi lớp đất bên trên trong nền đất 2 lớp, có chiều dày lớn hơn 1,25 lần chiều rộng móng cứng ($h_1 > 1{,}25b$) thì có thể coi là nền đất đồng nhất có lực dính đơn vị và góc ma sát trong của lớp đất bên trên để tính toán tải trọng giới hạn, điều này rất có ý nghĩa về mặt thực tế.

Tài liệu tham khảo

[1]. Ngô Thị Thanh Hương (02/2011), *Nghiên cứu tính toán tải trọng tới hạn của nền đất*, Tạp chí Địa kỹ thuật.

[2]. Nguyễn Minh Khoa, Hoàng Đình Đạm (2012), *Tải trọng giới hạn nền đất chịu tải trọng nền đường đắp và bệ phản áp*, Tạp chí Cầu đường Việt Nam, số 9.

[3]. Bùi Anh Định (1997), *Cơ học đất*, Trường Đại học GTVT, Hà Nội.

[4]. Phan Trường Phiệt (2010), *Cơ học đất ứng dụng và tính toán công trình trên nền đất theo trạng thái giới hạn*, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[5]. Karl Terzaghi & Ralph B. Peck & Gholamreza Mesri (1996), *Soil Mechanics in Engineering Practice*, University of Illinois.

[6]. MathWorks (2011), *Latlab - Optimization ToolboxTM*, User' s guide R2011b, Stanford California, USA.

[7]. Arnold Verruijt (2001), *Soil mechanics*, Delft University of Technology.

Ngày nhận bài: 02/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 15/8/2023
Người phản biện: TS. Bùi Văn Đức
TS. Đỗ Minh Ngọc

Đánh giá khả năng kháng nứt của bê tông nhựa sử dụng vôi thủy hóa trong điều kiện ẩm ướt

■ **PGS. TS. LÊ VĂN PHÚC(*); KS. NGUYỄN THÀNH NHÂN; ThS. TRẦN HUY THIỆP**
Phân hiệu tại TP. Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)phuclv_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Trên cơ sở các kết quả thí nghiệm trong phòng của BTNC12.5 có sử dụng vôi thủy hóa thay thế một phần bột khoáng, bài báo đã phân tích và đánh giá khả năng kháng nứt của bê tông nhựa (BTN) C12.5 có sử dụng vôi thủy hóa làm phụ gia trong điều kiện ẩm ướt.

TỪ KHÓA: Bê tông nhựa, vôi thủy hóa, ẩm ướt, khả năng kháng nứt.

ABSTRACT: Based on laboratory experimental results of asphalt concrete mixture with nominal maximum aggregate size of 12,5 mm, this paper analyzed and evaluated the cracking resistance of asphalt concrete mixture using hydrated lime under wet conditions.

KEYWORDS: Asphalt concrete mixture, hydrated lime, wet conditions, cracking resistance.

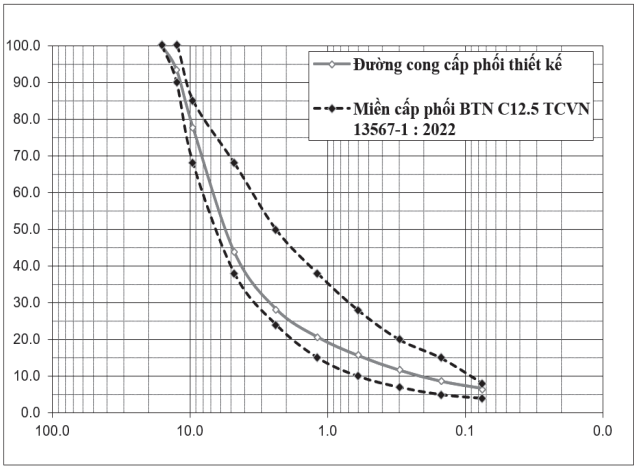
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết cấu mặt đường BTN được sử dụng phổ biến ở nước ta hiện nay. Tuy nhiên, rất nhiều tuyến đường sau khi đưa vào sử dụng trong thời gian ngắn đã xuất hiện các hư hỏng như hằn lún, xô trượt, rạn nứt và bong bật... hình thành các dạng hư hỏng như các ổ gà, tách lớp hay rỗ tổ ong gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến ATGT cho người và phương tiện khi tham gia lưu thông. Nguyên nhân chính gây ra sự phá hoại này là do kết cấu mặt đường nhựa làm việc trong điều kiện nhiệt-ẩm ướt dưới tác dụng lưu lượng và tải trọng xe tăng lên. Nếu sự dính bám giữa bề mặt cốt liệu và chất kết dính không tốt sẽ dẫn tới phá vỡ sự dính kết giữa các hạt cốt liệu và chất kết dính, gây ra các hiện tượng ổ gà trên mặt đường.

Trong số những giải pháp nghiên cứu để tăng cường đặc tính của BTN thì giải pháp dùng nhựa 60/70 kết hợp vôi thủy hóa thay thế một phần bột khoáng được sử dụng phổ biến ở các nước trên thế giới để sửa chữa các vị trí hư hỏng "ổ gà" trên mặt đường cũng như việc xây dựng mới mặt đường BTN. Tuy nhiên, hiện ở Việt Nam vẫn chưa có nhiều nghiên cứu sử dụng vôi thủy hóa để đánh giá khả năng kháng nứt của BTN dưới phá hoại nước. Do vậy, việc đánh giá khả năng kháng nứt của BTNC 12.5 sử dụng vôi thủy hóa trong điều kiện ẩm ướt có tính thời sự và cấp thiết hiện nay.

2. THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BTNC 12.5 SỬ DỤNG VÔI THỦY HÓA VÀ KHÔNG SỬ DỤNG VÔI THỦY HÓA

Thiết kế thành phần cấp phối BTNC 12.5 được thực hiện theo hướng dẫn của TCVN 13567 - 1:2022 [1]. Tiến hành thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu thô, bột khoáng đáp ứng được các yêu cầu của TCVN 13567 - 1:2022 [1] và các chỉ tiêu cơ lý của nhựa 60/70 đáp ứng được các yêu cầu của Phụ lục A - TCVN 13567-1:2022 [1] được phép sử dụng chế tạo hỗn hợp BTN. Đường cong cấp phối sau phối trộn của hỗn hợp BTN C12.5 sử dụng trong nghiên cứu này được thể hiện ở *Hình 2.1*.



Hình 2.1: Đường cong cấp phối sau phối trộn của hỗn hợp BTN C12.5

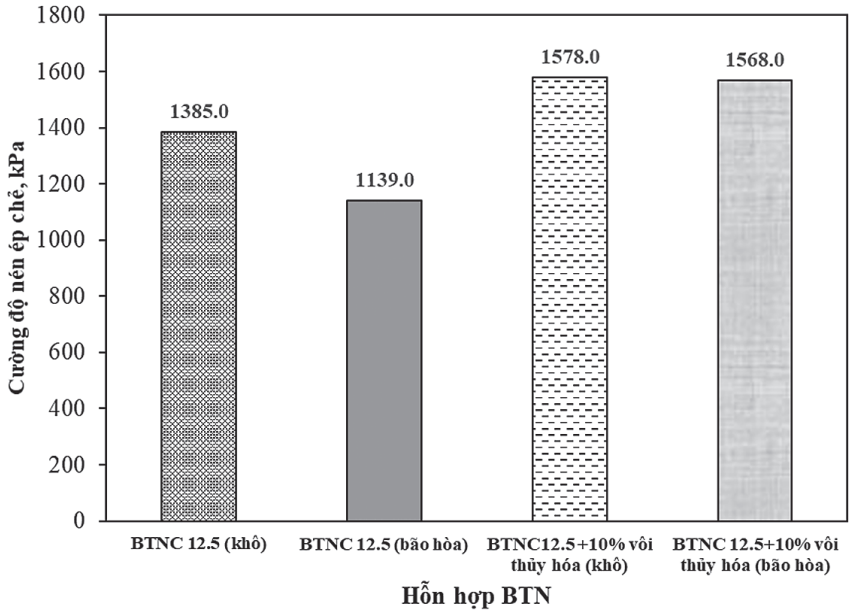
Để xác định hàm lượng nhựa tối ưu cho hỗn hợp BTNC 12.5, tiến hành thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của BTNC 12.5 với các hàm lượng nhựa khác nhau là 3,5%, 4,0%, 4,5%, 5,0%, 5,5% theo hỗn hợp. Căn cứ yêu cầu kỹ thuật đối với BTN C12.5 theo TCVN 13567-1:2022 [1], nghiên cứu đề xuất lựa chọn hàm lượng nhựa tối ưu là 4,73% (% tính theo khối lượng hỗn hợp).

Ngoài ra, theo nghiên cứu Aragão et al. [2] đã thí nghiệm với các hàm lượng vôi thủy hóa khác nhau trong bê tông nhựa, kết quả chứng minh rằng 1,0% (tương đương thay thế 10% bột khoáng) là hàm lượng tối ưu để tăng cường độ ổn định nước cao nhất trong môi trường bão hòa. Do vậy, trong nghiên cứu này bước đầu chỉ tập trung đánh giá khả năng kháng nứt của BTNC 12.5 với 10% vôi thủy hóa thay thế bột khoáng trên cấp phối BTNC 12.5.

3. THÍ NGHIỆM TỶ SỐ CƯỜNG ĐỘ KÉO GIÁN TIẾP TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC THEO AASHTO T283 [3]

Theo phương pháp này với hàm lượng nhựa tối ưu là 4,73% cần chế tạo mẫu marshall với độ rỗng dư yêu cầu đạt 7±1%. Để đạt được yêu cầu này cần tiến hành xác định số công đầm cho hỗn hợp BTNC 12.5 thông thường và BTNC 12.5 sử dụng 10% hàm lượng vôi thủy hóa thay thế bột khoáng. Tiến hành thí nghiệm nén ép chẻ trong môi trường khô (mẫu sau khi chế bị, tiến hành ngâm mẫu trong nước ở nhiệt độ 25^{0}C trong khoảng thời gian 2h và tiến hành nén ép chẻ). Sau đó, tiến hành thí nghiệm trong môi trường bão hòa (mẫu sau khi chế bị, tiến hành ngâm mẫu trong bể ở nhiệt độ 60^{0}C trong khoảng thời gian 24h, sau đó vớt mẫu ra ngâm lại trong nước ở nhiệt độ 25^{0}C trong khoảng thời gian 2h và tiến hành ép chẻ).

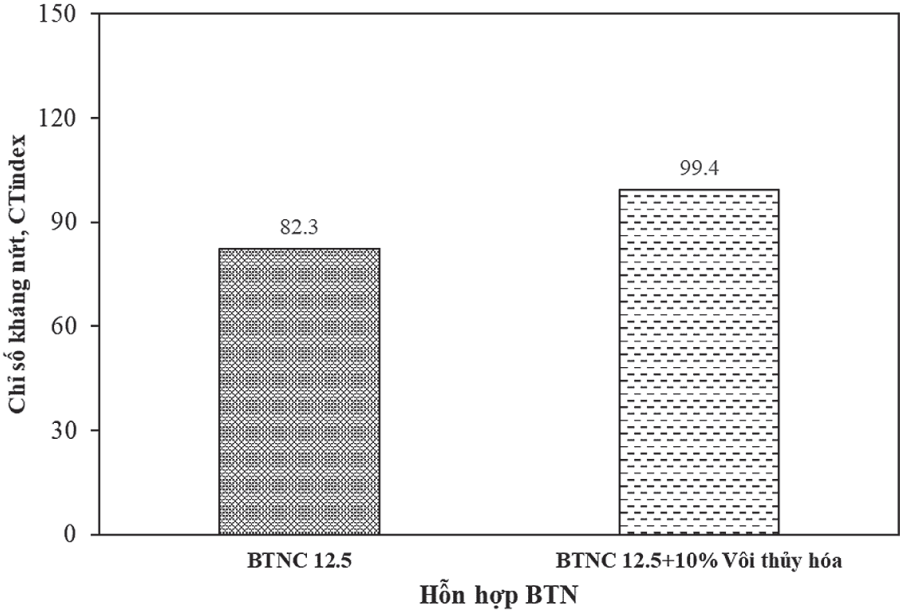
Kết quả thí nghiệm cường độ nén ép chẻ trong các điều kiện môi trường khô và môi trường bão hòa thể hiện *Hình 3.1*.



Hình 3.1: Thí nghiệm cường độ nén ép chẻ trong môi trường khô và môi trường bão hòa của BTN có và không có sử dụng vôi thủy hóa

Từ kết quả *Hình 3.1* cho thấy rằng, trong môi trường khô thì cường độ chịu kéo gián tiếp của BTNC 12.5 sử dụng vôi thủy hóa tăng 14% so với BTN không sử dụng vôi thủy hóa. Đồng thời, trong môi trường bão hòa thì cường độ chịu kéo gián tiếp của BTNC 12.5 sử dụng vôi thủy hóa tăng 38% so với BTN không sử dụng vôi thủy hóa. Từ kết quả cho thấy, khi sử dụng 10% vôi thủy hóa thay thế bột khoáng tăng khả năng dính bám đá nhựa trong cả hai môi trường khô và nước nên làm tăng khả năng kháng nứt cho BTN.

Kết quả thí nghiệm tỷ số cường độ kéo gián tiếp trong môi trường ẩm ướt theo AASHTO T283 [3] được thể hiện ở *Hình 3.2*.

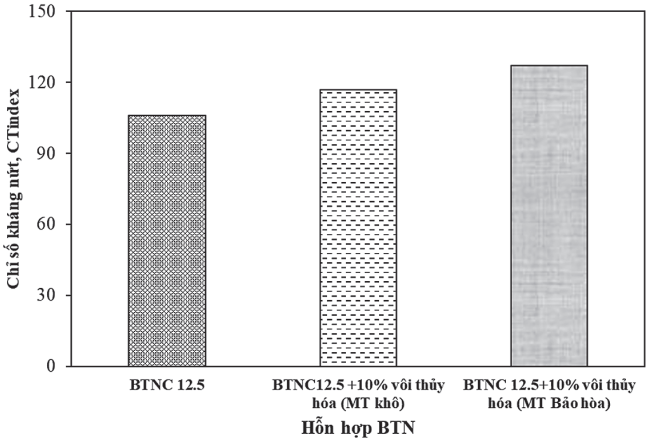


Hình 3.2: Tỷ số sức kháng kéo của BTN thường và BTN sử dụng vôi

Từ *Hình 3.2* cho thấy tỷ số sức kháng kéo trong môi trường bão hòa (TSR) của BTNC 12.5 sử dụng vôi thủy hóa cho kết quả cao hơn nhiều so với BTNC 12.5 không sử dụng vôi thủy hóa khoảng 20%. Như vậy, BTN sử dụng 10% vôi thay thế cho bột khoáng sẽ làm tăng sức kháng kéo cho BTN trong điều kiện làm việc bất lợi về nhiệt và ẩm ướt.

4. THÍ NGHIỆM KÉO GIÁN TIẾP INDIRECT TENSILE ASPHALT CRACKING TEST (IDEAL) ĐỂ XÁC ĐỊNH CHỈ SỐ CTINDEX THEO ASTM D8225-19 [4] CỦA BTNC 12.5 SỬ DỤNG VÔI THỦY HÓA TRONG MÔI TRƯỜNG ẨM ƯỚT

Hỗn hợp BTNC 12.5 được đầm nén trên thiết bị đầm xoay để đạt được độ rỗng dư bằng 7±0,5%. Các mẫu thí nghiệm được chế tạo theo Tiêu chuẩn ASTM D8225-19 [4] có đường kính bằng 150±2 mm, chiều cao bằng 62±1 mm. Các mẫu thử được bảo dưỡng ở 25^{0}C trong 2h, sau đó tiến hành thí nghiệm nén ép chẻ với tốc độ tăng tải là 50 mm/phút cùng với phần mềm chuyên dụng để thu được dữ liệu lực và chuyển vị. Dựa trên kết quả thí nghiệm và tính toán giá trị CT_{Index} của các tổ mẫu được thể hiện ở *Hình 4.1*.



Hình 4.1: Giá trị CT_{index} của các hỗn hợp BTN

Từ *Hình 4.1* cho thấy nghiên cứu đi đến các nhận xét như sau:

- Trong môi trường khô: Giá trị CT_{Index} của hỗn hợp BTNC12.5 sử dụng vôi thủy hóa cao hơn so với hỗn hợp BTN không sử dụng vôi thủy hóa khoảng 10%, điều này do sử dụng vôi thủy hóa là tăng độ dính bám đá nhựa dẫn đến tăng khả năng kháng nứt cho BTN.

- Giá trị CT_{Index} của hỗn hợp BTNC12.5 sử dụng vôi thủy hóa trong môi trường bão hòa cao hơn so nhiều với hỗn hợp BTN không sử dụng vôi thủy hóa trong môi trường khô khoảng 20%. Điều này do vôi thủy hóa trong môi trường nước phản ứng với các phân tử trong nhựa đường (axit cacboxylic) và có trong cốt liệu nhóm (OH có tính axit) dẫn đến phân tử dễ hấp thụ trên bề mặt cốt liệu hoặc các phân tử đó ít có khả năng phân ly và liên kết các phân tử nước, do vậy tăng khả năng kháng nứt của BTN.

5. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm trong phòng cho thấy, việc sử dụng vôi thủy hóa làm phụ gia đã cải thiện cơ bản một số đặc tính cơ học cho BTN, làm tăng khả năng kháng kéo trong môi trường nhiệt và ẩm, tăng khả năng kháng lún và ít bị biến dạng trong điều kiện bất lợi về nhiệt - ẩm ướt. Trên cơ sở tiến hành thí nghiệm trong phòng cho BTNC 12.5 cho thấy:

- Cường độ chịu kéo gián tiếp của BTNC 12.5 sử dụng 10% vôi thủy hóa thay thế bột khoáng tăng 14% so với BTN không sử dụng vôi thủy hóa;

- Cường độ chịu kéo gián tiếp của BTNC 12.5 sử dụng 10% vôi thủy hóa thay thế bột khoáng trong môi trường bão hòa nước tăng 38% so với BTN không sử dụng vôi thủy hóa;

- BTNC 12.5 sử dụng 10% vôi thủy hóa thay thế bột khoáng cho kết quả tỷ số sức kháng kéo gián tiếp (TSR) cao hơn nhiều so với BTNC 12.5 không sử dụng vôi thủy hóa khoảng 20%;

- Giá trị CT_{Index} của hỗn hợp BTNC12.5 sử dụng 10% vôi thủy hóa thay thế bột khoáng cao hơn so với hỗn hợp BTN không sử dụng vôi thủy hóa khoảng 10%;

- Giá trị CT_{Index} của hỗn hợp BTNC12.5 sử dụng 10% vôi thủy hóa thay thế bột khoáng trong môi trường bão hòa cao hơn nhiều so với hỗn hợp BTN không sử dụng vôi thủy hóa trong môi trường khô khoảng 20%.

Tài liệu tham khảo

[1]. TCVN 13567-1:2022, *Phần 1: Bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường thông thường*.

[2]. F.T Aragão, J. Lee, Y.R. Kim, P. Karki (2009), *Material-specific effects of hydrated lime on the properties and performance behavior of asphalt mixtures and asphaltic pavements*, Construction and Building Materials.

[3]. AASHTO T283, *Standard Method of Test for Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage*.

[4]. ASTM D8225-19, *Standard Test Method for Determination of Cracking Tolerance Index of Asphalt Mixture Using the Indirect Tensile Cracking Test at Intermediate Temperature*.

Ngày nhận bài: 20/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/8/2023
Người phản biện: TS. Đỗ Thành Chung
TS. Trần Thị Trúc Liễu

Nghiên cứu, đề xuất các giải pháp xử lý chất nạo vét luồng

■ **ThS. NGUYỄN TRUNG THÊM(*); TS. NGÔ DOÃN DŨNG**
ThS. ĐINH TRỌNG KHANG; ThS. HUỲNH THANH BÌNH
Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải
Email: (*)themnt@tst.gov.vn

TÓM TẮT: Luồng đóng một vai trò quan trọng trong hệ thống quản lý nước, thủy lợi và mạng lưới giao thông thủy. Tuy nhiên, việc nạo vét duy tu và nạo vét mới luồng tạo ra một lượng đáng kể chất nạo vét cần được xử lý và quản lý thích hợp. Bài báo nhằm mục đích đánh giá tầm quan trọng của việc xử lý chất nạo vét luồng và đề xuất các giải pháp tiềm năng để tái sử dụng và giảm thiểu tác động môi trường của nó. Thông qua các nỗ lực nghiên cứu tập trung vào đặc tính trầm tích, loại bỏ chất gây ô nhiễm, tái sử dụng có hiệu quả và các phương pháp xử lý sáng tạo, chúng ta có thể phát triển các giải pháp hiệu quả và bền vững để xử lý chất nạo vét luồng.

TỪ KHÓA: Xử lý chất nạo vét, sử dụng có lợi, quản lý chất nạo vét, tôn tạo.

ABSTRACT: Canals play a vital role in water management, irrigation, and transportation systems. However, the maintenance and dredging of canals generate significant amounts of dredged material that require proper treatment and management. This article aims to explore the importance of addressing canals dredging material and propose potential solutions to mitigate its environmental impact. Through research efforts focused on sediment characterization, contaminant removal, beneficial reuse, and innovative treatment methods, we can develop effective and sustainable solutions for treating canals dredging material.

KEYWORDS: Dredge treatment, beneficial reuse, dredge management, reclamation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chất nạo vét luồng bao gồm hỗn hợp trầm tích, chất hữu cơ, mảnh vụn và các chất có khả năng gây ô nhiễm. Thành phần của chất nạo vét có thể thay đổi tùy thuộc vào vị trí, tình hình sử dụng đất xung quanh và loại luồng. Các hạt trầm tích có thể có kích thước từ phù sa và đất sét đến cát và sỏi. Các chất hữu cơ có trong chất nạo vét có thể bao gồm vật liệu thực vật bị phân hủy, tảo và các mảnh vụn hữu cơ khác. Ngoài ra, chất nạo vét có thể chứa các chất ô nhiễm như kim loại nặng, vỏ đựng thuốc trừ sâu, hydrocarbon và dưỡng chất. Chất nạo vét luồng có thể gây ô nhiễm đất và khả năng rò rỉ các chất ô nhiễm vào nguồn nước mặt, nước ngầm và tác động đáng kể đến môi trường, do đó chất nạo vét luồng cần phải được xử lý và quản lý đúng cách.

Ở nước ta, khối lượng nạo vét định kỳ để duy trì độ sâu nước của luồng do sa bồi là tương đối lớn nhưng phần lớn được đổ thải hoặc nhận chìm ở ngoài khơi. Điển hình như dự án luồng và cảng Lạch Huyện với khối lượng nạo vét cần nhận chìm ngoài khơi lên tới 40 triệu m^3 [1], dự án nâng cấp luồng hàng hải vào các bến cảng khu vực Nam Nghi Sơn - Thanh Hóa là khoảng 2,6 triệu m^3, dự án cải tạo, nâng cấp luồng Quy Nhơn cho tàu 50.000 DWT là khoảng 3,7 triệu m^3...

Đã có một số nghiên cứu bước đầu được tiến hành nhằm tìm hiểu các phương pháp xử lý, quản lý hiệu quả và bền vững chất nạo vét, điển hình như nghiên cứu sử dụng xi măng và phụ gia khoáng để hóa cứng chất nạo vét áp dụng tại Cà Mau bằng cách đánh giá các mẫu đất bùn nạo vét trộn với các phụ gia và chất kết dính khác nhau. Kết quả cho thấy cứng hóa đất bùn bằng hỗn hợp (xi măng + tro bay) làm giảm cường độ, lực dính so với mẫu chỉ sử dụng xi măng. Khi sử dụng hỗn hợp (xi măng + xỉ lò cao + tro bay) với hàm lượng xỉ lò cao bằng hoặc nhiều hơn hàm lượng tro bay thì cường độ của đất bùn cứng hóa tăng lên, đặc biệt là hệ số thấm của đất bùn cứng hóa giảm khá nhiều so với đất bùn cứng hóa chỉ sử dụng phụ gia khoáng là tro bay [2]. Hay nghiên cứu thực nghiệm ở hiện trường với bùn nạo vét của luồng Lạch Huyện được trộn với chất kết dính là xi măng và phụ gia hóa cứng cho thấy cường độ chịu nén của bùn nạo vét sau xử lý đạt trung bình 2,08 Mpa, mô-đun đàn hồi trung bình 359,71 Mpa và cường độ chịu ép chẻ đạt 0,46 Mpa sau thời gian 7 ngày, có thể sử dụng làm vật liệu san lấp, nền các công trình giao thông, kho bãi, kinh tế hơn so với vật liệu xây dựng truyền thống [3].

Ngoài ra, một số dự án nghiên cứu thử nghiệm như dự án của Viện Nghiên cứu Cơ khí (2012) đã chế tạo thành công thiết bị nạo vét sử dụng kỹ thuật bơm hút bùn khí nén [4]; nghiên cứu thử nghiệm xử lý chất nạo vét theo phương pháp trộn dòng khí nén đối với mẫu bùn yếu tại Hải Phòng cho thấy ổn định bùn bằng xi măng có thể tạo ra được vật liệu có cường độ từ 1 kg/cm^2 đến 3 kg/cm^2 [5]. Bài báo này tập trung giới thiệu một số phương pháp xử lý chất nạo vét đã được ứng dụng khá phổ biến ở một số nước và có tiềm năng áp dụng trong điều kiện ở Việt Nam.

2. CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ CHẤT NẠO VÉT LUỒNG

2.1. Loại bỏ thành phần gây ô nhiễm trong chất nạo vét

Loại bỏ những thành phần gây ô nhiễm là một bước quan trọng trong quá trình xử lý chất nạo vét. Mục tiêu là xử lý chất nạo vét để làm cho chúng phù hợp với việc xử lý ở ngoài khơi, trên bờ hoặc cho nhiều mục đích sử dụng có

lợi khác. Để loại bỏ thành phần gây ô nhiễm có thể sử dụng phương pháp vật lý, hóa học hay sinh học.

Các phương pháp vật lý như rửa trầm tích, sàng lọc và lắng đọng có thể giúp tách các chất gây ô nhiễm khỏi chất nạo vét.

Các phương pháp hóa học như keo tụ và ổn định trầm tích được sử dụng để liên kết và cố định các chất gây ô nhiễm, làm giảm tính di động và khả năng rửa trôi của chúng.

Các phương pháp sinh học như nuôi trồng thực vật để hấp thụ và làm suy giảm các chất gây ô nhiễm, cung cấp một cách tiếp cận xử lý tự nhiên và bền vững. Những tiến bộ trong công nghệ hiện nay đã phát triển các phương pháp xử lý sáng tạo cho chất nạo vét, bao gồm các kỹ thuật như giải hấp nhiệt, xử lý điện động học và các quy trình xử lý oxy hóa... Những công nghệ tiên tiến này đã mang lại những lợi thế tiềm năng về hiệu suất, hiệu quả và giảm tác động đến môi trường hướng đến sự bền vững lâu dài.

2.2. Các phương pháp xử lý chất nạo vét luồng

Ngày nay, nhiều nước đã coi chất nạo vét không phải là chất thải mà là một loại tài nguyên, không những là vật liệu có thể tái sử dụng mà còn có tác động rất lớn đến công tác bảo vệ môi trường, đảm bảo phát triển bền vững. Các giải pháp xử lý phổ biến để loại chất ô nhiễm có trong chất nạo vét như đã phân tích ở (2.1) nêu trên. Trong một số trường hợp, chất nạo vét có thể cần được xử lý tại bãi chôn lấp hoặc ở ngoài khơi. Tuy nhiên, đây được xem như là phương án cuối cùng khi các phương pháp xử lý khác không khả thi hoặc không mang lại hiệu quả về chi phí [8].

Nhiều nước như Nhật Bản, Mỹ, Hàn Quốc, Trung Quốc, Đức, Hà Lan, Singapore... đã sử dụng chất nạo vét (sau xử lý) làm vật liệu san lấp và giảm tác động môi trường. Một số phương pháp xử lý chất nạo vét như để mất nước tự nhiên hoặc cưỡng bức qua hệ thống áp lực và vải địa kỹ thuật hoặc hút chân không; trộn thêm các vật liệu bổ sung và chất phụ gia vào chất nạo vét... để cải thiện tính chất cơ, lý của chất nạo vét [8].

- Phương pháp rút nước chất nạo vét: Các công nghệ làm mất nước chất nạo vét bao gồm khử nước cơ học bằng các thiết bị như máy ly tâm, máy ép lọc hoặc máy ép đai để tách nước ra khỏi chất nạo vét (dự án nạo vét và xử lý sông Chicago, Mỹ) [9]; kỹ thuật lắng đọng tự nhiên chất nạo vét chứa trong ao hoặc bể lắng (dự án khôi phục thủy văn tự nhiên và hệ sinh thái của Everglades ở Florida, Mỹ); kỹ thuật sử dụng ống hoặc túi vải địa kỹ thuật để khử nước khỏi chất nạo vét dạng hạt mịn hoặc bùn (dự án tại khu nước cảng Rotterdam, Hà Lan); kỹ thuật để khô tự nhiên ngoài trời được sử dụng cho chất nạo vét có hàm lượng nước thấp, nơi có điều kiện thời tiết, không gian, thời gian thuận lợi.

- Phương pháp trộn thêm các vật liệu bổ sung và chất phụ gia vào chất nạo vét: Tại Nhật Bản đã áp dụng giải pháp trộn xi măng với vật liệu nạo vét sau đó được vận chuyển bằng đường ống có chứa khí áp, chất nạo vét sẽ được trộn đều với xi măng thành vật liệu có thể đắp và đã áp dụng trong xây dựng các sân bay Haneda và Tyubu. Tại Mỹ, chất nạo vét đã được trộn với xi măng, vôi, tro bay để giảm độ ẩm và tăng cường tính chất cơ học của vật liệu, sau đó được sử dụng làm vật liệu đắp. Gần đây, một dạng đất "nhẹ" đã được tạo ra từ chất nạo vét trộn với vật liệu tạo cường độ và chất làm nhẹ (bọt khí hoặc hạt nở) và đã được ứng dụng nhiều ở Nhật Bản và một số nước.

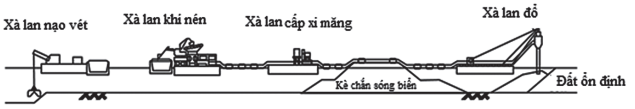
3. ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP XỬ LÝ CHẤT NẠO VÉT LUỒNG

Trên thế giới, khoảng 90% khối lượng chất nạo vét không bị ô nhiễm hoặc chỉ bị ô nhiễm nhẹ để có thể chấp nhận sử dụng cho nhiều mục đích sử dụng [8]. Công ước Luân Đôn (SGADM) công nhận điều này và yêu cầu rằng việc tái sử dụng chất nạo vét có lợi nên được coi là bước đầu tiên trong việc kiểm tra các lựa chọn quản lý chất nạo vét [8].

Theo các tài liệu của PIANC hay OCDI và nhiều tài liệu khác đã đưa ra hướng dẫn thực hành về sử dụng có lợi chất nạo vét, trong đó tập trung giới thiệu và hướng dẫn các phương pháp trộn vật liệu bổ sung và chất phụ gia vào chất nạo vét. Bộ Khoa học và Công nghệ vừa ban hành TCVN 11820-9:2023 về nạo vét và tôn tạo (do Viện Khoa học và Công nghệ GTVT biên soạn) đã đưa ra một số phương pháp xử lý chất nạo vét có tính khả thi và tiềm năng cao để ứng dụng tại Việt Nam. Đây là các phương pháp đã được ứng dụng và đánh giá là có hiệu quả ở nhiều nước, cả về yếu tố kinh tế - kỹ thuật - môi trường. Tuy nhiên, lựa chọn phương pháp nào sẽ phụ thuộc vào thành phần chất nạo vét, yêu cầu xử lý chất nạo vét, đánh giá về kinh tế - kỹ thuật - môi trường và thiết bị công nghệ sẵn có.

3.1. Phương pháp trộn dòng khí nén

Phương pháp này được sử dụng để cải thiện đặc tính của chất nạo vét bằng cách trộn nó với các vật liệu ổn định như xi măng hoặc vôi và chất phụ gia khác vào đường ống trong quá trình vận chuyển chất nạo vét bằng khí nén từ ngoài biển vào bờ [6].



Hình 3.1: Sơ đồ xử lý chất nạo vét bằng trộn dòng khí nén

Phương pháp trộn dòng khí nén có thể xử lý nhiều loại chất nạo vét có thành phần và độ ẩm khác nhau, do đó nó phù hợp để xử lý các loại chất gây ô nhiễm khác nhau, như kim loại nặng, chất ô nhiễm hữu cơ hoặc chất dinh dưỡng. Phương pháp này giảm thiểu nhu cầu trộn hoặc khuấy cơ học, dẫn đến tiết kiệm năng lượng và cải thiện hiệu quả xử lý tổng thể.

Các ứng dụng của phương pháp trộn dòng khí nén [6] như xử lý trầm tích bị ô nhiễm trong các vùng nước, sử dụng cho các dự án tôn tạo hoặc làm vật liệu san lấp, đắp mở rộng kè và vật liệu ngăn cách cho các bãi chôn lấp trên đất liền và trên biển, làm vật liệu đắp nền đường, móng nhà hoặc vật liệu đắp sau tường cho kè và cầu tàu, giảm áp lực đất và chống hóa lỏng và có thể tùy chỉnh cường độ. Phương pháp này tương đối đơn giản, không yêu cầu thiết bị phức tạp hoặc đào tạo chuyên môn để vận hành nên rất có tiềm năng ứng dụng.

3.2. Phương pháp trộn trước

Phương pháp trộn trước là phương pháp xử lý bằng cách trộn thêm các chất kết dính và phụ gia vào đất nạo vét để tạo ra đất ổn định, sau đó sử dụng đất ổn định này làm vật liệu đắp [6]. Nguyên tắc của phương pháp này là sử dụng chất ổn định gốc xi măng để tạo sự kết dính cho đất nạo vét thông

qua phản ứng hóa học giữa đất nạo vét và chất ổn định. Những chất bổ sung này có thể bao gồm chất keo tụ, chất điều chỉnh pH hoặc các chất phụ gia khác nhằm cải thiện khả năng khử nước, hóa rắn hoặc ổn định của chất nạo vét.

Đất nạo vét phù hợp để áp dụng phương pháp này phải có chứa hàm lượng hạt cát từ 80% trở lên [6]. Phương pháp này không yêu cầu thiết bị công nghệ phức tạp nhưng cho phép quy trình xử lý có thể dự đoán và kiểm soát tốt hơn, giảm khả năng biến đổi và đạt được kết quả đáng tin cậy hơn trong xử lý chất nạo vét.

3.3. Phương pháp "đất nhẹ"

"Đất nhẹ" là vật liệu đất có trọng lượng riêng tương đối nhỏ, chỉ từ 8 kN/m^3 đến 13 kN/m^3 được tạo ra bằng cách trộn nước biển hoặc nước ngọt, chất làm nhẹ, chất ổn định với đất nạo vét hoặc đất từ nguồn khác (đất thải xây dựng) [6]. Tính chất của đất xử lý nhẹ gần như tương đương với đất sét cứng ngoại trừ đặc tính nhẹ. Do đó, việc thiết kế đất xử lý nhẹ được thực hiện bằng phương pháp và quy trình tương tự như nền đất sét.

Đất nạo vét có độ dẻo, hàm lượng hữu cơ từ thấp đến trung bình, ít bị xói mòn và không có chất gây ô nhiễm là phù hợp làm nguyên liệu cho phương pháp "đất nhẹ". Ngoài thành phần chất ổn định (thường là xi măng) rất sẵn có, thành phần chất làm nhẹ là bọt khí hoặc hạt nở hiện nay cũng được cung cấp dễ dàng ở thị trường Việt Nam.

Phương pháp "đất nhẹ" có thể được áp dụng trực tiếp tại chỗ hoặc vận chuyển vật liệu đến cơ sở xử lý để trộn với chất ổn định, tùy thuộc vào yêu cầu cụ thể của dự án và đặc điểm của chất nạo vét.

Các ứng dụng của phương pháp "đất nhẹ" [6] bao gồm sử dụng cho các dự án cải tạo đất hay làm vật liệu đắp cho các công trình xây dựng và đặc biệt là giảm tải trọng đắp trên nền đất yếu; sử dụng làm vật liệu đắp sau tường để giảm tiết diện của tường bến trọng lực và tường cọc ván; sử dụng làm vật liệu tôn tạo trên nền đất yếu, nâng chiều cao nền đắp, giảm độ lún cố kết; sử dụng làm vật liệu hoàn thổ dưới nước, chèn lấp hiệu quả ở các bộ phận có khoảng cách nhỏ giữa các kết cấu; sử dụng để che phủ đất bị ô nhiễm hoặc tạo ra các vách ngăn để ngăn chặn sự phát tán của chất gây ô nhiễm.

4. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

Nạo vét luồng là một hoạt động cần thiết để duy trì chuẩn tắc các tuyến luồng hàng hải, đường thủy nội địa để tàu thuyền có thể đi lại được an toàn, hiệu quả. Trong quá trình vét luồng có thể dẫn đến phát sinh các vấn đề về môi trường, chất nạo vét luồng không đảm bảo yêu cầu sử dụng. Để giải quyết thách thức này, các phương pháp sáng tạo để xử lý và quản lý chất nạo vét đã được phát triển, trong đó có những phương pháp đầy tiềm năng ứng dụng cho chất nạo vét luồng ở nước ta là phương pháp trộn dòng khí nén, phương pháp trộn trước và phương pháp "đất nhẹ".

Các phương pháp này đã được ứng dụng có hiệu quả ở nhiều nước, mang lại lợi ích đáng kể như giảm tác động gây ô nhiễm môi trường; cải tạo đặc tính chất nạo vét để sử dụng có lợi; làm giảm nhu cầu về vật liệu xây dựng truyền thống, góp phần bảo vệ tài nguyên và giảm thiểu các tác động môi trường liên quan đến các hoạt động khai thác vật liệu; giảm chi phí vận chuyển và xử lý, cùng với doanh thu tiềm năng từ việc tái sử dụng có lợi, có thể giúp tiết kiệm chi phí đáng kể.

Cùng với việc nghiên cứu cát biển làm vật liệu đắp, việc nghiên cứu xử lý chất nạo vét luồng là cần thiết và khả thi để tạo ra nguồn vật liệu đắp có thể bổ sung, thay thế vật liệu đắp truyền thống. Các phương pháp trộn dòng khí nén và trộn trước có thể ứng dụng ở nhiều vùng, trong khi phương án "đất nhẹ" rất phù hợp để tạo ra nguồn vật liệu đắp trên nền đất yếu, nơi dễ bị xói lở bờ sông như khu vực đồng bằng sông Cửu Long.

Các phương pháp xử lý chất nạo vét giúp quản lý và giải quyết được về cơ bản các vấn đề môi trường và tìm kiếm vị trí đổ thải đang là bài toán khó tại các dự án nạo vét luồng, cũng là cơ hội để các doanh nghiệp trong lĩnh vực nạo vét đầu tư máy móc thiết bị công nghệ sản xuất kinh doanh có hiệu quả.

Việc tiếp tục nghiên cứu và phát triển trong lĩnh vực này để hoàn thiện quy trình kỹ thuật công nghệ, thi công thử nghiệm, đánh giá hiệu quả tại một số sự án cụ thể trong nước sẽ nâng cao hơn nữa khả năng ứng dụng của các phương pháp xử lý sáng tạo này, góp phần vào các hoạt động quản lý chất nạo vét bền vững.

Tài liệu tham khảo

[1]. *https://baochinhphu.vn/danh-gia-tac-dong-moi-truong-xu-ly-cat-bun-nao-vet-cang-hai-phong-102125236.htm.*

[2]. Ngô Anh Quân và Nguyễn Quang Phú (2022), *Nghiên cứu sử dụng xi măng và phụ gia khoáng để hóa cứng chất nạo vét áp dụng tại Cà Mau*, Tạp chí KHCN Thủy lợi, số 72.

[3]. Trần Long Giang (01/2021), *Nghiên cứu các giải pháp gia cố chất nạo vét luồng Lạch Huyện làm vật liệu xây dựng công trình*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Hàng hải, số 65.

[4]. Viện Nghiên cứu Cơ khí, Đề tài cấp Nhà nước "*Nghiên cứu thiết kế, chế tạo bơm hút bùn khí nén (Pneuma pump) dùng cho nạo vét sông, hồ thoát nước đô thị".*

[5]. *https://mcic-vietnam.com.vn/vi/tu-khoa/mcic-vi/.*

[6]. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, 2020.

[7]. Paul R. Krause (2000), *The Beneficial Reuse of Dredged Material for Upland Disposa*l.

[8]. C.M.G. Vivian, L.A. Murray, Pollution, Solids (2009), *Encyclopedia of Ocean Sciences (2nd Edn)*, edited by John H. Steele, Academic Press, pp.519-525.

[9]. *Final Independent External Peer Review Report of the Chicago Area Waterways System Dredged Material Management Plan.*

[10]. TCVN 11820-9:2023, *Công trình cảng biển - Yêu cầu thiết kế - Phần 9: Nạo vét và tôn tạo.*

[11]. *MarCom WG 19: Beneficial Uses of Dredged Material - Pianc.*

[12]. *EnviCom WG 104: Dredged Material as a Resource*, 2009.

Ngày nhận bài: 05/8/2023
Ngày chấp nhận đăng: 20/8/2023
Người phản biện: TS. Vũ Quốc Hưng
ThS. Nguyễn Đức Hậu

Nghiên cứu tốc độ của phương tiện giao thông tại vị trí người đi bộ qua đường trên một số tuyến đường trục chính TP. Hà Nội

■ **TS. ĐẶNG MINH TÂN(*); LÊ HOÀNG TUẤN ANH**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)tandang@utc.edu.vn

TÓM TẮT: ATGT cho người đi bộ là một vấn đề cần được quan tâm thích đáng. Giao thông đi bộ mang lại nhiều lợi ích cho việc phát triển giao thông công cộng, hướng tới các mục tiêu phát triển bền vững. Tuy nhiên ở Việt Nam, đặc biệt là ở đô thị lớn như Hà Nội, vấn đề giao thông đi bộ chưa thật sự được quan tâm thể hiện ở hạ tầng giao thông cho người đi bộ chưa đáp ứng được nhu cầu, tình trạng lấn chiếm vỉa hè và lòng đường diễn ra khá phổ biến, các phương tiện cơ giới không có ý thức nhường đường cho người đi bộ, hơn nữa nhiều tuyến đường có xe chạy với tốc độ cao làm gia tăng nguy cơ TNGT và giảm nhu cầu đi bộ của người dân. Bài báo có mục đích nghiên cứu về tốc độ của các phương tiện giao thông cơ giới khi đi qua vị trí người đi bộ qua đường trên một số tuyến đường trục chính đô thị ở TP. Hà Nội, từ đó kiến nghị một số giải pháp nâng cao ATGT cho người đi bộ.

TỪ KHÓA: An toàn giao thông, giao thông đi bộ, người đi bộ, tốc độ xe chạy.

ABSTRACT: Pedestrian traffic safety is an issue that deserves due attention. Pedestrian transport brings many benefits to the development of public transport, towards the goals of sustainable development. However, in Vietnam, especially in urban areas such as in Hanoi, the problem of pedestrian transport has not been paid much attention, reflected in the inadequately developed pedestrian walking infrastructure. Motor vehicles do not consciously yield to pedestrians, moreover, at many streets, vehicles running with high-speed, increasing the risk of traffic accidents for pedestrians, thereby reducing the need for pedestrians to walk. The paper aims to conduct analysis the speed of motor vehicles when passing through the position of pedestrians crossing some major arterial streets in Hanoi, thereby proposing some solutions and measures to improve traffic safety for pedestrians.

KEYWORDS: Artificial intelligence, deep learning, vehicle detection and classification, traffic data collection.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

ATGT cho người đi bộ là một vấn đề cần được quan tâm do người đi bộ là đối tượng tham gia giao thông rất dễ bị tổn thương và không được bảo vệ khi xảy ra tai nạn. Va chạm nhỏ giữa xe cơ giới với người đi bộ có thể gây ra tử vong hoặc chấn thương nghiêm trọng cho người đi bộ. So với các đô thị ở các nước phát triển trên thế giới thì số lượng người đi bộ ở các đô thị lớn ở Việt Nam như TP. Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh còn rất ít, điều này một phần do hệ thống giao thông công cộng cũng như hạ tầng dành cho người đi bộ chưa đáp ứng được nhu cầu. Chất lượng hạ tầng cho người đi bộ như vỉa hè, sơn vạch kẻ đường, cầu, hầm dành riêng cho người đi bộ, cây xanh, chiếu sáng, chỗ nghỉ chân... còn thiếu, chưa đồng bộ hoặc chất lượng thấp dẫn đến tâm lý ngại đi bộ. Tình trạng lấn chiếm vỉa hè, lấn chiếm không gian đi bộ rất phổ biến ở các đô thị. Hơn nữa, ý thức nhường đường cho người đi bộ của người sử dụng các phương tiện cơ giới còn chưa cao, do vậy nguy cơ TNGT cho người đi bộ là rất lớn. Việc phát triển giao thông đi bộ, khuyến khích người dân đi bộ là rất quan trọng, góp phần thúc đẩy giao thông công cộng, giảm ùn tắc giao thông, giảm ô nhiễm môi trường, hướng tới việc phát triển các đô thị xanh, bền vững.

Đã có nhiều nghiên cứu trước đây trên thế giới về ATGT cho người đi bộ. Nhiều nghiên cứu tập trung vào mối liên hệ giữa tốc độ của phương tiện giao thông cơ giới và tai nạn giao thông cho người đi bộ [1, 2, 3, 4]. Trong đó, Rosén và Sander [1] đã chỉ ra rằng va chạm giữa ô tô với người đi bộ ở tốc độ 50 km/h có nguy cơ tử vong cao gấp 2 lần so với tốc độ 40 km/h và cao gấp 5 lần ở tốc độ 30 km/h. Anderson và các đồng nghiệp [3] cũng chỉ ra rằng, với việc giảm tốc độ xe có thể góp phần giảm đáng kể tác động của va chạm đối với người đi bộ. McLean và các đồng nghiệp [4] đã phát hiện ra khi tốc độ xe giảm 5 km/h có thể giúp giảm 30% nguy cơ tử vong cho người đi bộ. Một số nghiên cứu khác ở Mỹ, các nước châu Âu hay ở Nhật Bản tập trung vào việc đánh giá hiệu quả của một số giải pháp ATGT cho người đi bộ như là thiết bị cảnh báo nhường đường cho người đi bộ [5], đèn nháy cảnh báo tại vị trí người đi bộ qua đường [6] hoặc các giải pháp giảm tốc độ khác như gờ giảm tốc... [7]. Bên cạnh đó, các nghiên cứu khác tập trung nghiên cứu tương tác của người lái phương tiện giao thông cơ giới và người đi

bộ [8, 9]. Ở trong nước, các nghiên cứu có giá trị khoa học về người đi bộ còn chưa có nhiều [10, 11]. Các nghiên cứu này còn chưa phản ánh được nhiều vấn đề xung đột giao thông giữa các phương tiện giao thông cơ giới và người đi bộ ở Việt Nam.

Trên cơ sở những vấn đề trên, bài báo có mục tiêu nghiên cứu, đánh giá về tốc độ của các phương tiện cơ giới khi chạy qua một số vị trí người đi bộ qua đường. Bước đầu bài báo tập trung nghiên cứu một số tuyến đường trục chính đô thị ở Hà Nội. Đây là những tuyến đường có bề rộng lớn, lưu lượng xe chạy lớn, tốc độ xe chạy cao làm gia tăng nguy cơ mất ATGT cho người đi bộ. Việc nghiên cứu tốc độ phương tiện có ý nghĩa quan trọng để đưa ra các chính sách, giải pháp phù hợp để nâng cao ATGT cho người đi bộ.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ CÔNG TÁC THU THẬP DỮ LIỆU

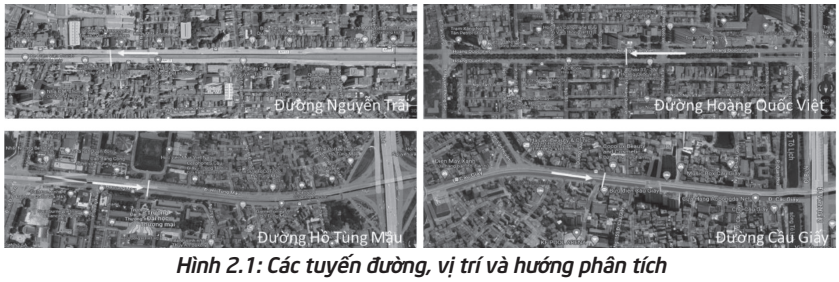
Nghiên cứu bước đầu lựa chọn 4 tuyến đường trục chính đô thị ở TP. Hà Nội, bao gồm đường Nguyễn Trãi, đường Hoàng Quốc Việt, đường Hồ Tùng Mậu, đường Cầu Giấy *(Hình 2.1)* để khảo sát phân tích. Các tuyến đường được chọn có bề rộng đường lớn, có lưu lượng xe lớn, tốc độ cao, có nhiều người đi bộ qua đường. Mỗi tuyến đường chọn một đoạn đường có vị trí người đi bộ qua đường để nghiên cứu. Đoạn đường được chọn là các đoạn đường thẳng, dòng giao thông ổn định, không có nút giao thông hay đường cong ở gần tác động đến tốc độ xe chạy. Đoạn đường được khảo sát nằm giữa 2 vị trí mặt cắt. Vị trí thứ nhất gọi là mặt cắt 1 (ký hiệu MC1) cách vị trí có người đi bộ qua đường 50 m, vị trí còn lại gọi là mặt cắt 2 (ký hiệu MC2) tại vị trí có người đi bộ qua đường *(Hình 2.2)*. Khoảng cách 50 m đảm bảo các xe chạy trong đô thị có thể dừng hoàn toàn trong trường hợp khẩn cấp. Trong mỗi đoạn này chỉ chọn một hướng xe chạy từ MC1 đến MC2 để phân tích *(Bảng 2.1)*. Nghiên cứu phân tích dòng giao thông ở khung giờ thấp điểm là thời điểm các phương tiện giao thông có tốc độ cao, do đó chọn khung giờ 9 - 10h, hoặc 2 - 3h chiều ở mỗi đoạn đường là khoảng thời gian phân tích dữ liệu. Nghiên cứu chọn các phương tiện xe chạy tự do để phân tích. Đây là các phương tiện chạy đơn lẻ, cách phương tiện đằng trước tối thiểu 3s hoặc chạy song song với nhau với giả thiết các xe chạy song song không ảnh hưởng đến tốc độ của nhau.

Bảng 2.1. Bảng tổng hợp thông số các đoạn đường được khảo sát

STT	Tên tuyến đường	Bề rộng phần xe chạy (một chiều) (m)	Vị trí người đi bộ qua đường	Hướng đi phân tích
1	Nguyễn Trãi	21,0	302 Nguyễn Trãi	Chiều đi từ Ngã Tư Sở đến Hà Đông
2	Hoàng Quốc Việt	11,5	112-114 Hoàng Quốc Việt	Chiều đi từ Bưởi đến Phạm Văn Đồng
3	Hồ Tùng Mậu	15,0	79 Hồ Tùng Mậu	Chiều đi từ Cầu Diễn đến Cầu Giấy
4	Cầu Giấy	10,3	165 Cầu Giấy	Chiều đi từ Xuân Thủy đến Cầu Giấy

Dữ liệu được khảo sát bao gồm kích thước hình học đoạn đường và dữ liệu giao thông. Giả thiết đoạn đường được khảo sát bằng phẳng, độ dốc dọc và dốc ngang không đáng kể, bề rộng đường trong khu vực khảo sát không thay đổi. Để thu được dữ liệu về giao thông, nhóm nghiên cứu sử dụng công nghệ phân tích hình ảnh với các camera được đặt trên các cột có chiều cao 5 m gần đoạn đường được khảo sát để ghi lại các hình ảnh xe chạy qua điểm khảo sát *(Hình 2.2)*.

Các video được thu thập ngoài hiện trường sẽ được đưa vào công cụ phân tích giao thông sử dụng trí tuệ nhân tạo TRAMON đã được tác giả Đặng Minh Tân phát triển [12]. Các dữ liệu về giao thông được thu thập và phân tích bao gồm lưu lượng, thành phần và tốc độ xe chạy. Phương pháp xác định tốc độ dựa trên thời gian phương tiện đi qua quãng đường 10 m giữa hai vạch cảm biến *(Hình 2.2)*.



Hình 2.1: Các tuyến đường, vị trí và hướng phân tích

a) - Mặt cắt *b) - Mặt cắt 2*

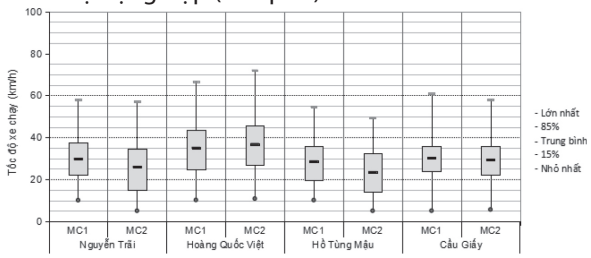
Hình 2.2: Minh họa đoạn đường được phân tích (đường Hoàng Quốc Việt) trên phần mềm TRAMON

Bảng 2.2. Tổng hợp số liệu lưu lượng xe và người đi bộ

Tuyến đường	Vị trí khảo sát	Lưu lượng xe các loại (xe/h)	Lưu lượng người đi bộ (người/h)
Nguyễn Trãi	302 Nguyễn Trãi	9705	39
Hoàng Quốc Việt	112-114 Hoàng Quốc Việt	4502	23
Hồ Tùng Mậu	79 Hồ Tùng Mậu	7703	238
Cầu Giấy	165 Cầu Giấy	7889	56

3. BÁO CÁO VÀ BÌNH LUẬN KẾT QUẢ

Việc lấy dữ liệu được tiến hành trong 1 giờ đồng hồ với lưu lượng xe và lưu lượng người đi bộ được thể hiện trong *Bảng 2.2*. Về thành phần xe chạy qua điều tra ở các tuyến này chủ yếu là các phương tiện xe máy chiếm khoảng 80%, xe con chiếm từ 15%. Các phương tiện xe buýt, xe tải (chủ yếu là các xe tải nhỏ) và các xe khác chiếm tỷ lệ nhỏ khoảng từ 5%. Trong đó, ở đoạn đường Hồ Tùng Mậu nằm ngoài Vành đai 3 nên trong thành phần xe tải có các xe tải lớn, xe container. Kết quả thu thập dữ liệu thống kê về tốc độ xe chạy được thể hiện ở trong *Bảng 2.2, 3.1, 3.2* và *Hình 3.1 và 3.2*. Trong đó, *Hình 3.1 và 3.2* thể hiện các biểu đồ phân phối tốc độ dạng hộp (box plot).



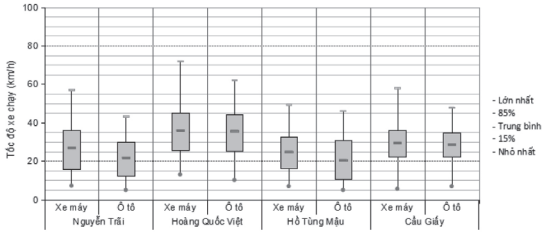
Hình 3.1: Biểu đồ so sánh tốc độ xe chạy tại các đoạn đường phân nhóm theo vị trí (mặt cắt 1 và 2)

Bảng 3.1. Bảng thống kê kết quả khảo sát tốc độ xe chạy phân nhóm theo vị trí

Thông số thống kê tốc độ	Đơn vị	Nguyễn Trãi		Hoàng Quốc Việt		Hồ Tùng Mậu		Cầu Giấy	
		MC1	MC2	MC1	MC2	MC1	MC2	MC1	MC2
Lớn nhất	*km/h*	*58,06*	*57,14*	*66,67*	*72,00*	*54,55*	*49,32*	*61,02*	*58,06*
85%	*km/h*	*37,50*	*34,62*	*43,37*	*45,00*	*36,00*	*32,43*	*36,05*	*35,94*
Trung bình	*km/h*	*29,78*	*25,99*	*35,95*	*35,85*	*28,60*	*23,46*	*30,21*	*29,39*
15%	*km/h*	*22,22*	*15,19*	*28,80*	*25,35*	*19,67*	*14,06*	*24,00*	*22,22*
Nhỏ nhất	*km/h*	*10,06*	*5,02*	*14,63*	*11,08*	*10,11*	*5,03*	*5,06*	*5,61*
Độ lệch chuẩn	*km/h*	*7,38*	*8,92*	*7,30*	*9,27*	*8,08*	*8,56*	*6,73*	*7,25*
Số lượng mẫu	*xe*	*2696*	*3445*	*1180*	*1406*	*2143*	*887*	*2240*	*2141*

Kết quả của nghiên cứu cho thấy, trên các đoạn đường được khảo sát, các phương tiện có xu hướng giảm tốc từ mặt cắt 1 đến mặt cắt 2 nhưng không đáng kể hoặc không giảm tốc khi đi qua vị trí có người đi bộ qua đường, thậm chí ở Hoàng Quốc Việt tốc độ ở mặt cắt 1 còn thấp hơn ở mặt cắt 2 (có vạch sơn cho người đi bộ sang đường). Do ở mặt cắt 1 có điểm dừng xe buýt khi xe buýt vào bến có thể ảnh hưởng đến tốc độ xe chạy, các phương tiện chạy trên tuyến đường Hoàng Quốc Việt có xu hướng sử dụng tốc độ cao nhất.

Tuyến đường Hồ Tùng Mậu là tuyến đường có tốc độ thấp nhất do tuyến đường này có lưu lượng xe với nhiều xe tải lớn, xe container và có nhiều người đi bộ qua đường khiến các phương tiện giảm tốc độ để tránh va chạm. Các tuyến đường đều có biên độ dao động về dải tốc độ lớn. Tốc độ V_{85} ở các tuyến đường cũng khá dao động, từ 30 - 45 km/h. Có rất nhiều phương tiện đặc biệt là xe máy chạy với tốc độ cao hơn tốc độ cho phép với tuyến đường đô thị có dải phân cách giữa là 60 km/h, trong đó có phương tiện chạy với tốc độ lớn hơn 70 km/h (đường Hoàng Quốc Việt). Ở đường Cầu Giấy, vị trí người đi bộ qua đường được khảo sát là hoàn toàn tự phát, không có vạch sang đường cho người đi bộ, do đó các phương tiện không có xu hướng giảm tốc đáng kể để nhường đường cho người đi bộ. Theo quan sát hình ảnh và thực tế cho thấy chủ yếu khi nào người đi bộ đi thành từng nhóm đông thì phương tiện có xu hướng giảm tốc rõ hơn. Người đi bộ đơn lẻ qua đường vẫn gặp nhiều khó khăn.



Hình 3.2: Biểu đồ so sánh tốc độ xe chạy tại các đoạn đường (MC1) phân theo loại xe

Bảng 3.2. Bảng thống kê kết quả khảo sát tốc độ xe chạy phân nhóm theo loại xe (tại MC2)

Thông số thống kê tốc độ	Đơn vị	Nguyễn Trãi		Hoàng Quốc Việt		Hồ Tùng Mậu		Cầu Giấy	
		Xe máy	Ô tô	Xe máy	Ô tô	Xe máy	Ô tô	Xe máy	Ô tô
Lớn nhất	km/h	57,14	43,37	72,00	62,07	49,32	46,15	58,06	48,00
85%	km/h	36,00	30,00	45,00	44,41	32,43	30,77	36,00	34,62
Trung bình	km/h	26,87	21,80	35,94	35,78	24,97	20,62	29,65	28,57
15%	km/h	16,00	12,33	25,53	25,35	16,22	10,49	22,22	22,09
Nhỏ nhất	km/h	7,23	5,02	13,08	11,08	6,96	5,03	5,61	6,92
Độ lệch chuẩn	km/h	8,87	7,91	9,24	9,14	7,80	9,19	7,30	6,88
Số lượng mẫu	xe	2805	622	1156	244	583	302	1776	357

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã tiến hành khảo sát, phân tích, đánh giá tốc độ của các phương tiện giao thông cơ giới tại vị trí người đi bộ qua đường trên 4 tuyến đường trục chính đô thị ở Hà Nội, đó là các tuyến đường Nguyễn Trãi, Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hồ Tùng Mậu. Kết quả cho thấy, đa số các phương tiện không giảm tốc hoặc giảm tốc không đáng kể khi đi qua vị trí có người đi bộ qua đường ở hầu hết các vị trí được nghiên cứu. Các phương tiện chạy với tốc độ hơn 50 km/h chiếm tỷ lệ cao. Đặc biệt, nhiều phương tiện chạy với tốc độ hơn 60 km/h, thậm chí có phương tiện chạy với tốc độ hơn 70 km/h. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy xe máy có xu hướng chạy với tốc độ cao hơn ô tô. Các phương tiện chủ yếu nhường đường trong các tình huống người đi bộ đi theo nhóm đông hoặc trong các tình huống có nguy cơ va chạm. Để đảm bảo an toàn cho mình, người đi bộ phải quan sát để tránh các phương tiện cơ giới khi qua đường. Nhìn chung, ở những tuyến đường được khảo sát đều có nguy cơ tai nạn cao đối với người đi bộ. Do đó, cần có giải pháp để nâng cao hiệu quả nhận biết khi người đi bộ qua đường giúp các phương tiện giảm tốc độ, đặc biệt là với những tuyến đường có lưu lượng xe chạy lớn và với tốc độ cao nên bố trí tăng cường số lượng cầu vượt, hầm chui cho người đi bộ.

Hạn chế của nghiên cứu này mới chỉ thực hiện nghiên cứu, khảo sát ở một số tuyến đường trục chính đô thị ở Hà Nội. Nghiên cứu chưa tập trung phân tích được từng xung đột cụ thể giữa người đi bộ và xe cơ giới để hiểu rõ hơn cơ chế dẫn đến các nguy cơ có thể gây tai nạn giao thông đối với người đi bộ. Tuy nhiên, các hạn chế này cũng là hướng nghiên cứu tiếp theo của bài báo.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2023-CT-36.

Tài liệu tham khảo

[1]. Erik Rosén and Ulrich Sander (2009), *Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed*, Accident Analysis &Prevention, 41(3):536-542.

[2]. Rahul Goel (2021), *A new model to estimate pedestrian deaths from speed-related intervention,* Traffic injury prevention, 22(4):330-335.

[3]. Robert William Gerard Anderson, A Jack McLean, MJB Farmer, Bun-Hee Lee and Christopher G Brooks (1997), *Vehicle travel speeds and the incidence of fatal pedestrian crashes*, Accident Analysis & Prevention, 29(5):667-674.

[4]. AJ McLean, RWG Anderson, MJB Farmer, BH Lee and CG Brooks (1994), *Vehicle travel speeds and the incidence of fatal pedestrian collisions (volume 1,* Number CR146.

[5]. Strong, C., & Kumar, M. (2006), *Safety evaluation of yield-to-pedestrian channelizing devices (No. FHWA-PA-2006-010-050114)*, Pennsylvania, Department of Transportation, Bureau of Planning and Research.

[6]. Kutela, B., & Teng, H. (2019), *Prediction of drivers and pedestrians' behaviors at signalized mid-block Danish offset crosswalks using Bayesian networks*, Journal of Safety Research, 69, 75-83.

[7]. Kamyab, A., Andrle, S., & Kroeger, D. (2002), *Methods to reduce traffic speed in high pedestrian areas (No. MN/RC-2002-18)*.

[8]. Al-Kaisy, A., Miyake, G. T., Staszcuk, J., & Scharf, D. (2018), *Motorists' voluntary yielding of right of way at uncontrolled midblock crosswalks with rectangular rapid flashing beacons*, Journal of Transportation Safety & Security, 10(4), 303-317.

[9]. Hasegawa, Y., Dias, C., Iryo-Asano, M., & Nishiuchi, H. (2018), *Modeling pedestrians' subjective danger perception toward personal mobility vehicles*, Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 56, 256-267.

[10]. Dinh, D. D., Vũ, N. H., McIlroy, R. C., Plant, K. A., & Stanton, N. A. (2020), *Effect of attitudes towards traffic safety and risk perceptions on pedestrian behaviours in Vietnam*, IATSS research, 44(3), 238-247.

[11]. Đặng Minh Tân và Trần Danh Đại (2017), *Nghiên cứu một số giải pháp hạ tầng nhằm nâng cao chất lượng phục vụ người đi bộ ở TP. Hà Nội*, Tạp chí Cầu đường, số 7.

[12]. Đặng Minh Tân (2021), *Nghiên cứu phát triển công cụ thu thập dữ liệu giao thông đô thị ở Việt Nam trên nền tảng trí tuệ nhân tạo*, Tạp chí GTVT, số tháng 12.

Ngày nhận bài: 11/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 02/8/2023
Người phản biện: TS. Trần Khắc Dương
TS. Trần Danh Hợi

Xây dựng chương trình xử lý số liệu bình sai kết hợp GNSS và trị đo mặt đất trên mặt phẳng chiếu

■ **ThS. TRẦN VĂN HUÂN(*); ThS. NGUYỄN XUÂN HÒA**
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh
Email: (*)tvhuan@hcmunre.edu.vn

TÓM TẮT: Trong việc thành lập lưới khống chế trắc địa, hiện nay tồn tại hai công nghệ song song, đó là công nghệ GNSS và toàn đạc điện tử. Mỗi một công nghệ lại có ưu thế riêng và được ứng dụng trong từng trường hợp riêng biệt, cũng có khi cần được áp dụng cả hai công nghệ trên để công nghệ này bổ trợ cho công nghệ kia và ngược lại. Lúc này, vấn đề đặt ra là phải xử lý lưới gồm các trị đo hỗn hợp. Do đó, việc xây dựng chương trình bình sai hỗn hợp trị đo mặt đất và trị đo GNSS trên mặt quy chiếu là cần thiết.

TỪ KHÓA: GNSS, trị đo mặt đất, bình sai hỗn hợp.

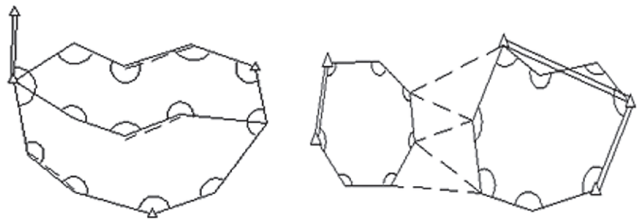
ABSTRACT: In the geodetic control network development, there are currently two parallel technologies: GNSS technology and total station. Each technology has its own advantages and is applied in each individual case, sometimes it is necessary to apply both of the technologies in order for one technology to complement the other and vice versa. Therefore, the problem is to processing geodetic control network of mixed measurements. Therefore, it is necessary to build a program adjustment calculus mixed of ground measurement and GNSS measurement on the reference surface.

KEYWORDS: GNSS, ground measurement value, adjustment calculus mixed.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

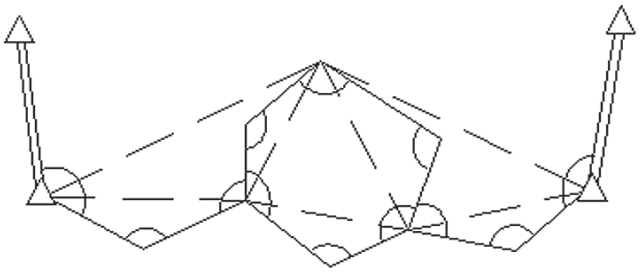
Hiện nay, công nghệ định vị GNSS được ứng dụng rất nhiều trong công tác trắc địa, đặc biệt là trong việc xây dựng lưới khống chế, không chỉ góp phần làm thay đổi quan trọng trong công nghệ đo đạc mà còn dẫn đến sự thay đổi trong phương pháp xử lý kết quả đo. Việc ứng dụng công nghệ GNSS vào sản xuất không những cho phép nâng cao độ chính xác mà còn giảm giá thành và rút ngắn thời gian xây dựng lưới trắc địa so với các phương pháp truyền thống.

Tuy nhiên, khi sử dụng công nghệ GNSS để thành lập lưới khống chế trắc địa, trong một số trường hợp do điều kiện thu tín hiệu GNSS bị hạn chế nên một số điểm không thể kết nối đầy đủ bằng trị đo GNSS mà phải kết nối bằng các trị đo bằng máy toàn đạc điện tử như trị đo góc hoặc trị đo cạnh. Cũng có những trường hợp cần kết nối giữa hai mạng lưới mặt đất mà không thể đo đạc được góc cạnh thì việc sử dụng công nghệ GNSS là khả thi nhất. Một số trường hợp, chúng ta cũng có thể kết hợp các trị đo GNSS với các trị đo bằng máy toàn đạc điện tử trên các cạnh thông hướng. Do đó, việc kết hợp cả hai loại trị đo (GNSS và trị đo mặt đất) để thành lập lưới sẽ cho phép nâng cao độ chính xác, rút ngắn thời gian xây dựng lưới, phát huy được những ưu điểm và khắc phục được mặt hạn chế của mỗi công nghệ đo.



a) *b)*

Hình 1.1: a) - Lưới mặt bằng đo thêm GNSS; b) - Trị đo GNSS liên kết 2 mạng lưới



Hình 1.2: Lưới đa giác kết hợp trị đo GNSS

Ghi chú:

——— Hướng các trị đo mặt đất

– – – – Hướng các trị đo GNSS

Như vậy, vấn đề bình sai kết hợp các trị đo GNSS với trị đo toàn đạc điện tử được thực tiễn đặt ra và cần giải quyết theo hướng bình sai chặt chẽ, bình sai lưới khống chế trắc địa là công việc khá phức tạp và có khối lượng tính toán lớn, do đó để xử lý cần phải xây dựng các chương trình bình sai.

2. BÌNH SAI HỖN HỢP TRỊ ĐO GNSS VÀ TRỊ ĐO MẶT ĐẤT TRÊN HỆ TỌA ĐỘ PHẲNG

Để bình sai hỗn hợp trong hệ tọa độ phẳng chúng ta có thể thực hiện theo 2 phương pháp. "Bình sai hỗn hợp lấy các tham số tính chuyển làm ẩn số" và "Bình sai hỗn hợp sau khi tính chuyển các Baseline về hệ tọa độ phẳng". Mỗi phương pháp lại có ưu, nhược điểm khác nhau, tuy nhiên để thuận tiện cho lập trình, chúng tôi chọn phương án "Bình sai hỗn hợp khi tính chuyển baseline về hệ tọa độ phẳng".

Trước hết cần phải tính chuyển các Baseline thành gia số tọa độ Δx, Δy hoặc góc phương vị α và chiều dài S. Lúc này, ngoài phương trình số hiệu chỉnh các trị đo mặt đất, chúng ta còn có các phương trình số hiệu chỉnh của trị đo vệ tinh.

Mô hình tổng quát của bài toán xử lý số liệu mạng lưới trắc địa hỗn hợp với các trị đo GNSS và trị đo mặt đất được thể hiện qua hệ phương trình số hiệu chỉnh sau:

$$\begin{cases} A.\delta X + L_1 = V_1 \text{ (a) với ma trận trọng số } P_1 \\ G.\delta X + L_2 = V_2 \text{ (b) với ma trận trọng số } P_2 \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: Phương trình (a) ứng với trị đo cạnh GNSS (baseline), còn phương trình (b) ứng với trị đo mặt đất (góc, cạnh và phương vị) được quy chiếu trong hệ tọa độ phẳng.

Phương trình số hiệu chỉnh trị đo GNSS của các baseline giữa hai điểm i, k sau khi chuyển thành gia số tọa độ Δx, Δy trên mặt phẳng chiếu như sau:

$$\begin{cases} V_{\Delta x_{ik}} = -1\delta_{x_i} + 1\delta_{x_k} + l_{\Delta x_{ik}} \\ V_{\Delta y_{ik}} = -1\delta_{y_i} + 1\delta_{y_k} + l_{\Delta y_{ik}} \end{cases} \quad (2)$$

Ở đây: $V_{\Delta x_{ik}}, V_{\Delta y_{ik}}$ - Số hiệu chỉnh vào trị đo;

$\delta_{x_i}, \delta_{y_i}, \delta_{x_k}, \delta_{y_k}$ - Các số hiệu chỉnh của các các tọa độ;

$l_{\Delta x_{ik}}, l_{\Delta y_{ik}}$ - Số hạng tự do.

Còn các các trị đo mặt đất ta tiến hành lập phương trình số hiệu chỉnh trị đo góc, trị đo cạnh và phương vị theo công thức sau:

$$\begin{aligned} V_\beta &= (a_{ki} - a_{kj})\delta_{X_k} + (b_{ki} - b_{kj})\delta_{Y_k} - a_{ki}\delta_{X_i} - \\ & b_{ki}\delta_{Y_i} + a_{kj}\delta_{X_j} + b_{kj}\delta_{Y_j} + l_\beta \\ V_{S_{ik}} &= -c_{ik}\delta_{X_i} - d_{ik}\delta_{Y_i} + c_{ik}\delta_{X_k} + d_{ik}\delta_{Y_k} + l_S \\ V_{\alpha_{ik}} &= -a_{ik}\delta_{X_i} - b_{ik}\delta_{Y_i} + a_{ik}\delta_{X_k} + b_{ik}\delta_{Y_k} + l_\alpha \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó: V_β, V_S, V_α - Số hiệu chỉnh vào trị đo tương ứng; a, b, c, d - Hệ số của phương trình số cải chính; l_β, l_S, l_α - Số hạng tự do.

Vì vector tọa độ GNSS và vector trị đo mặt đất độc lập nhau nên bình sai được thực hiện dưới điều kiện:

$$V_1^T P_1 V_1 + V_2^T P_2 V_2 = \text{Min} \quad (4)$$

Từ đây ta sẽ thành lập được hệ phương trình chuẩn và bình sai lưới hỗn hợp như phương pháp bình sai gián tiếp thông thường.

Để tính toán bình sai, phương trình các số hiệu chỉnh lưới mặt bằng (với các trọng số P_β, P_S, P_α), chúng ta có thêm các trị đo là các số gia tọa độ Δx, Δy với ma trận trọng số $P_{\Delta r}$ được tính từ ma trận hiệp phương sai của các trị đo GNSS (ΔX, ΔY, ΔZ) theo công thức:

$$P_1 = P_{\Delta r} = Q_{\Delta r}^{-1} \quad (5)$$

Ma trận tương quan $Q_{\Delta r}$ được tính chuyển từ ma trận hiệp phương sai các trị đo ΔX, ΔY, ΔZ theo công thức:

$$Q_{\Delta r} = C_{13}.Q_{\Delta X,\Delta Y,\Delta Z}.C_{13}^T \quad (6)$$

Trong đó:

$$Q_{\Delta X,\Delta Y,\Delta Z} = \begin{bmatrix} M_1 & & & \\ & M_2 & & \\ & & .... & \\ & & & M_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Với M_i là ma trận phương sai nhận được trong quá trình giải cạnh là ma trận có kích thước 33.

$$M = \begin{bmatrix} \sigma_{\Delta X}^2 & \sigma_{\Delta X\Delta Y} & \sigma_{\Delta X\Delta Z} \\ \sigma_{\Delta X\Delta Y} & \sigma_{\Delta Y}^2 & \sigma_{\Delta Y\Delta Z} \\ \sigma_{\Delta X\Delta Z} & \sigma_{\Delta Y\Delta Z} & \sigma_{\Delta Z}^2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

C_{13} là ma trận chuyển đổi vi phân tọa độ:

$$C_{13} = \begin{bmatrix} D_1 & & & \\ & D_2 & & \\ & & .... & \\ & & & D_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} K_1^T & & & \\ & K_2^T & & \\ & & .... & \\ & & & K_n^T \end{bmatrix}$$

$$D_i = \begin{bmatrix} \dfrac{M}{M+H} & & \\ & \dfrac{N}{N+H} & \\ & & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$K^T = \begin{bmatrix} -\sin B\cos L & -\sin B\sin L & \cos B \\ -\sin L & \cos L & 0 \\ \cos B\cos L & \cos B\sin L & \sin B \end{bmatrix} = R^T$$

3. XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH BÌNH SAI HỖN HỢP

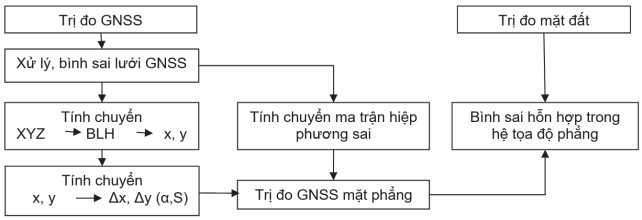
Để bình sai hỗn hợp trong hệ tọa độ vuông góc phẳng khi các trị đo GNSS đã được chuyển về cùng hệ tọa độ phẳng với trị đo mặt đất, phương pháp này có thể được thực hiện theo trình tự sau:

- Bước 1: Từ kết quả đo GNSS ta tiến hành xử lý cạnh thu được gia số tọa độ và ma trận hiệp phương sai của các baseline, sau đó tiến hành bình sai mạng lưới GNSS trong hệ tọa độ không gian địa tâm. Kết quả của quá trình này thu được các giá trị tọa độ vuông góc không gian địa tâm X, Y, Z.

- Bước 2: Tính chuyển tọa độ không gian địa tâm X, Y, Z sang tọa độ trắc địa B, L, H, sau đó tiến hành chuyển đổi sang hệ tọa độ phẳng x, y, đồng thời tính chuyển ma trận hiệp phương sai từ hệ tọa độ không gian địa tâm sang hệ tọa độ phẳng.

- Bước 3: Chuyển tọa độ x, y thành các gia số tọa độ Δx, Δy hoặc phương vị α và chiều dài S, như quan hệ đo GNSS ban đầu.

- Bước 4: Bình sai hỗn hợp mạng lưới mặt đất vệ tinh. Trong trường hợp này, chúng ta tiến hành bình sai tương tự như bình sai lưới mặt bằng, chỉ khác là trong hệ phương trình số hiệu chỉnh chúng ta sẽ có thêm các phương trình số hiệu chỉnh của các trị đo GNSS trong hệ tọa độ vuông góc phẳng.

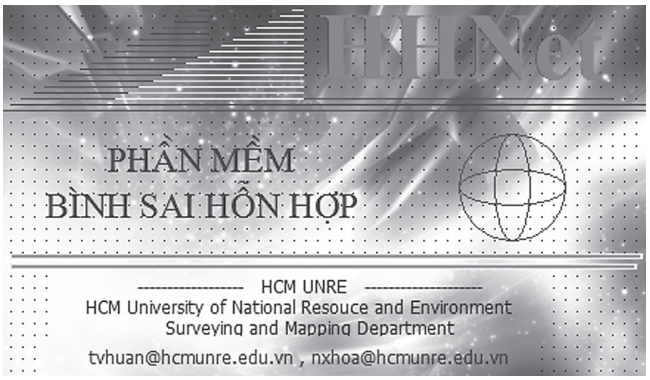


Hình 3.1: Sơ đồ bình sai hỗn hợp chuyển Baseline thành gia số tọa độ

Dựa trên sự phân tích lý thuyết trên, chúng tôi đã nghiên cứu và xây dựng một phần mềm với tên gọi là HHNet. Phần mềm được xây dựng trên ngôn ngữ Visual Basic 6.0 với một số tính năng sau:

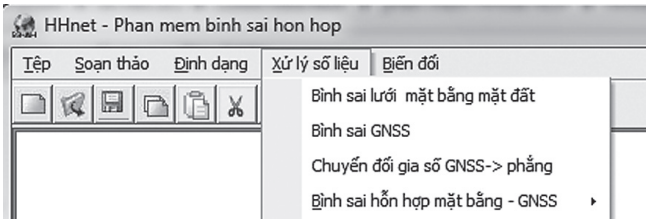
- Bình sai lưới mặt bằng;
- Bình sai lưới GNSS;
- Chuyển đổi gia số tọa độ và ma trận hiệp phương sai về gia số tọa độ phẳng;
- Bình sai hỗn hợp lưới mặt đất và lưới GNSS;
- Chuyển đổi các hệ tọa độ, chuyển đổi trị đo.

Giao diện chương trình khi khởi động:



Hình 3.2: Chương trình khi khởi động

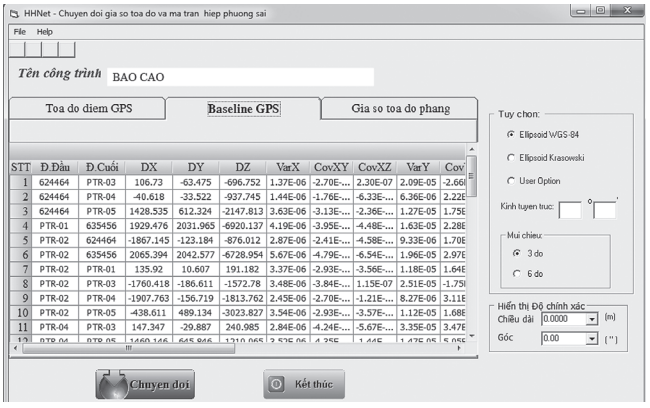
Giao diện chính của chương trình:



Hình 3.3: Giao diện chương trình

- Menu chuyển đổi gia số tọa độ và ma trận hiệp phương sai:

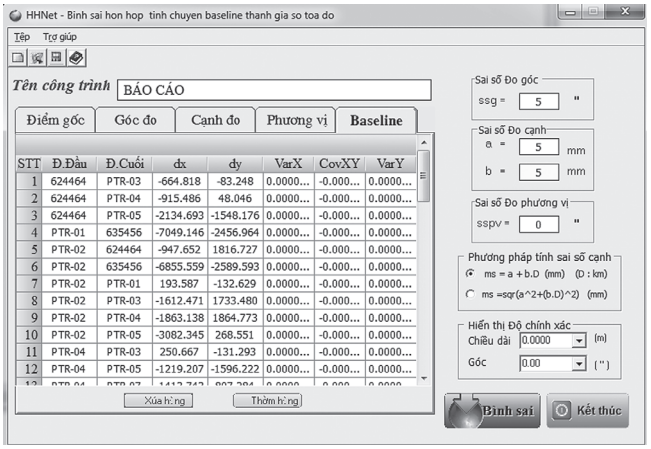
Chức năng "chuyển đổi" có nhiệm vụ chuyển đổi gia số tọa độ của trị đo GNSS trong hệ tọa độ không gian địa tâm (ΔX, ΔY, ΔZ) về hệ toạ độ phẳng (Δx, Δy) và chuyển đổi ma trận hiệp phương sai.



Hình 3.4: Menu chuyển đổi

- Menu bình sai hỗn hợp:

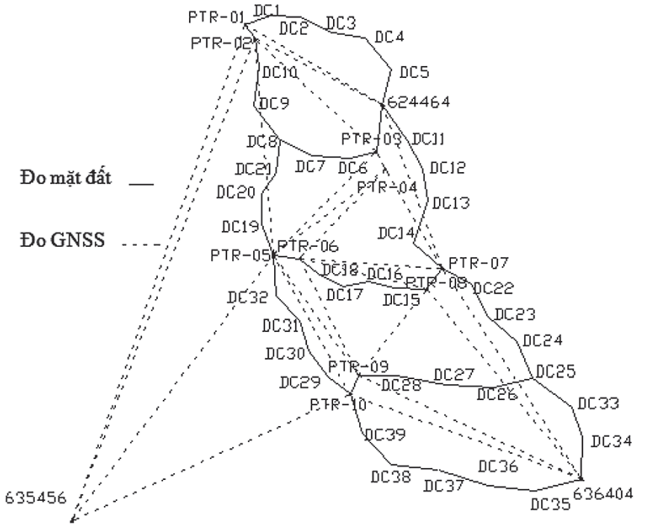
Menu này có chức năng bình sai hỗn hợp trị đo GNSS và trị đo mặt đất, đây là menu quan trọng nhất của phần mềm. Dữ liệu đầu vào bao gồm trị đo mặt đất (góc, cạnh và phương vị) và các sai số đo tương ứng; Trị đo GNSS (gia số tọa độ Δx, Δy trên mặt phẳng chiếu của từng cặp cạnh đã được chuyển đổi) và ma trận hiệp phương sai tương ứng. Dữ liệu có thể nhập trực tiếp trên giao diện của chương trình hoặc nhập thông qua file dữ liệu.



Hình 3.5: Bình sai hỗn hợp

4. THỰC NGHIỆM

Để kiểm chứng chương trình, chúng tôi sử dụng số liệu kết quả đo đạc trực tiếp lưới GNSS, còn lưới mặt đất được xây dựng mô hình. Lưới GNSS là lưới khống chế mặt bằng khu vực xã Tân Phú Trung, huyện Tân Phú, tỉnh Đồng Nai.



Hình 4.1: Lưới trị đo hỗn hợp

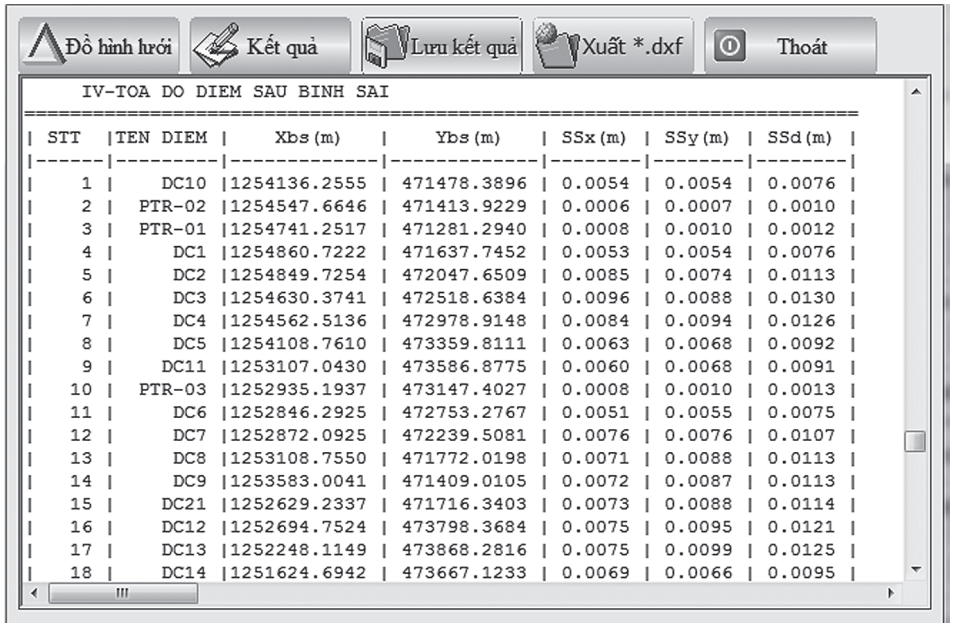
Để tiến hành bình sai lưới hỗn hợp trị đo mặt đất và trị đo GNSS trên mặt phẳng chiếu, chúng ta cần phải thực hiện một số bước sau:

- Bước 1: Đầu tiên sử dụng menu "Bình sai GNSS" để bình sai lưới GNSS trong hệ tọa độ không gian địa tâm, sau đó sử dụng kết quả bình sai này để đưa vào làm dữ liệu tính toán chuyển đổi.
- Bước 2: Sử dụng menu "chuyển đổi gia số tọa độ GNSS

- phẳng" trong phần mềm HHNet để tiến hành chuyển đổi gia số tọa độ ΔX, ΔY, ΔZ của các baseline và ma trận hiệp phương sai tương ứng trong hệ tọa độ không gian địa tâm sang gia số tọa độ trong hệ tọa độ phẳng Δx, Δy và ma trận hiệp phương sai của các gia số này. Trước khi tiến hành chuyển đổi ta lựa chọn Ellipsoid là WGS-84, kinh tuyến trục $107^0 45'$ và múi chiếu 3^0.

- Bước 3: Tiến hành bình sai lưới hỗn hợp GNSS và mặt đất bằng cách vào menu "bình sai hỗn hợp mặt bằng - GNSS", sau đó sử dụng menu "bình sai tính chuyển baseline thành gia số tọa độ"

Sau bình sai thu được kết quả tọa độ điểm sau bình sai theo bảng sau:



IV-TOA DO DIEM SAU BINH SAI

STT	TEN DIEM	Xbs(m)	Ybs(m)	SSx(m)	SSy(m)	SSd(m)
1	DC10	1254136.2555	471478.3896	0.0054	0.0054	0.0076
2	PTR-02	1254547.6646	471413.9229	0.0006	0.0007	0.0010
3	PTR-01	1254741.2517	471281.2940	0.0008	0.0010	0.0012
4	DC1	1254860.7222	471637.7452	0.0053	0.0054	0.0076
5	DC2	1254849.7254	472047.6509	0.0085	0.0074	0.0113
6	DC3	1254630.3741	472518.6384	0.0096	0.0088	0.0130
7	DC4	1254562.5136	472978.9148	0.0084	0.0094	0.0126
8	DC5	1254108.7610	473359.8111	0.0063	0.0068	0.0092
9	DC11	1253107.0430	473586.8775	0.0060	0.0068	0.0091
10	PTR-03	1252935.1937	473147.4027	0.0008	0.0010	0.0013
11	DC6	1252846.2925	472753.2767	0.0051	0.0055	0.0075
12	DC7	1252872.0925	472239.5081	0.0076	0.0076	0.0107
13	DC8	1253108.7550	471772.0198	0.0071	0.0088	0.0113
14	DC9	1253583.0041	471409.0105	0.0072	0.0087	0.0113
15	DC21	1252629.2337	471716.3403	0.0073	0.0088	0.0114
16	DC12	1252694.7524	473798.3684	0.0075	0.0095	0.0121
17	DC13	1252248.1149	473868.2816	0.0075	0.0099	0.0125
18	DC14	1251624.6942	473667.1233	0.0069	0.0066	0.0095

Hình 4.2: Kết quả sau bình sai

Và kết quả đánh giá độ chính xác như sau:

Sai số trung phương tương đối chiều dài cạnh yếu nhất: DC18 - PTR-06 là: 1: 67884;

Sai số trung phương phương vị cạnh yếu nhất: DC35 - 636404 là: 2.91";

Sai số vị trí điểm nhỏ nhất: PTR-05 là: 0.0008 m;

Sai số vị trí điểm lớn nhất: DC37 là: 0.0170 m.

5. KẾT LUẬN

Việc xây dựng lưới hỗn hợp trị đo mặt đất và GNSS là cần thiết, nó có ưu điểm rất lớn, giúp nâng cao sự năng động và hiệu quả trong quá trình sản xuất.

Phương pháp bình sai xử lý lưới mặt đất và lưới GNSS là chặt chẽ, phù hợp và đáp ứng được với công nghệ sản xuất hiện nay.

Khi xử lý trị đo hỗn hợp, việc xác định ma trận hiệp phương sai của vector tọa độ lưới GNSS là cần thiết cho mục đích xác định các yếu tố sai số của lưới. Phương pháp tính ma trận tương quan lưới GNSS là đúng đắn và chặt chẽ. Quy trình và hệ thống công thức nêu ra có thể triển khai thực hiện.

Để nâng cao hiệu quả tính toán bình sai và xử lý số liệu đối với các mạng lưới trắc địa, chúng ta phải ứng dụng công nghệ tin học, xây dựng các phần mềm chuyên dụng. Ngoài ra, phải sử dụng các phương pháp làm tối ưu thuật toán bình sai, khi đó mới bình sai được các mạng lưới lớn trên các máy tính thông thường.

Chương trình xử lý lưới hỗn hợp được thực hiện trên mặt phẳng qui chiếu chỉ là mạng lưới hai chiều. Cần có nghiên cứu về đưa thêm trị đo như góc đứng vào bình sai và bình sai hỗn hợp trên không gian ba chiều.

Ngày nay, với ứng dụng sự phát triển của khoa học và công nghệ vào xây dựng lưới khống chế trắc địa, xuất hiện nhiều vấn đề mới trong việc xử lý số liệu và bình sai lưới, do vậy, cần phải có những nghiên cứu hoàn thiện và cụ thể để giải quyết các vấn đề đó.

Tài liệu tham khảo

[1]. Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường (2012), *Định vị vệ tinh*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[2]. Hoàng Ngọc Hà (2006), *Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[3]. Hà Minh Hòa (2013), *Phương pháp chuyển đổi tọa độ giữa các hệ tọa độ*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[4]. Phạm Hoàng Lân, Đặng Nam Chinh, nnk (2012), *Trắc địa cao cấp đại cương*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[5]. Slawomir Celimer, Zofia Rzepecka (2008), *Common adjustment of GPS baselines with classical measurements*, Olstyn University of Warmia and Mazury, Institute of Geodesy.

Ngày nhận bài: 02/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 08/8/2023
Người phản biện: TS. Đỗ Minh Tuấn
TS. Nguyễn Văn Khánh

Nghiên cứu tổng quan quá trình thiết kế, chế tạo và lắp đặt hệ thống đường ống tàu thủy

■ **TS. ĐỖ TẤT MẠNH(*); ThS. NGUYỄN VĂN VÕ; ThS. BÙI SỸ HOÀNG**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)dotatmanh@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo tiến hành nghiên cứu tổng quan quá trình thiết kế, chế tạo và lắp đặt hệ thống đường ống tàu thủy, khái quát các đặc điểm công nghệ của từng giai đoạn. Phân tích ưu, nhược điểm của một số phương pháp đang được áp dụng hiện nay trong quá trình thiết kế, chế tạo và lắp đặt hệ thống đường ống, từ đó đề xuất giải pháp giúp nâng cao tính công nghệ, khắc phục các nhược điểm của các phương pháp truyền thống.

TỪ KHÓA: Đường ống tàu thủy, chế tạo, lắp đặt, bù lệch, ống bù.

ABSTRACT: This paper conducts an overview study of the design, manufacture and installation of the ship's pipeline system and outlines the technological characteristics of each stage. Analyze the advantages and disadvantages of a number of methods being applied today in the process of designing, manufacturing and installing the pipeline system, thereby proposing solutions to improve the technology and overcome the disadvantages of traditional methods.

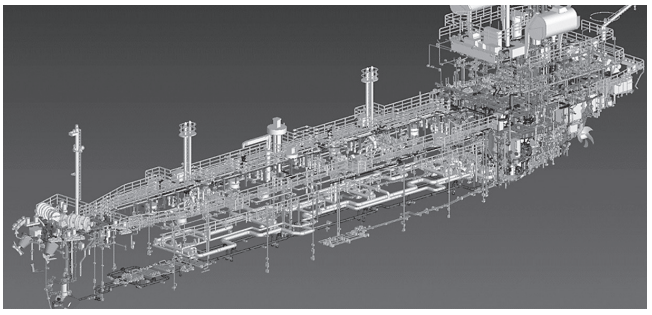
KEYWORDS: Ship's piping system, manufacture, installation, compensation, measured pipe.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tàu thủy hiện đại ngày nay được biết đến là một tổ hợp công nghệ phức tạp, tạo thành từ các loại thiết bị, tổ chức cơ khí và các kết cấu khác nhau. Để đảm bảo hoạt động của các thiết bị này ta cần tới sự phục vụ của hệ thống đường ống. Trong 30 năm trở lại đây, tổng khối lượng lao động liên quan đến quá trình chế tạo và lắp đặt hệ thống đường ống tàu thủy đã tăng từ 5% lên đến 10 - 20% so với tổng khối lượng lao động đóng tàu [4-6]. Rất nhiều nguyên công lắp đặt đường ống nằm trên đường tới hạn quan trọng, do vậy trực tiếp ảnh hưởng đến tiến độ chung của việc đóng tàu. Vì vậy, một trong những xu thế quan trọng trong công nghiệp đóng tàu ngày nay là làm tăng được hiệu quả sản xuất thông qua việc đưa các công nghệ mới vào quá trình chế tạo và lắp đặt hệ thống đường ống, từ đó giúp rút ngắn thời gian thi công đóng tàu cũng như giảm chi phí sản xuất. Hiện nay, trên thế giới đã có khá nhiều nghiên cứu nhằm nâng cao tính công nghệ trong việc thiết kế và lắp đặt hệ thống đường ống tàu thủy [9-11]. Việc đánh giá ưu, nhược điểm của các phương pháp, cũng như tiến hành nghiên cứu tổng quan quá trình thiết kế, chế tạo và lắp đặt hệ thống đường ống tàu thủy, qua đó đề xuất các giải pháp đáp ứng được nhu cầu thực tiễn là rất cần thiết.

2. CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT ĐƯỜNG ỐNG

Quá trình thiết kế, lắp đặt và chế tạo đường ống bao gồm nhiều công đoạn đa dạng. Đối với hệ thống đường ống tàu thủy, người ta sử dụng các loại ống từ nhiều loại vật liệu khác nhau như hợp kim thép, đồng, nhôm, titan hoặc nhựa, cao su... Để phục vụ cho quá trình sản xuất chúng đòi hỏi sự chuẩn bị đáng kể và phức tạp *(Hình 2.1)*.

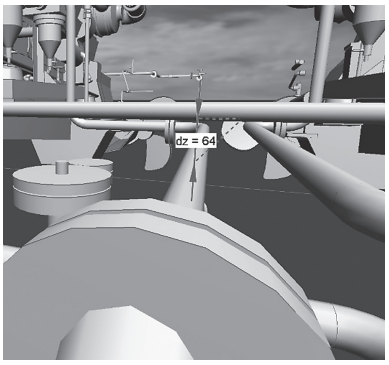


Hình 2.1: Mô phỏng hệ thống đường ống tàu thủy

- Thiết kế, bố trí hệ thống đường ống:

Để chế tạo đường ống tàu thủy, người ta sử dụng các sơ đồ nguyên lý của hệ thống đường ống. Để chế tạo các đoạn ống riêng rẽ người công nhân sẽ cần đến bản vẽ chi tiết mảnh rời. Tất cả các bản vẽ này sẽ do các kỹ sư của phòng kỹ thuật phụ trách.

Trong quá trình phân bố đường ống theo hướng tối ưu hóa cần loại bỏ khả năng va chạm giữa các ống với nhau do những sai số trong chế tạo và lắp đặt. Để đảm bảo điều này, người ta quy định các khe hở giữa ống và cấu trúc thân tàu tối thiểu là 30 mm, giữa các tuyến ống với nhau tối thiểu là 40 mm *(Hình 2.2)*. Cần lưu ý rằng, các khoảng cách này đã có tính cả bọc cách điện, bọc bảo ôn (nếu có) giữa các đường ống với nhau hoặc các công trình lân cận tương ứng.



Hình 2.2: Khoảng cách giữa các ống không được nhỏ hơn 30 mm

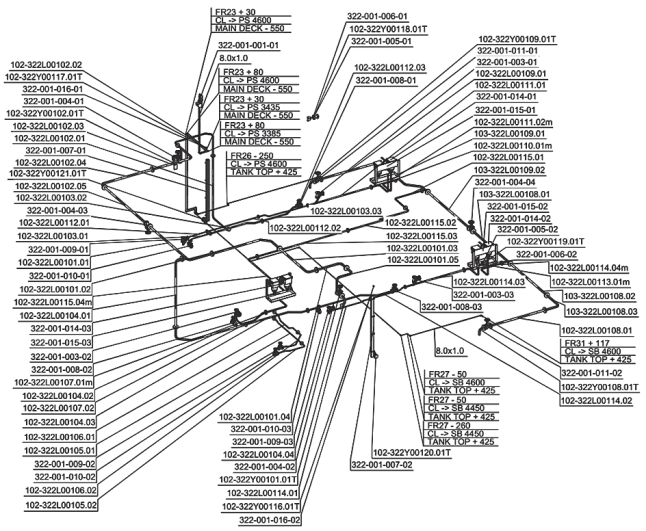
Sản phẩm của quá trình thiết kế đường ống tàu thủy nhìn chung là những tài liệu sau đây:

- Sơ đồ tổng hợp đường ống chính thường gắn liền với đặc tính kỹ thuật đóng tàu, sơ đồ này chỉ ra khái niệm thiết kế cơ bản cho từng hệ ống, xác định rõ số lượng máy móc thiết bị quan trọng dưới dạng sơ đồ minh họa từng tuyến ống chính. Sơ đồ này phải chỉ ra được mối quan hệ của các hệ thống ống trong không gian tổng thể của một con tàu, một buồng máy.

- Sơ đồ đường ống cơ bản được lập theo sơ đồ đường ống chính mô tả các tuyến đường ống chi tiết của từng hệ thống, chỉ ra các đặc tính của ống như chất liệu ống, đường kính ống, kiểu và vị trí van... *(Hình 2.3)*.

- Bố trí đường ống chi tiết là sơ đồ rất quan trọng để chế tạo ống với kích thước thực tế và cần phải minh họa mọi thứ như máy móc, thiết bị, ống dẫn khí, các loại ống, van và các phụ kiện khác đã được xác định tại khu vực liên quan với kích thước và vị trí có độ chính xác cao. Để hoàn thiện bản vẽ này đòi hỏi tỷ lệ lớn nhất trên tổng số giờ thiết kế, ước chừng khoảng 60% tổng số thời gian giờ công, đây là sự thể hiện tầm quan trọng bậc nhất của phần thiết kế này.

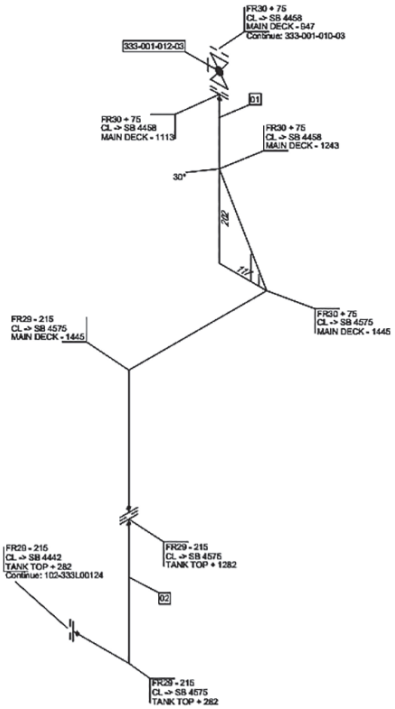
- Bản vẽ chi tiết mảnh rời được lập trên cơ sở bố trí đường ống chi tiết. Đường ống được chia ra từng mảng ống rời và phụ kiện được vẽ trong bản vẽ chi tiết mảnh rời dựa trên cơ sở "một mảnh rời tương ứng với một chi tiết ống" cho một đoạn ống nhỏ nhất phải gia công *(Hình 2.4)*.



Hình 2.3: Sơ đồ đường ống cơ bản

Tọa độ của đường ống được chia làm 2 loại:

- Tọa độ để tính toán kích thước ống *(Hình 2.4)*
- Tọa độ để định vị ống trong quá trình lắp đặt *(Hình 2.3)*.



Hình 2.4: Bản vẽ chi tiết mảnh rời

Các bề mặt vật lý của kết cấu thân tàu chính là những mốc cơ sở thành phần. Khi thiết lập các bản vẽ đường ống cần phải tuân theo nguyên tắc cố định của các mốc cơ sở, tức là các mốc cơ sở đã được chọn khi đi ống phải được tính đến khi trính toán kích thước ống, cũng như tính toán chuỗi kích thước của tuyến đường ống. Trong quá trình phân bố đường ống cần tính lưu ý:

- Không gian giới hạn bởi kết cấu thân tàu;
- Vị trí của các máy móc, thiết bị cơ khí, tức là các điểm cố định cứng đối với tuyến đường ống;
- Sự liền kề với các thiết bị truyền tải;
- Các kết cấu phụ trợ khác.

Việc hiệu chỉnh bản vẽ được diễn ra trong quá trình xử lý các tài liệu công nghệ trước khi xuất xuống nhà máy [1-3].

Sử dụng bản vẽ chi tiết mảnh rời để gia công, chế tạo từng mảnh rời trong phân xưởng ống với độ chính xác cao mà không cần thước dưỡng mẫu để mô phỏng hình dáng và kích thước của nó theo thước đo tại vị trí lắp đặt.

- Các đặc trưng của quá trình chế tạo hệ thống đường ống tàu thủy:

Việc chế tạo đường ống diễn ra tại nhà máy theo công nghệ tương ứng với các điều kiện về kỹ thuật, tài liệu hướng dẫn và các bản vẽ phụ trợ.

Mỗi nhà máy đóng tàu đều có một phân xưởng hoặc phân khu riêng để chế tạo ống cho đóng mới hoặc sửa chữa tàu. Việc chế tạo ống và lắp đặt đường ống được thực hiện theo các bản vẽ chi tiết về ống và tuyến ống kèm theo các ghi chú các thông tin về số hiệu ống, đường kính, độ dài, vật liệu cũng như các thiết bị kết nối kèm theo (như van, đệm, nhánh, bích…) [2, 7, 8].

Quy trình công nghệ chế tạo và lắp ráp tuyến ống theo các bước sau:

- Cắt ống;
- Uốn ống;
- Lắp ráp theo bản vẽ chi tiết;
- Xử lý cơ học trong quá trình lắp ráp;
- Hàn, xử lý sau khi hàn, thử thủy lực tại phân xưởng và các dạng kiểm tra khác;
- Vệ sinh hóa chất, bọc cách nhiệt hoặc bảo ôn cho ống (nếu có);
- Tập hợp và vận chuyển lên tàu hoặc các phân vùng;
- Lắp ráp trên tàu;
- Đo đạc và chế tạo các đoạn ống bù;
- Lắp ráp và thử kín ống trên tàu.

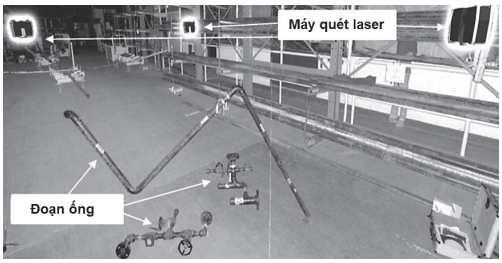
Yêu cầu về công nghệ chế tạo và lắp ráp đường ống trên tàu được quy định tại Bộ tiêu chuẩn OST của Nga [7].

Sau khi uốn cong, các đường ống được giao cho các thợ cơ khí và phần xử lý cho cả trang trí kết thúc theo uốn mẫu nén và gấp mép của ống và mở lỗ cho các quy trình. Sau đó, các ống dẫn được gửi đến phân xưởng và bố trí trên giá đặc biệt.

3. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ CÔNG NGHỆ TRONG QUÁ TRÌNH CHẾ TẠO VÀ LẮP ĐẶT ỐNG TÀU THỦY HIỆN NAY

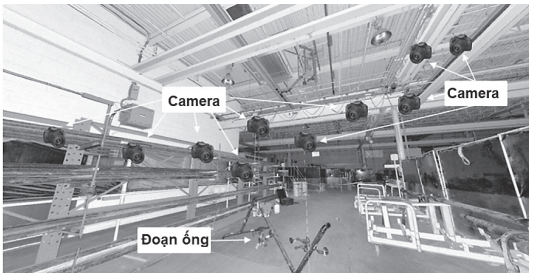
Ngày nay, ngành công nghiệp đóng tàu trên thế giới và tại Việt Nam đang diễn ra những thay đổi đáng kể trong phương pháp thiết kế, công nghệ chế tạo và lắp đặt hệ thống đường ống tàu thủy. Đặc trưng cho điều này là sự ứng dụng rộng rãi của các giải pháp mang tính hệ thống để giải quyết vấn đề thiết kế, chuẩn bị công nghệ để chế tạo tuyến đường ống trên cơ sở sử dụng sự hỗ trợ của kỹ thuật máy tính. Nhược điểm của các hệ thống thiết kế tự động hóa hiện nay được sử dụng trong lĩnh vực thiết kế hệ thống đường ống (Nupas-Cadmatic, TRIBON, AVEVA-PDMS, FORAN, PV Elite, CADWorx, РИТМ-Судно, CATIA, Pro/ENGINEER, CAESAR II, Autocad...) là thiếu sự kiểm tra dựa trên cơ sở khoa học mang tính tổng thể tính công nghệ trong quá trình thiết kế hệ thống đường ống, trong đó xét đến các đặc điểm về hình dạng của các tuyến ống [9-11].

Trong các nghiên cứu của Mohammad Nahangi, Carl Quang, Hamid Noor [10] cho thấy rằng, việc khắc phục các khiếm khuyết và sai sót xảy ra khi thực hiện một dự án đóng tàu, đặc biệt là trong công đoạn chế tạo và lắp đặt đường ống là rất tiêu tốn chi phí và thời gian. Quá trình kiểm soát chất lượng hiện nay liên quan đến sản xuất ống đường ống có những hạn chế đáng kể liên quan đến con người và thiếu sự thống nhất. Nhóm tác giả đề xuất quá trình tự động hóa quản lý chất lượng xây dựng, trong đó sử dụng công nghệ tự động để phát hiện khiếm khuyết. Hệ thống được dựa trên sự đo đạc các kết cấu đường ống. Dữ liệu được thu thập bởi máy quét laser và sau đó được sử dụng để so sánh với các số liệu trong thiết kế *(Hình 3.1, 3.2)*. Mô hình ba kênh được thiết lập để quản lý chất lượng có ưu điểm là giảm giá thành của dự án thông qua việc rút ngắn các nguyên công tinh chỉnh, cũng như tránh các chi phí và công sức để điều chỉnh lại vị trí các điểm uốn, vấn đề mà thường xuyên xảy ra sai lệch trong quá trình chế tạo và vận chuyển.



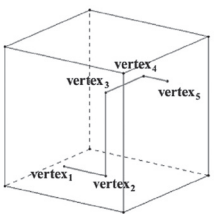
Hình 3.1: Lắp đặt các máy quét Laser để tiến hành đo đạc kích thước

Trong công trình của Wen-Ying Jiang, Yan Lin, Ming Chen và Yun-Yun Yu [11] đã giới thiệu thuật toán tiến hóa tiên tiến (CIMACO) để thiết kế hệ thống đường ống trên tàu thủy. Mục tiêu của thuật toán CIMACO là để thiết kế các toán đường ống tương ứng sao cho nối được điểm đầu và điểm cuối trong không gian giới hạn. Các thuật toán hóa (ACO) đã được cải thiện để phù hợp với các đặc điểm của tuyến ống tàu thủy, mà được sử dụng để giải quyết bài toán định tuyến đường ống.



Hình 3.2: Lắp đặt camera để đo đạc kích thước

Dựa trên sự cải thiện thuật toán ACO, sơ đồ Tối ưu tổng hợp (MACO) cùng cơ chế tiến hóa được sử dụng để giải quyết các vấn đề định tuyến nhiều đường ống dẫn và nhánh. Trong công trình này, thông tin về hướng của các tuyến đường và các nhánh được thiết lập trong các thuật toán đề xuất để cải thiện hiệu suất của việc tính toán. So với những phương pháp thông thường, thuật toán CIMACO tránh được các vấn đề tối ưu cục bộ tốt hơn và đẩy nhanh tốc độ hội tụ. Cuối cùng, các kết quả mô phỏng chứng minh tính khả thi và hiệu quả của thuật toán đề xuất. Trong không gian SPRD có thể xác định tọa độ các điểm của tuyến. Cơ sở dữ liệu được thiết lập theo đường kính của ống và khoảng cách giữa các tuyến ống. Các cấu trúc dữ liệu được xác định theo mô hình tương tự trong *Hình 3.3*.



Hình 3.3: Cấu trúc dữ liệu

Ngày nay, tại các nhà máy đóng tàu ASPO (Nga), Damen (Hà Lan, Việt Nam), người ta nâng cao độ chính xác trong quá trình chế tạo ống bằng cách sử dụng các ống đấu nối (ống cút) tiêu chuẩn, qua đó giảm các thao tác uốn ống. Lợi ích của việc này là thu được độ chính xác cao khi định dạng đường ống với các hình dáng khác nhau, giúp giảm các dung sai từ

quá trình uốn ống. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp này là chỉ áp dụng được theo các góc tiêu chuẩn (90^0, 45^0, 30^0, 60^0...), còn các trường hợp khác thì không thể. Ngoài ra, việc sử dụng ống cút cũng làm tăng các thao tác hàn trong quá trình chế tạo ống. Điều này cũng làm cho tuổi thọ của đường ống giảm xuống, đặc biệt là tại các điểm nối cút, nơi thường xuyên tập trung ứng suất cao có thể phá hủy mối hàn trong quá trình vận hành, từ đó có thể dẫn đến sự đứt gãy ống, hoặc sự rò rỉ công chất từ hệ thống đường ống, gây ra nguy hiểm rất cao trong quá trình khai thác, vận hành tàu. Ngoài ra, việc sử dụng ống cút cũng làm tăng giá thành sản xuất.

Nhìn chung, các phương pháp trên chỉ tập trung vào một công đoạn khi thiết kế đường ống, hoặc tăng tính chính xác khi chế tạo, lắp ráp ống. Tuy nhiên, vẫn chưa có được một giải pháp đồng bộ cho toàn bộ quá trình sản xuất đường ống tàu thủy.

4. KẾT LUẬN

Trong quá trình thực hiện các công nghệ chế tạo đường ống tàu thủy trên cơ sở các thông tin thiết kế tại các phân xưởng hoặc nhà máy khác nhau, dựa trên các tài liệu từ phòng kỹ thuật cộng với thái độ cẩn thận nhất trong quá trình thiết kế sử dụng các hệ thống tự động hóa thì đến cuối cùng, tỷ lệ các ống có thể chế tạo trước theo bản vẽ thiết kế chỉ đạt không quá 40%.

Rõ ràng là cần tăng tỷ lệ phần trăm các ống được chế tạo trước, tuy nhiên có ba lý do chính cản trở điều này:

- Tính chính xác của thiết kế: Phù hợp với vị trí của các cấu trúc lân cận;
- Các dung sai trong việc chế tạo ống;
- Sai lệch vị trí của các đầu nối cố định với tuyến ống.

Những lý do không cho phép ta nối được điểm cuối của tuyến ống đến đầu nối cố định thứ 2 nối với tuyến ống.

Việc sử dụng các ống chế tạo sau có thể khắc phục được nguyên nhân thứ 3 (do đầu nối cố định). Nhưng nếu sử dụng ống chế tạo sau thì vi phạm mục tiêu đầu tiên mà ta đặt ra: giảm số ống chế tạo sau trong quá trình chế tạo đường ống. Ở một khía cạnh khác, các nguyên nhân thứ nhất và thứ hai không dẫn đến khả năng phải dùng đến các ống chế tạo sau. Theo nguyên nhân thứ nhất thì vị trí để lắp đặt tuyến ống theo thiết kế thì trong thực tế có thể bị chiếm chỗ bởi các tuyến ống khác hoặc các kết cấu khác. Theo nguyên nhân thứ hai thì dung sai trong chế tạo ống dẫn đến việc xê dịch các tuyến ống đến các khu vực đã được chỉ định để cho các tuyến ống khác hoặc các cấu trúc khác.

Các ống chế tạo sau loại bỏ độ lệch của các đầu nối cố định thông qua một số yếu tố như: hình dạng tuyến ống yêu cầu không dưới 2 điểm uốn, chỉ định lượng dư gia công. Đối với các tuyến ống thẳng, tức là trong tuyến ống không có các điểm uốn, trong trường hợp này loại trừ nguyên nhân thứ 2 (sai lệch từ việc chế tạo ống, bởi vì chỉ thực hiện thao tác cắt ống). Tuy nhiên, trong trường hợp này không thể loại bỏ nguyên nhân thứ 3 - bởi vì không có 2 điểm uốn cong. Tất cả các ống mà được chỉ định là ống chế tạo sau đều không được có đoạn uốn. Vì vậy, cần thiết lập một giải pháp mới để loại bỏ sai lệch trong lắp đặt tuyến đường ống trong những trường hợp trên.

Như vậy, vấn đề cấp thiết hiện nay là cần phải tiến hành nghiên cứu các đặc trưng của quá trình chế tạo và lắp đặt hệ thống đường ống tàu thủy và ảnh hưởng của chúng, từ đó thiết lập được các cơ sở lý thuyết nhất định nhằm đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao tính công nghệ trong quá trình này. Một trong các giải pháp trọng tâm hướng đến là việc chế tạo trước toàn bộ các ống của tuyến để mang lắp ráp trên tàu mà không cần đo đạc trước kích thước của một ống nào tại hiện trường, giúp rút ngắn thời gian thi công các đơn hàng đóng tàu, giảm chi phí sản xuất.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT22-23.32

Tài liệu tham khảo

[1]. Đặng Văn Tuấn (2005), *Giáo trình thợ ống tàu thủy*, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Hải Phòng.

[2]. Lê Lộc (2011), *Ống tàu thủy*, NXB. GTVT.

[3]. Горелик, Б. А (2002), *Способ сборки трубного соединения*, Изобрет.-машиностр.

[4]. Сахно К. Н. (2012), *Научные основы повышения технологичности трубопроводов судовых систем на стадии проектирования*, дис... доктор. техн. Наук. АГТУ.

[5]. Андреев, В. В. (1984), *Общая технология судостроения*, Л. : Судостроение. 184 с.

[6]. Берестовицкий, Ф. Ф. Легуша, М. А. Мусакаев, К. В. Невесёлова (2015), *Особенности формирования акустических полей в трубах с открытыми концами,* Научный журнал судостроения.. № 3. С.11-13.

[7]. ГОСТ 12815-80, Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на Ру от 0,1 до до 20,0 МПа (от 1 до 200 кгс/см2), *Типы. Присоединительные размеры и размеры уплотнительных поверхностей*.

[8]. Т. М. До, К. Н. Сахно (2018), *Разработка теоретической основы исследования достижимых возможностей отклонений в судовых системах трубопроводов*, Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. Санкт-Петербург, №2.

[9]. Liu Q. A., Jiao G. (2018), *Pipe Routing Method Considering Vibration for Aero-engine using Kriging Model and NSGA-II*, IEEE Access, T11 (№3). DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2789361.

[10]. Safa M., A. Shahi, M. Nahangi, C. Haas, H. Noori (2015), *Automating measurement process to improve quality management for piping fabrication*, Structures. vol.3. pp.71-80. DOI: 10.1016/j.istruc.2015.03.003.

[11]. W. Y. Jiang, Y. Lin, M. Chen, Y. Y. Yu. Jiang W. Y (2015), *A co-evolutionary improved multi-ant colony optimization for ship multiple and branch pipe route design*, Ocean Engineering, vol.102. pp.63-70, DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.028.

Ngày nhận bài: 20/4/2023
Ngày chấp nhận đăng: 10/5/2023
Người phản biện: TS. Đàm Văn Tùng
TS. Vũ Văn Mừng

Nghiên cứu vấn đề ổn định và xác định áp lực dung dịch gương đào khi thi công tuyến hầm metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội

■ **TS. VŨ MINH NGẠN(*); TS. NGUYỄN PHI HÙNG**
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Email: (*)vuminhngan@humg.edu.vn

TÓM TẮT: Hà Nội đã và đang triển khai tuyến metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội, một trong 8 tuyến metro theo quy hoạch phát triển hệ thống metro của Thủ đô. Phần ngầm của tuyến metro số 3 này đi qua khu vực đông dân cư, nhiều công trình lịch sử và có điều kiện địa chất đất yếu nên rủi ro mất ổn định trong quá trình thi công hầm cần được xem xét và phân tích. Bài báo trình bày các cơ chế mất ổn định xảy ra khi thi công hầm trong điều kiện đất yếu và phương pháp xác định áp lực gương đào phù hợp khi thi công hầm trong đất yếu. Trên cơ sở số liệu thiết kế dự án, các tác giả phân tích và tính toán áp lực cần thiết khi thi công hầm và đưa ra áp lực dung dịch tại gương đào phù hợp đối với đoạn tuyến đi ngầm tại dự án metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội. Kết quả của bài báo là số liệu tham khảo đối với đơn vị thiết kế và nhà thầu khi thi công tuyến hầm.

TỪ KHÓA: Ổn định, thi công hầm, tuyến metro số 3 Hà Nội, áp lực dung dịch, máy đào hầm.

ABSTRACT: The Hanoi metroline No.3 Nhon - Hanoi station project, one of eight metrolines in Hanoi metroline development plan has been carried out. The underground part of the project is located below a density urban area with historical buildings and soft soil conditions, thus there is a risk of instability when tunnelling. The paper presents instability theories and methods to determine appropriate supporting pressures applied on tunnelling face when tunnelling in soft soils. Based on the project documents, the recommended supporting pressures are derived for a part of the tunnel alignment in Hanoi metroline No.3 project. The results obtained in the paper are references for engineers and contractors when tunnelling in the near future.

KEYWORDS: Stability, tunnelling, Hanoi metroline No.3, soft soil, supporting pressure, TBM.

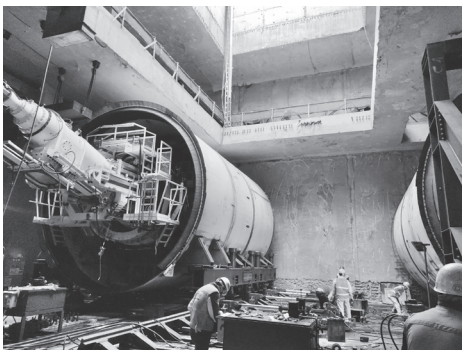
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

TP. Hà Nội đã và đang triển khai xây dựng các tuyến metro nhằm giảm bớt sức ép về mật độ giao thông, nhu cầu đi lại của người dân và ô nhiễm môi trường. Tuyến metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội đã triển khai, hoàn thành thi công phần trên cao và chuẩn bị công tác thi công phần hầm ngầm. Do điều kiện địa chất đất yếu, công nghệ thi công đào hầm có khiên đào (TBMs) cụ thể là máy đào hầm cân bằng áp lực đất (EPB TBMs) sẽ được sử dụng trong thi công. Cụ thể, hai máy đào hầm EPB đã được nhà thầu Ghella (Ý) lắp đặt và sẵn sàng cho công tác thi công. Do phần ngầm của tuyến số 3 Nhổn - Ga Hà Nội nằm dưới khu vực động dân cư, có nhiều công trình quan trọng của thành phố lại qua khu vực có địa chất đất yếu, công tác đảm bảo ổn định trong quá trình thi công không chỉ đối với công tác thi công tuyến hầm mà còn đối với các công trình lân cận được coi như một phần quan trọng của dự án.

Nội dung bài báo đưa ra một số lý thuyết phân tích ổn định đang được ứng dụng trong thiết kế và nghiên cứu, đồng thời phân tích, đưa ra kiến nghị về áp lực gương đào cho một đoạn tuyến hầm trên tuyến metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội.

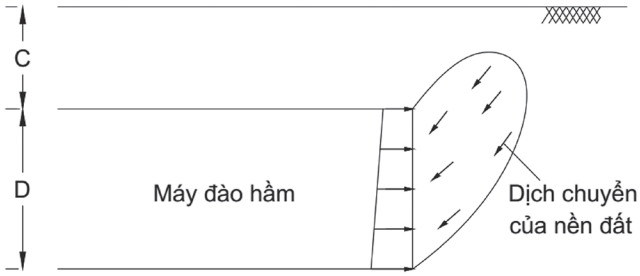
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH KHI THI CÔNG HẦM METRO TRONG ĐIỀU KIỆN ĐẤT YẾU

Với máy đào hầm cân bằng áp lực đất (EPB) được sử dụng tại dự án metro số 3 tại Hà Nội *(Hình 2.1)*, dung dịch chống tại mặt gương đào để đảm bảo trạng thái ổn định trong thi công có thể là bentonite hoặc các hóa chất chuyên dụng như polymer hoặc bọt nhựa. Về bản chất, dung dịch giữ ổn định thẩm thấu vào môi trường đất phía trước gương đào, sau đó tạo ra độ cứng theo thiết kế để bộ phận cắt máy đào hầm có thể đào đất và vận chuyển ra ngoài qua hệ thống vận chuyển bằng băng tải hoặc hệ thống xe goòng vận chuyển.

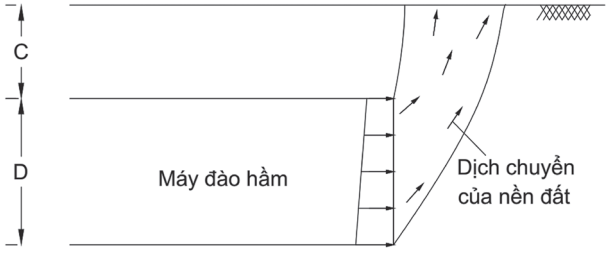


Hình 2.1: Máy đào hầm cân bằng áp lực đất sử dụng tại dự án metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội

Để đảm bảo ổn định môi trường đất xung quanh khi đào hầm, giá trị áp lực dung dịch tại gương đào của máy đào hầm thường được lấy nằm trong hai khoảng giới hạn trên và dưới được xác định theo các mô hình thực nghiệm và các công thức kinh nghiệm. Trong đó, điều kiện giới hạn dưới tương ứng với điều kiện áp lực dung dịch quả nhỏ, đất phía trước gương đào dịch chuyển chủ động với khối lượng lớn vào khu vực buồng đào gây dịch chuyển lớn trong nền đất phía trước và trên gương đào. Điều này có thể dẫn đến sụt lún lớn trên mặt đất, gây ảnh hưởng đến công trình lân cận *(Hình 2.2)*. Ngược lại, điều kiện giới hạn trên tương ứng với điều kiện áp lực dung dịch sử dụng quá lớn, khối đất phía trên gương đào bị đẩy trồi lên mặt đất. Lúc này, có thể xuất hiện các khe nứt trong khối đất bị đẩy trồi, dung dịch giữ ổn định vì thế sẽ thoát ra ngoài và gây giảm áp lực chống đột ngột tại gương đào, đất đào phía trước gương đào sẽ chuyển dịch vào trong buồng đào và gây sụt lún lớn trên bề mặt *(Hình 2.3)*. Hiện tượng mất ổn định trong thi công hầm đã gây sụt lún, tạo thành các hố tử thần tại một số dự án hầm trên thế giới như ở dự án thi công hầm tại Munich (Đức) năm 1994, Kuala Lumpua (Malaysia) năm 2014.



Hình 2.2: Hiện tượng mất ổn định chủ động khi áp lực dung dịch tại gương đào quá thấp



Hình 2.3: Hiện tượng mất ổn định bị động khi áp lực dung dịch tại gương đào quá cao (đẩy trồi)

Vì vậy, một trong những nhiệm vụ quan trọng thiết kế thi công hầm là xác định áp lực dung dịch sử dụng tại gương đào và khoảng trống phía sau máy đào hầm thích hợp. Áp lực dung dịch này sẽ quyết định đến sự thành công của dự án thi công hầm và đảm bảo an toàn trong quá trình thi công về mặt ổn định của nền đất cũng như độ lún của mặt đất trên bề mặt và ảnh hưởng đến các công trình lân cận. Hiện nay, trong thiết kế thi công các tuyến hầm, giới hạn dưới tương ứng với áp lực dung dịch nhỏ nhất được tính toán qua một số mô hình thực nghiệm và bán thực nghiệm đề xuất bởi các tác giả Jancsecz and Steiner (1994) [3], Broere (2001) [2] như trên *Hình 2.4*.

Theo đó, áp lực dung dịch nhỏ nhất được tính như sau:

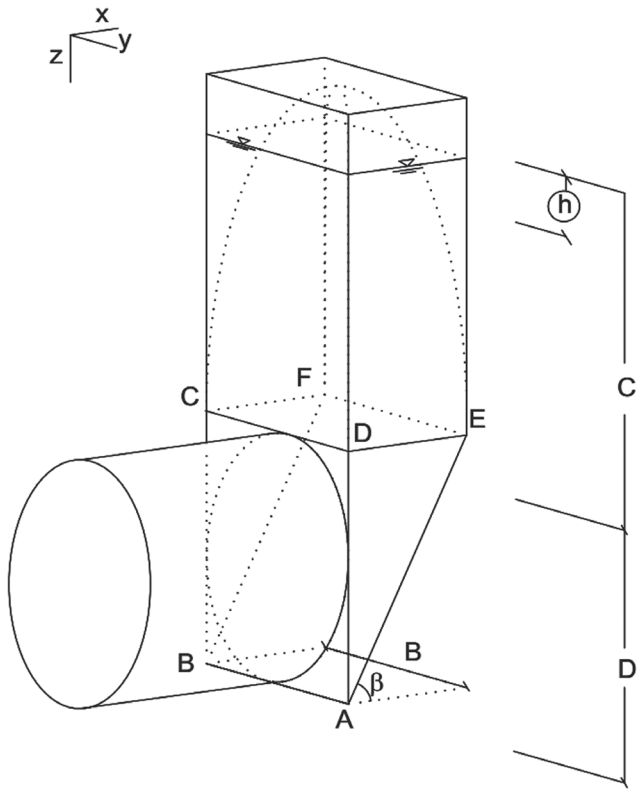
$$s_{min} = \sigma'_v K_{A3D} \eta_{eff} + p \quad (1)$$

Với σ'_v là ứng suất hiệu dụng theo phương thẳng đứng của đất tại vị trí đặt hầm, $\eta_{eff} = 1{,}5$ là hệ số an toàn với trường hợp phá hoại chủ động và p là áp lực nước.

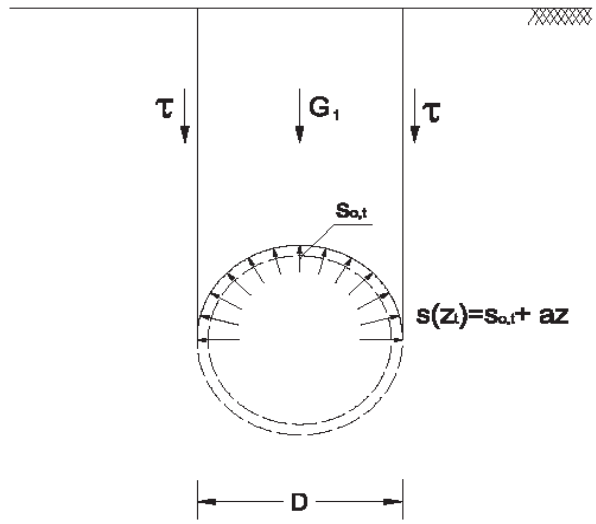
Hệ số K_{A3D} là hệ số áp lực đất ba chiều được xác định theo công thức:

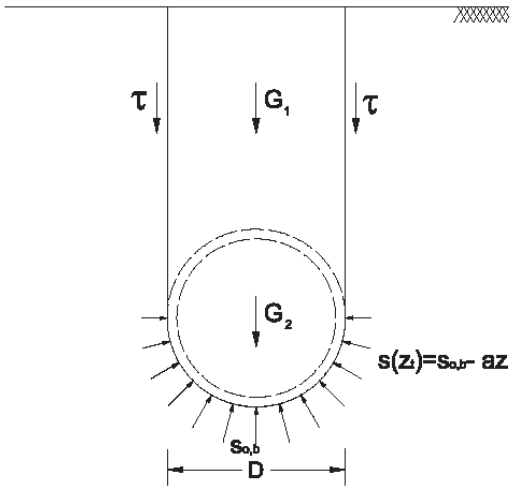
$$K_{A3D} = \frac{sin\beta cos\beta - cos^2\beta tan\varphi - \frac{K\alpha}{1.5} cos\beta tan\varphi}{sin\beta cos\beta + tan\varphi sin\beta} \quad (2)$$

Trong đó: hệ số β được xác định theo các biểu đồ và bằng trong Jancsecz, S., & Steiner, W. (1994) [3].



Hình 2.4: Mô hình phân tích ổn định gương đào máy đào hầm TBM (Broere, 2001[2])





Hình 2.5: Mô hình phân tích đẩy trồi với áp lực dung dịch tại gương đào (Vũ Minh Ngạn, 2016[6])

Giới hạn trên của áp lực dung dịch tại gương đào trong thi công hầm tương ứng với áp lực khi xảy ra hiện tượng đẩy trồi với các mô hình tính được nêu trong các nghiên cứu của Balthaus (1991) [1], Broere (2001) [2] và Vũ Minh Ngạn (2016) [6]. Trên *Hình 2.5*, áp lực dung dịch lớn nhất tại đỉnh hầm khi xảy ra hiện tượng đẩy trồi xác định theo công thức sau:

$$s_{0,t,max} = \gamma\left(H - \frac{\pi}{8}D\right) + 2\frac{H}{D}\left(c + HK_y\gamma' tan\varphi\right) - \frac{aD}{4} \quad (3)$$

Áp lực dung dịch lớn nhất tại đáy mặt cắt hầm có giá trị xác định theo công thức sau:

$$s_{0,b,max} = \gamma\left(H - \frac{\pi}{8}D\right) + 2\frac{H}{D}\left(c + HK_y\gamma' tan\varphi\right) + \gamma_T \pi d + \frac{aD}{4} \quad (4)$$

Với: γ_T - Khối lượng riêng của bê tông vỏ hầm; a - Gradient áp lực thẳng đứng của dung dịch được xác định theo nghiên cứu của Talmon và Bezuijen (2005) [4].

Với áp lực nhỏ nhất tính theo công thức (1) và (2) và áp lực lớn nhất tính theo công thức (3) và (4), tùy thuộc vào điều kiện thi công và điều kiện địa chất, nhà thầu có thể đưa ra lựa chọn áp lực dung dịch tại gương đào phù hợp.

3. NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN ÁP LỰC DUNG DỊCH GƯƠNG ĐÀO TẠI DỰ ÁN METRO SỐ 3 NHỔN - GA HÀ NỘI

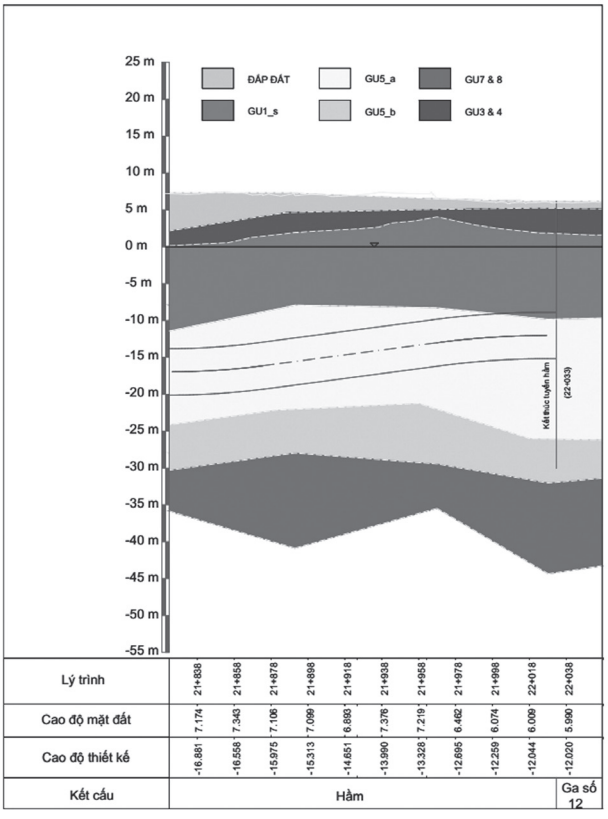
Tuyến metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội là một phần của hệ thống mạng lưới đường sắt đô thị Hà Nội bao gồm 8 tuyến metro. Tổng chiều dài tuyến tàu điện ngầm số 3 là 12,5 km, bao gồm 4 km đi ngầm từ ga Kim Mã đi Ga Hà Nội và 8,5 km trên cao từ ga Nhổn đến ga Kim Mã. Toàn tuyến có 12 nhà ga gồm 8 nhà ga nổi và 4 nhà ga ngầm. Tuyến tàu điện này được khởi công xây dựng từ năm 2010, tuy nhiên đến tháng 3/2023, công tác thi công phần ngầm vẫn đang nằm trong giai đoạn chuẩn bị triển khai. Đoạn tuyến ngầm chiều dài 4 km đi dưới khu vực đông dân cư và có nhiều công trình lịch sử quan trọng của thành phố như Văn Miếu - Quốc Tử Giám. Đặc điểm địa chất khu vực đoạn đi ngầm của tuyến metro số 3 Hà Nội bao gồm các lớp địa chất sau: Tầng đất trên cùng là lớp đất lấp; phía dưới là lớp đất sét nghèo GU1 với độ dày thay đổi từ 10 m đến 19 m, bao gồm nhiều thấu kính cát GU2, GU3, GU4 và đất hữu cơ nằm trong GU1; tiếp đến là lớp đất bột đến cát sét GU5 có độ dày thay đổi từ 8 m đến 20 m nằm ở độ sâu từ 12 m đến 32 m, gồm nhiều thấu kính cát của cát cấp phối thô GU6, lớp đất GU7 có độ dày thay đổi từ 8 m đến 14 m nằm ở độ sâu từ 26 m đến 45 m, bao gồm cát cấp phối tốt và vừa đến cát thô với sỏi cuội từ nhỏ đến vừa. *Bảng 3.1* nêu một số thông số đất tại tuyến metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội, được lấy từ tài liệu thiết kế của dự án.

Bảng 3.1. Một số thông số địa chất tại dự án Metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội

Lớp đất	Dung trọng riêng (kN/m³)	Góc ma sát trong (độ)	Lực dính đơn vị c (kN/m²)	Hệ số K
Đất đắp	19	-	-	-
GU1_s	18,5	25	10	0,58
GU3&4	16	20	5	0,66
GU5_a	20	34	0	0,44
GU5_b	20,5	35	0	0,43
GU7&8	21	40	0	0,36

Hình 3.1 mô tả trắc dọc và điều kiện địa chất của đoạn tuyến hầm có lý trình km21+838 đến km22+038. Các thông số địa chất tuyến hầm đi qua được lấy theo *Bảng 3.1*.

Do phần tuyến đi ngầm dự án hiện chưa tiến hành thi công nên nghiên cứu này chỉ dừng lại ở việc xác định các giá trị giới hạn trên và dưới theo đặc điểm tuyến hầm và điều kiện địa chất.

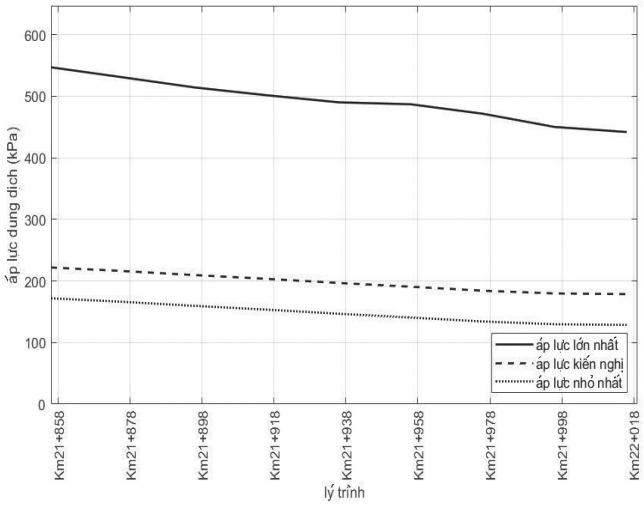


Hình 3.1: Trắc dọc tuyến tàu điện số 3 Nhổn - Ga Hà Nội đoạn đi ngầm từ km21+838 đến km22+038

Áp dụng các mô hình được nêu trên *Hình 2.4* và *Hình 2.5* với các công thức (1), (2), (3), (4), ta lần lượt xác định các giá trị áp lực dung dịch nhỏ nhất và lớn nhất tại các lý trình từ km21+858 đến km21+998 với các mặt cắt có khoảng cách 20 m.

Áp lực gương đào cho đoạn tuyến có lý trình từ km21+858 đến km21+998 tại dự án metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội được thể hiện như trên *Hình 3.2. Hình 3.2* cho thấy giá trị áp lực dung dịch nhỏ nhất khi thi công hầm nằm khoảng 200 kPa, trong khi đó giá trị áp lực dung dịch lớn nhất nằm khoảng 500 kPa. Điều này cho thấy khoảng cách áp lực dung dịch lớn nhất và nhỏ nhất là khá lớn, lên đến hơn 300 kPa. Với độ sâu đặt hầm như trên *Hình 3.1* và kết quả tính toán áp lực lớn nhất, khả năng xảy ra hiện tượng đẩy trồi là nhỏ khi thi công tuyến hầm metro số 3.

Tuy nhiên, để lựa chọn áp lực dung dịch phù hợp là điều không dễ dàng. Nếu sử dụng áp lực dung dịch có giá trị gần với giá trị áp lực nhỏ nhất dẫn đến tốc độ thi công chậm và việc cắt và đào đất là khó khăn. Nếu áp lực dung dịch lớn, sát với giá trị lớn nhất thì tốc độ thi công nhanh hơn nhưng dễ dẫn đến khả năng mất ổn định. Theo kinh nghiệm thi công hầm trên thế giới, áp lực kiến nghị sử dụng trong quá trình đào hầm thường được lấy lớn hơn 50 kPa so với áp lực dung dịch nhỏ nhất dự đoán (Vu và nnk, 2015). Điều này đảm bảo cho thi công được dễ dàng hơn và đảm bảo được tốc độ thi công, đặc biệt qua các vùng có địa chất đất phức tạp. Đường nét đứt trên *Hình 3.2* đưa ra áp lực kiến nghị nên sử dụng trong quá trình đào hầm tại dự án.



Hình 3.2: Tính toán dung dịch gương đào tại dự án metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Để giải quyết các vấn đề về tắc nghẽn giao thông đô thị và ô nhiễm môi trường, các tuyến metro đã và đang được triển khai ở Hà Nội. Tuyến metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội có phần ngầm được thi công trong điều kiện đất yếu và dưới khu vực đông dân cư, quá trình thi công hầm phải đối mặt với nhiều vấn đề, trong đó vấn đề mất ổn định có thể gây ra nhiều hậu quả nghiêm trọng như sụt lún lớn, sập đổ các công trình bên trên. Bài báo tổng hợp các cơ chế mất ổn định trong quá trình thi công hầm bao gồm phá hoại chủ động do áp lực dung dịch quá nhỏ và phá hoại bị động do áp lực dung dịch sử dụng quá lớn tại mặt gương đào và khoảng trống phía sau của máy đào hầm. Các tác giả đã phân tích tính toán áp lực dung dịch cần thiết dựa trên các số liệu thiết kế và khảo sát của dự án metro số 3 Nhổn - Ga Hà Nội và đưa ra một số kết luận như sau:

- Vấn đề thiết kế và phân tích ổn định đóng vai trò rất quan trọng trong quá trình thi công, cụ thể là tính toán áp lực dung dịch sử dụng nhằm tránh các vấn đề về đẩy trồi hay sụt lún lớn do áp lực dung dịch không phù hợp.

- Chiều sâu thiết kế của tuyến metro số 3 là khá lớn, do vậy với khoảng áp lực dung dịch sử dụng tại mặt gương đào lớn, dẫn đến khó có khả năng xảy ra đẩy trồi xảy ra trong quá trình thi công dự án.

- Nghiên cứu đã đưa ra được áp lực kiến nghị đối với quá trình thi công hầm.

Tài liệu tham khảo

[1]. Balthaus (1991), *Tunnel face stability in slurry shield tunnelling*, In: Proceeding 12th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro, 13-18 August 1989, V2, pp.775-778, vol.28. Pergamon, p.A391.

[2]. Broere, W. (2001), *Tunnel Face Stability & New CPT Applications*, Delft University of Technology.

[3]. Jancsecz, S., Steiner, W. (5-7, July, 1994), *Face support for a large mix-shield in heterogeneous ground conditions*, In Tunnelling'94, Papers presented at seventh International Symposium 'Tunnelling' 94', held, London.

[4]. Talmon, A. and Bezuijen, A. (2009), *Simulating the consolidation of tbm grout at noordplaspolder*, Tunnelling and Underground Space Technology, 24(5):493-499.

[5]. Vu, M. N., Broere, W., & Bosch, J. (2015), *The impact of shallow cover on stability when tunnelling in soft soils*, Tunnelling and Underground Space Technology, 50, 507-515.

[6]. Vũ Minh Ngạn (2016), *Reducing the cover-to-diameter ratio for shallow tunnels in soft soils*, Delft University of Technology.

Ngày nhận bài: 12/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 11/8/2023
Người phản biện: TS. Nguyễn Tiến Dũng
TS. Vũ Minh Hằng

Nghiên cứu sử dụng lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh trong việc hạn chế nứt phản ánh trong kết cấu mặt đường hỗn hợp trong điều kiện Việt Nam

■ **ThS. TRẦN THỊ THÚY**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: tranthuydsb@gmail.com

TÓM TẮT: Nứt phản ánh là các dạng hư hỏng phổ biến của kết cấu mặt đường hỗn hợp sử dụng lớp móng bê tông xi măng (BTXM) hoặc có các lớp móng được gia cố chất liên kết vô cơ như xi măng/vôi/tro bay. Bài báo nghiên cứu sử dụng lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh trong việc hạn chế nứt phản ánh trong kết cấu mặt đường hỗn hợp, từ đó đưa ra những khuyến nghị cho việc thiết kế cấu tạo kết cấu mặt đường hỗn hợp ở Việt Nam.

TỪ KHÓA: Nứt phản ánh, lưới địa kỹ thuật, mặt đường hỗn hợp.

ABSTRACT: Reflective cracking is one of main distresses for composite pavements used concrete cement base or base/subbase layers which were stabilized with inorganic material like cement/lime/flying-ash. This paper research the fiber glass geosynthetics to minimize reflection cracking in the composite pavement, thereby providing recommendations for the structural design of the compisite pavement in Vietnam.

KEYWORDS: Reflective cracking, fiber glass, composite pavement.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

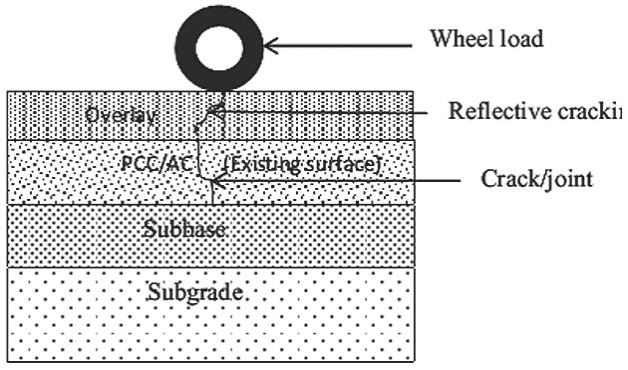
Kết cấu mặt đường hỗn hợp được định nghĩa là kết cấu bao gồm hai hoặc nhiều lớp có đặc tính khác nhau được kết hợp với nhau để làm việc như là vật liệu hỗn hợp (Smith, 1963). Kết cấu mặt đường hỗn hợp gồm hai lớp vật liệu có tính mềm và có tính cứng kết hợp với nhau, trong đó lớp vật liệu có tính mềm nằm phía trên là kết cấu được sử dụng rộng rãi trong xây dựng đường ô tô và sân bay trên thế giới.

a) - Trên lớp móng gia cố xi măng *b) - Trên lớp móng BTXM có khe nối*

Hình 1.1: Nứt phản ánh trên bề mặt đường

Trong kết cấu áo đường, hỗn hợp dưới tác dụng lặp lại của tải trọng và sự thay đổi nhiệt độ xuất hiện ứng suất kéo trong lớp mặt bê tông nhựa. Khi ứng suất kéo lớn hơn cường độ chịu kéo của vật liệu thì sẽ phát sinh các vết nứt ở đáy lớp, nếu chiều dày lớp mặt không đủ, các vết nứt sẽ lan truyền lên bề mặt đường, các vết nứt đó gọi là vết nứt phản ánh. Vết nứt phản ảnh là dạng hư hỏng phổ biến nhất liên quan đến lớp phủ bê tông nhựa trong mặt đường hỗn hợp và thường xuất hiện sớm trong quá trình khai thác. Nứt phản ánh là hiện tượng lớp mặt gia cố bi-tum bị nứt truyền từ mối nối của lớp móng BTXM ở dưới. Hiện tượng này còn có thể xảy ra đối với lớp mặt gia cố bi-tum đặt trên các lớp móng bằng vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ hoặc trên các lớp mặt đường cũ có sẵn các vết nứt như nứt ngang, nứt dọc hay nứt lưới.

Vết nứt phản ánh tạo ra đường thấm nước làm bong bật lớp bê tông nhựa, cho phép nguồn ẩm xâm hại nền mặt đường, làm mất tính toàn khối, tăng độ gồ ghề cho mặt đường. Dưới tác động của các yếu tố như cường độ vận chuyển, điều kiện môi trường, hư hỏng vết nứt sẽ tiếp tục phát triển trong phạm vi rộng hơn, mật độ dày hơn hình thành mạng lưới nứt gây phá hoại nghiêm trọng kết cấu áo đường



Hình 1.2: Sơ đồ nứt phản ánh trong mặt đường

Vết nứt phản ánh có ảnh hưởng đến chất lượng khai thác đường và khi phát triển đến mức độ nhất định sẽ làm phá hỏng kết cấu mặt đường.

Hiện nay, không có kỹ thuật cải tạo mặt đường nào để giải quyết hoàn toàn vấn đề nứt phản ánh. Trên thế giới đã

có những nghiên cứu về nứt phản ánh và đưa ra các giải pháp nhằm giảm thiểu vết nứt phản ánh. Ở Việt Nam, việc nghiên cứu và ứng dụng kết cấu áo đường hỗn hợp còn hạn chế, chưa có nhiều nghiên cứu về nguyên nhân và cơ chế gây vết nứt phản ánh cũng như việc thiết kế cấu tạo, tính toán bố trí các tầng lớp vật liệu trong kết cấu áo đường hỗn hợp để giảm thiểu nứt phản ánh. Bài báo nghiên sử dụng lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh trong việc hạn chế nứt phản ánh trong kết cấu mặt đường hỗn hợp, từ đó đưa ra những khuyến nghị cho việc thiết kế cấu tạo kết cấu mặt đường hỗn hợp ở Việt Nam.

2. KHÁI NIỆM VỀ LƯỚI ĐỊA KỸ THUẬT CỐT SỢI THỦY TINH (FIBER GLASS)

Lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh là một loại vật liệu mới. Có thành phần là các sợi thủy tinh được dệt thành lưới có cường độ cao, độ giãn dài thấp (<4%) và chịu được nhiệt độ cao (> 200^{0}C) nhằm gia cố kết cấu bê tông asphalt và làm chậm quá trình xuất hiện của các vết nứt, tăng tuổi thọ kết cấu áo đường, hạn chế hiện tượng xô nứt mặt đường, hiện tượng lượn sóng mặt đường.

Sử dụng lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh cho các dự án cải tạo, nâng cấp đường và sân bay sẽ kéo dài tuổi thọ của lớp mặt đường bê tông asphalt mới phủ mặt. Lớp lưới Fiber Glass khi được kết hợp với bitumen sẽ hoạt động giống như một lớp lưới hấp thụ ứng suất, hàn kín và gắn chặt giữa lớp mặt đường mới và lớp mặt đường cũ. Loại lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh này được sử dụng chủ yếu cho các dự án nâng cấp cải tạo đường băng ở sân bay, đường cao tốc với lưu lượng giao thông lớn.

Một số chỉ tiêu chủ yếu của lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh:

Bảng 2.1. Các chỉ tiêu cơ bản của lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh (Fiber Glass)

STT	Các chỉ tiêu	Phương pháp thử	Đơn vị	Giá trị trung bình
1	Cường độ chịu kéo lớn nhất chiều cuộn	ASTM D -6637	kN/m	108
2	Độ giãn dài tại cường độ kéo lớn nhất	ASTM D -6637	%	2.5
3	Cường độ chịu kéo lớn nhất chiều khổ	ASTM D -6637	kN/m	103
4	Độ giãn dài tại cường độ kéo lớn nhất	ASTM D -6637	%	2,5

3. CHỨC NĂNG CỦA LƯỚI ĐỊA KỸ THUẬT CỐT SỢI THỦY TINH

3.1. Chức năng gắn kết

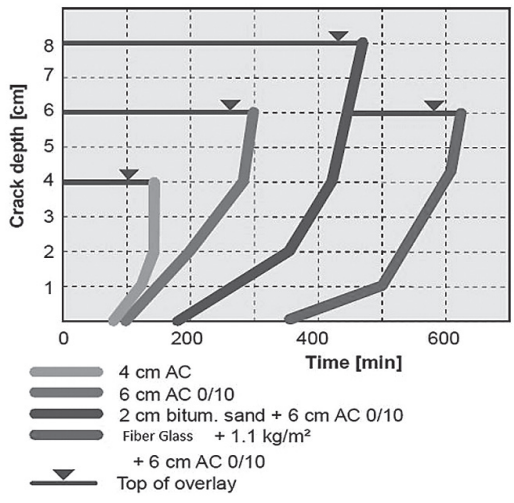
Khả năng kháng cắt tại mặt tiếp giáp giữa hai lớp mặt đường cũ và mới phải đủ cao để ngăn chặn lực xô ngang gây ra bởi lực trượt dọc dưới tác dụng của lực bánh xe, lực trượt này sẽ cực đại khi phanh xe. Việc sử dụng lớp Fiber Glass kết hợp với đầy đủ chất kết dính sẽ đạt được sự gắn kết giữa các lớp cao hơn so với bình thường (không sử dụng Fiber Glass).

Tính dính bám của các lớp mặt đường bê tông asphalt được xác định theo giá trị chống trượt của mẫu thử có đường kính 15 cm, giá trị lực dính không nhỏ hơn 15 kN (theo tiêu chuẩn của Đức DIN 1996 T7).

Hình 3.1: Thí nghiệm kiểm tra độ dính bám giữa hai lớp mặt đường khi sử dụng lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh (Fiber Glass)

3.2. Hạn chế nứt phản ánh

Chức năng quan trọng của lớp lưới Fiber Glass là ngăn ngừa và giảm tốc độ ảnh hưởng của vết nứt ở lớp mặt đường cũ lên lớp mặt đường mới, do đó hạn chế nứt phản ánh cho lớp mặt đường mới. Lớp lưới Fiber Glass kết hợp với bi-tum sẽ tạo thành một lớp màng hấp thụ ứng suất (SAMI) dưới đáy của lớp mặt đường mới. Tác dụng của lớp SAMI này là giảm ứng suất kéo tại lớp mặt đường mới trong vùng lân cận của đỉnh vết nứt mặt đường cũ và do đó hấp thụ ứng suất và ngăn ngừa nứt mặt đường mới. Các kết quả thử nghiệm gần đây được công bố tại Phòng Thí nghiệm đường vùng Alun (Pháp) để đánh giá hiệu quả hấp thụ ứng suất của lưới Fiber Glass, cho thấy rằng lưới Fiber Glass làm chậm quá trình nứt phản xạ lên đáng kể, tuổi thọ tăng 100% so với lớp bê tông nhựa không tăng cường lưới Fiber Glass.



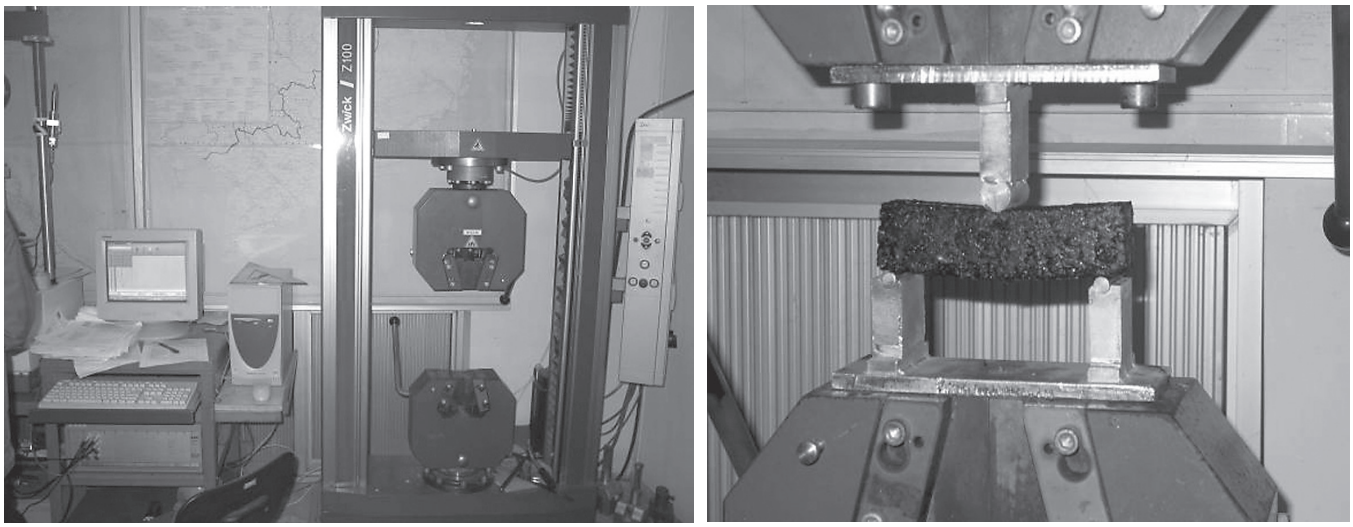
Hình 3.2: Nứt phản ánh trong lớp phủ bê tông nhựa

Theo Luận án Tiến sĩ của Arian de Bondt, Đại học Công nghệ Delft, Hà Lan (1999) đã đề cập đến việc thiết kế lớp phủ asphalt có cốt tăng cường nhằm chống lại các vết nứt phản ánh. Việc bố trí lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh (Fiber Glass) tăng cường tại bề mặt giữa lớp phủ tăng cường và lớp mặt cũ, thậm chí là lớp mặt cũ đã xuất hiện hư hỏng nứt mặt đường. Ứng suất kéo có thể truyền sang đáy của lớp phủ tăng cường. Trong trường hợp lực dính giữa lưới tăng cường và các lớp kết cấu xung quanh đủ lớn có thể kìm hãm các vết nứt lan truyền trong lớp phủ.

Thí nghiệm xác định R_{ku} của mẫu BTNC9.5 tăng cường lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh (Fiber Glass)

Nguồn vật liệu sử dụng:

- Đá dăm các loại: Mỏ đá Việt Úc - Kiện Khê - Phủ Lý - Hà Nam;
- Bột khoáng: Đồng Giao - Ninh Bình;
- Cát vàng: Sông Lô - Việt Trì - Phú Thọ;
- Nhựa đường đặc Petrolimex 60/70;
- Vật liệu cốt: Lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh (Fiber Glass).



Hình 3.3: Một số hình ảnh về công tác thí nghiệm kéo uốn

Kết quả thí nghiệm:

Bảng 3.1. Kết quả thí nghiệm cường độ kéo uốn BTNC9.5 - Không có lưới

STT	Mã số mẫu	Kích thước mẫu(cm)			Lực phá hoại mẫu (daN)	Độ võng (mm)	R_{ku} (daN/cm²)
		Rộng (b,cm)	Dài (l,cm)	Cao (h,cm)			
1	KU.1	4	16	3,98	161,8	1,98	53,63
2	KU.2	4	16	4,04	156,8	1,43	50,44
3	KU.3	4	16	4	151,8	1,47	49,81
Trung bình							**51,29**

Bảng 3.2. Kết quả thí nghiệm cường độ kéo uốn BTNC9.5 - Có lưới (Fiber Glass)

STT	Mã số mẫu	Kích thước mẫu(cm)			Lực phá hoại mẫu (daN)	Độ võng (mm)	R_{ku} (daN/cm²)
		Rộng (b,cm)	Dài (l,cm)	Cao (h,cm)			
1	KU.1.LTT	4	16	4	181,3	1,94	59,49
2	KU.2.LTT	4	16	3,95	179,4	1,87	60,37
3	KU.3.LTT	4	16	3,95	182,7	2,05	61,48
Trung bình							**60,45**

Bảng 3.3. Bảng tổng hợp giá trị R_{KU} của các mẫu BTN được tăng cường và không được tăng cường

Mẫu BTN	Không tăng cường	KU10 Lưới (Fiber Glass)
R_{KU} (daN/cm²)	51.29	60.45
% giá trị tăng so với mẫu không tăng cường	-	17.85

Qua các kết quả thí nghiệm mẫu bê tông nhựa không tăng cường lưới và có tăng cường lưới (Fiber Glass) cho ta thấy giá trị R_{KU} của mẫu bê tông nhựa được tăng cường lưới cao hơn so với giá trị R_{KU} của mẫu không tăng cường là 17,85%.

4. TRÌNH TỰ THI CÔNG LỚP LƯỚI ĐỊA KỸ THUẬT CỐT SỢI THỦY TINH (FIBER GLASS)

Hình 4.1: Làm sạch mặt đường bê tông cũ

Hình 4.2: Phun bi-tum bằng máy phun lượng 1,1 kg/m² dày 50 mm

Hình 4.3: Thi công trải lớp Fiber Glass có thể sử dụng nhân công hoặc máy chuyên dụng. Việc chồng mí theo chiều dọc cuộn là 25 - 50 mm, đoạn cuối cuộn là 75 - 150 mm

Hình 4.4: Thi công lớp bê tông nhựa mới. Chú ý trước khi thảm lớp bê tông nhựa không cho các phương tiện bánh xích, các xe bánh lốp quay đầu hay phanh xe tại phạm vi đã trải Fiber Glass

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu sử dụng lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh (Fiber Glass) làm tăng khả năng chống nứt phản ánh trong kết cấu mặt đường hỗn hợp, đặc biệt là tăng cường độ kéo uốn của lớp bê tông tăng cường lưới (Fiber Glass) lên 17,85% so với mẫu không tăng cường lưới, kéo dài tuổi thọ và giảm chi phí bảo trì kết cấu mặt đường hỗn hợp.

Tài liệu tham khảo

[1]. TCVN8819:2011, *Mặt đường bê tông nhựa nóng - Yêu cầu thi công và nghiệm thu.*

[2]. A.H de Bondt (1999), *Antil-Reflective Cracking Design of (Reinforced) asphalt overlays*, Ph.D thesis, Delft University of technology.

[3]. Ruibo Ren, Hiwen Li, Zheren Wang (2009), *Analysis of Semi-Rigid Asphalt Pavement with Flexible Base as a Sandwich Layer,* Papers from the 2009 GeoHunan International Conference, © ASCE / 2009.

[4]. Gerardo W. Flintsch, et al (2008), *Composite pavement systems: Synthesis of design and construction practices,* Final contract report VTRC 09-CR2, Contract Research Sponsored by the Virginia Transportation Research Council.

[5]. Fehrl Report/01-Ellpag Phase 2 (2009), *A Guide to the use of Long-Life Semi-Rigid Pavements,* ©FEHRL-ISSN 1362-6019.

Ngày nhận bài: 16/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 21/8/2023
Người phản biện: TS. Nguyễn Thị Hồng Điệp
TS. Nguyễn Thị Quỳnh Trang

Nghiên cứu, xây dựng phần mềm mô phỏng phao cứu sinh phục vụ công tác cứu hộ hàng hải

■ **ThS. NGUYỄN THANH VÂN(*); PGS. TS. ĐINH ANH TUẤN; KS. NGUYỄN VĂN HÙNG**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)vannta.ddt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Phao cứu sinh điều khiển từ xa là một thiết bị có thể được vận hành từ xa để hỗ trợ người gặp nạn dưới nước. Nó thường bao gồm thân phao nổi được trang bị động cơ và chân vịt cũng như một bộ phận điều khiển từ xa. Phao cứu sinh điều khiển từ xa đặc biệt hữu ích trong các tình huống nguy hiểm và người cứu hộ có thể khó đến gần người gặp nạn để hỗ trợ. Chúng cũng có thể được sử dụng trong các tình huống mà người cứu hộ không phải là người bơi giỏi, cho phép họ hỗ trợ từ vị trí với một khoảng cách an toàn. Bài báo trình bày các bước mô phỏng phao cứu sinh trên biển trong phần mềm Unity 3D kết hợp với phần cứng để huấn luyện an toàn hàng hải.

TỪ KHÓA: Mô phỏng phao cứu sinh, phao thông minh, phao điện tử.

ABSTRACT: A remote-controlled lifebuoy is a device that can be operated remotely to provide assistance to a person in distress in the water. It typically consists of a buoyant device equipped with a motor and propeller, as well as a remote control unit. Remote-controlled lifebuoys are particularly useful in situations where the water is choppy, and it may be difficult for a rescuer to get close enough to a person in distress to provide assistance. They can also be used in situations where the rescuer is not a strong swimmer, allowing them to assist from a safe distance. This article presents the steps of simulating a lifebuoy at sea in Unity 3D software combined with hardware for maritime safety training.

KEYWORDS: Life-Buoy, U-Buoy, smart-Buoy, Electronic Buoy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phao cứu sinh điều khiển từ xa là một thiết bị được thiết kế để hỗ trợ các hoạt động cứu nạn dưới nước. Đây là một thiết bị nổi được trang bị động cơ và chân vịt có thể được điều khiển từ xa để hỗ trợ người gặp nạn dưới nước.

Thiết bị có thể được vận hành từ xa, cho phép người cứu hộ điều hướng phao cứu sinh về phía người cần cứu. Điều này mang lại khả năng kiểm soát và độ chính xác cao hơn so với các thiết bị cứu hộ truyền thống như dây thừng và phao. Việt Nam mỗi năm có hơn 2.000 ca đuối nước ở trẻ em gây những hậu quả nặng nề về tính mạng và sức khỏe con người nên cần có thiết bị cứu sinh thông minh và hiện đại là hết sức cần thiết. Việc hướng dẫn trong các phần mềm mô phỏng giúp con người tránh gặp những tình huống xấu trong quá trình vận hành sau này. Phao cứu sinh có điều khiển từ xa cho phép các chuyên gia và các nhân viên cứu hộ thực hiện cứu những người đuối nước. Thiết bị hoạt động bằng pin và dùng một điều khiển từ xa để điều khiển nhanh chóng, đáng tin cậy, hoạt động trong mọi điều kiện khắc nghiệt. Có một công trình chế tạo phao cứu sinh thông minh điều khiển từ xa nhưng mới dừng ở mức điều khiển bằng tay và không tích hợp các chức năng khác, do đó chưa đáp ứng được đầy đủ các chức năng của phao cứu sinh thông minh [1].

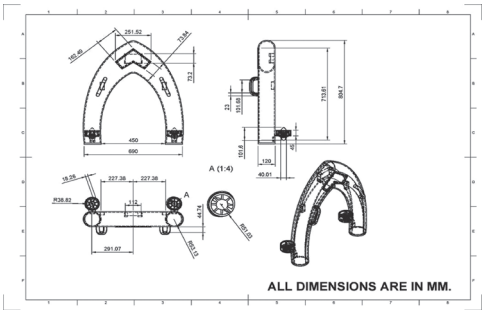
Vì vậy, nhóm tác giá tiến hành xây dựng phần mềm mô phỏng phao cứu sinh vận hành trong các môi trường khác nhau. Đồng thời, hệ thống còn tự tìm đến vị trí người bị nạn khi được phát tín hiệu cứu hoặc xác định từ hải đồ điện tử.

Bài báo được sắp xếp theo thứ tự sau: Mục 2 trình bày cơ sở lý thuyết. Mục 3 trình bày các bước thiết kế xây dựng phần mềm mô phỏng. Mục 4 thực hiện quá tình thử nghiệm đánh giá kết quả và phần cuối cùng là kết luận.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT THIẾT KẾ MÔ HÌNH PHAO CỨU SINH

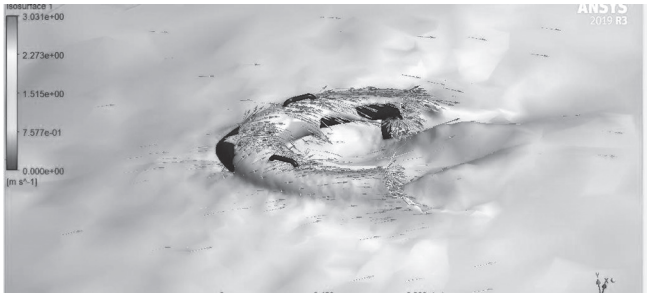
2.1. Xây dựng mô hình phao cứu sinh

Trước khi xây dựng phần mềm mô phỏng phao cứu sinh, nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu, tìm hiểu cấu tạo của phao cứu sinh và dựng mô hình 3D. Mô hình phao được xây dựng trên phần mềm Blender giúp tính toán chính xác kết cấu, vật liệu và hình dạng phao cứu sinh.



Hình 2.1: Bản vẽ mô hình trên CAD

Trên *Hình 2.1* thể hiện chi tiết các cấu tạo của phao tiêu. Bộ phận đẩy, bộ phận đặt bộ điều khiển... Sau khi vẽ được trên CAD sẽ tiến hành mô hình hóa phao tiêu và thử nghiệm trong phần mềm như *Hình 2.2*.



Hình 2.2: Tính toán lực chịu tác động

Cuối cùng là dựng trên phần mềm Blender mô hình 3D của đối tượng.

Hình 2.3: Mô hình 3D của phao cứu sinh

Mô hình này bao gồm các chi tiết như bánh xe có thể chuyển động được. Kết quả trong phần mềm là tập tin dạng FBX. Khi đưa vào phần mềm Unity 3D sẽ cần bộ chuyển đổi [2, 3].

2.2. Một số lực tác động lên phao

- Lực nổi:

Đối tượng phao có thể nổi được trong môi trường đại dương, tác giả tiến hành tính toán lực nổi của phao với một vài tham số phụ thuộc vào các yếu tố. Trong trường hợp này, mật độ và gia tốc trọng trường là các giá trị đặt trước từ người dùng, do đó chỉ cần tìm khối lượng vật để có lực nổi. Tuy nhiên, có phương pháp khác tính lực nổi yêu cầu mật độ và khối lượng của vật thể. Khối lượng của phao được đo bằng cân điện tử.

Công thức tính toán:

$$F_b = \frac{gm\rho f}{\rho_o} \quad (1)$$

Trong đó:

F_b - Lực nổi tác dụng lên vật; ρ_f - Khối lượng riêng của chất lỏng mà vật thể chìm trong; ρ_o - Khối lượng riêng của vật thể; m,g - Khối lượng của vật thể, gia tốc do trọng lực.

- Lực đẩy:

Bên cạnh lực nổi tác giả tính toán thêm lực đẩy để điều khiển các cánh quạt giúp phao dễ dàng di chuyển trong nước. Lực điều khiển do một bộ đẩy có thể biểu diễn bằng:

$$F = Ku \quad (2)$$

Trong đó:

u - Đầu vào điều khiển; K - Hệ số lực đẩy.

Tác giả thiết kế phao với 2 cánh quạt là 2 bộ đẩy, lực đẩy có thể sử dụng là một vector $F = [F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8]^T$. Đầu vào điều khiển là vector $u = [u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8]^T$ và K là ma trận đường chéo:

$$K = diag[K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8] \quad (3)$$

- Các lực và mô-men của nhiễu môi trường.

Khi phao hoạt động trong nước thì yếu tố dòng chảy luôn ảnh hưởng đến chúng với mực độ khác nhau. Để mô phỏng thực tế, tác giả đã thêm vào các phương trình nhiễu đối với phao khi làm việc. Vì trái đất luôn quay nên lực Coriolis sẽ cố gắng làm đổ các dòng chảy chính về phía Đông ở Bắc bán cầu và Tây ở Nam bán cầu. Vì vậy, để mô phỏng các dòng hải lưu và ảnh hưởng của chúng đến chuyển động của tàu, mô hình dưới được tác giả thêm vào mô phỏng:

$$\underbrace{M_{RB}\dot{v} + C_{RB}(v)v + g(\eta)}_{rigid-body} + \underbrace{M_A\dot{v} + C_A(v_r)v_r + D_A(v_r)v_r}_{hydrodynamic} = \tau + g_o + \mathrm{w} \quad (4)$$

Trong đó: $v_r = v - v_c$, vector vận tốc dòng chảy được coi như biến thiên chậm. Khi đó, phương trình chuyển động là:

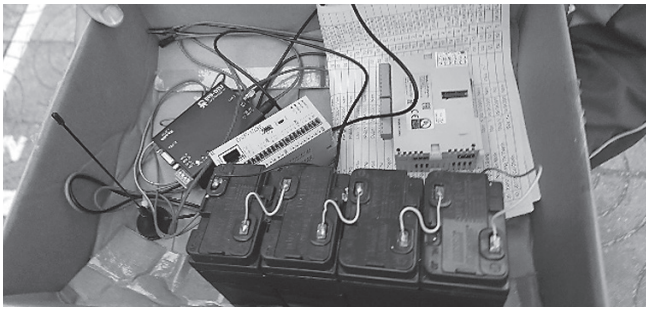
$$M\dot{v} + C_{RB(v)v} + C_A(v_r)v_r + D_A(v_r)v_r + g(\eta) = \tau + g_o + \mathrm{w} \quad (5)$$

3. XÂY DỰNG SƠ ĐỒ CẤU TRÚC BỘ ĐIỀU KHIỂN PHAO

3.1. Thiết kế phần cứng điều khiển phao cứu sinh

Để điều khiển đối tượng phao trong mô phỏng tác giả đã sử dụng bộ điều khiển khả trình PLC để giao tiếp với phần mềm Unity 3D thông qua kết nối truyền thông modbus TCP. Các tín hiệu điều khiển góc quay của các cánh quạt, tốc độ quay của cánh quạt và cuối cùng là điều khiển 2 cánh tay robot được đưa vào trong PLC và gửi đến phần mềm mô phỏng [4].

Hình 3.1: Tay điều khiển từ xa



Hình 3.2: Phần cứng bộ điều khiển

Từ *Hình 3.1*, các nút ấn để điều chỉnh cánh quạt, tiến, lùi, bật tắt đèn và một số chức năng khác. Từ cần điều khiển người vận hành thao tác dễ dàng để điều khiển thiết bị trên bề mặt đại dương.

3.2. Cấu hình phao trong phần mềm Unity 3D

Để xây dựng được đối tượng phao, tác giả tham khảo và lựa chọn một số phao của hãng International Armour. Các thông số chi tiết được cài đặt trong phần mềm Unity 3D được thể hiện trong *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Thông số phao cứu sinh

STT	Đặc điểm	Thông số
1	Chất liệu	Nhựa PE
2	Kích thước	(119x85x20)cm
3	Trọng lượng	13,75 kg
4	Loại động co	Động cơ điện đẩy
5	Thời gian	30 min
6	Độ nổi	32 kg
7	Khả năng nổi	150 kg
	Tốc độ	7 knts
3	Phạm vi	1.000 m

4. THỬ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

4.1. Mô phỏng động học phao

Để mô phỏng đối tượng phao, từ các phương trình động học của phao, lực nổi và nhiễu dòng hải lưu tác động trong mục 2 được tác giả chuyển đổi dựa trên ngôn ngữ lập trình C# để đưa vào không gian 3D.

Trước tiên, muốn tạo ra được sóng biển, tác giả đã tạo ra các mặt phẳng (plane), sau đó cài đặt thông số và kết hợp phương trình sau đó tạo thành các mô-đun để vào đối tượng.

- OceanRenderer.cs: Được dùng tạo ra bề mặt sóng, một số sóng điển hình;
- OceanShapeFFT.cs: Dùng để điều chỉnh mức độ, hướng sóng;
- OceanDebugGUI.cs: Tạo ra cửa sổ quan sát mức độ sóng;
- OceanDepthRenderer.cs: Dùng để điều chỉnh hướng, mức độ dòng hải lưu.

Yếu tố thời tiết là quan trọng để mô phỏng phao cứu sinh giống thực tế nhất.

Trước khi xây dựng phần mềm mô phỏng phao cứu sinh, nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu, tìm hiểu cấu tạo của phao cứu sinh và dựng 3D mô hình.

Hình 4.1: Tạo hiệu ứng thời tiết

Cuối cùng, người vận hành muốn quan sát môi trường xung quanh cần phải có các camera. Ở đây, tác giả sử dụng 3 camera để quan sát xung quanh và có thể tùy chỉnh góc quay. Các đối tượng cam sẽ đính kèm các mô-đun sau:

- Envirskyrendering.cs: Dùng để tạo môi trường nước trong mô phỏng;
- CameraFFT.cs: Cho phép camera làm việc dưới nước;
- CameraLight.cs: Quan sát ban đêm;
- CameraRotation.cs: Cho phép quay camera sang trái hoặc phải.

4.2. Thử nghiệm truyền tín hiệu từ xa

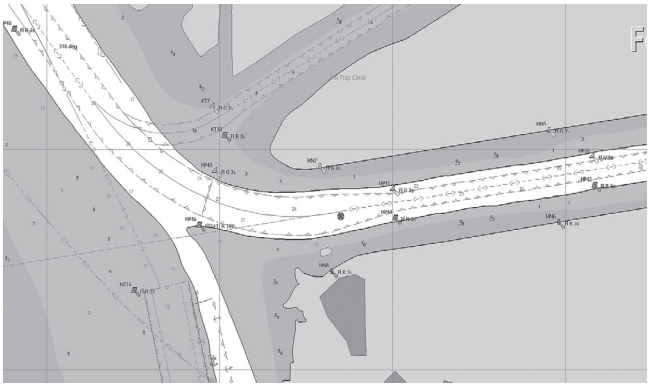
Tác giả sẽ tập trung mô phỏng giữa phần cứng là bộ điều khiển PLC và phần mềm mô phỏng thông qua bộ truyền tín hiệu từ xa, từ đó thu được các thông số phục vụ tính toán.

Hình 4.2: Thử nghiệm khu vực kênh Hà Nam

4.3. Thử nghiệm truyền tốc độ

- Thử nghiệm trong điều kiện bình thường:

Tiếp theo, nhóm tác giả thử nghiệm tìm vị trí tọa độ người rơi xuống biển là Lattitude: 20° 48.8496' N và Longitude: 106^0 50.8491' E như *Hình 4.3*.



Hình 4.3: Tọa độ thử trên hải đồ

Khi đó, trên phần mềm, tác giả nhập tọa độ thực vào thiết bị điều khiển, phao tiêu trong phần mềm mô phỏng sẽ khởi động và tìm đến chính xác vị trí mục tiêu. Kết quả các lần thử nghiệm được thể hiện trên *Bảng 4.1*.

Kết quả trên *Bảng 4.1* là thử nghiệm trong điều kiện thời tiết bình thường, như vậy phao tiêu trong mô phỏng đáp ứng được yêu cầu đặt ra.

Bảng 4.1. Tọa độ đối tượng tiếp cận

STT	Thông số	Thực tế	Mô phỏng
1	Vị trí	20^0 48.8496' 106^0 50.8491'	20^0 48.8496' 106^0 50.8491'
2	Tốc độ	2,5Kts	2,5Kts
3	Hướng	65^0	65^0

- Thử nghiệm yếu tố nhiễu môi trường:

Trong bài báo này, tác giả tạo ra các cấp độ nhiễu trong môi trường nước với một vài tham số như tốc độ dòng chảy, hướng dòng chảy từ đó xét yếu tố tác động đến phao.

Hình 4.4: Yếu tố thời tiết tác động

Sau khi cài đặt thời tiết, tác giả tiến hành đặt các mức độ ảnh hưởng của dòng hải lưu trong môi trường để thu về dữ liệu như trong *Bảng 4.2*.

Bảng 4.2. Tọa độ phao tiêu nhận

STT	Điểm	Tốc độ gửi	Tốc độ nhận
1	*HP1*	2,1knots	2,2knots
2	*HP2*	1,2knots	1,0knots
3	*HP3*	4,1knots	4,2knots

Từ kết quả trên, nhóm tác giả nhận thấy khả năng làm việc của hệ thống vẫn có sai sót khi truyền dữ liệu về phần mềm. *Bảng 4.3* thể hiện tốc độ và hướng di chuyển của phao tiêu trong điều kiện tiếp cận mục tiêu.

Bảng 4.3. Tọa độ phao tiêu nhận

STT	Mức độ hải lưu	Tham số		
1	Mức 1	Hướng Tốc độ	$60^050'.54$ 2,0Kts	$60^050'.545$ 1,95Kts
2	Mức 2	Hướng Tốc độ	$80^050'.54$ 2,0Kts	$80^050'.545$ 1,84Kts
3	Mức 3	Hướng Tốc độ	$100^050'.54$ 2,0Kts	$100^050'.545$ 1,52Kts

5. KẾT LUẬN

Phao cứu sinh là một thiết bị rất quan trọng trong các hoạt động cứu hộ trên nước. Nó được thiết kế để giúp người đang gặp nạn trên mặt nước giữ được tư thế nổi và tránh bị. Đồng thời, xây dựng được phần mềm mô phỏng các hoạt động sự cố của phao cứu sinh thực tế giúp người vận hành hoạt động dễ dàng hơn. Bên cạnh đó, giúp cho người cứu hộ có thể tiếp cận nhanh chóng và tiến hành cứu hộ một cách an toàn và hiệu quả. Hệ thống đáp ứng được 90% so với thực tế.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT22-23.65.

Tài liệu tham khảo

[1]. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395 -0056, *An Autonomous Maneuver Sailing Ro-boat for Oceanographic Research*, Pratibha Wakode, S.B. Rothe.

[2]. Current Journal of Applied Science and Technology 33(5): 1-29, 2019; Article no. CJAST.47791 ISSN: 2457-1024, *Battery Powered RC Boats: A Review of Its Developments for Various Applications,* C. Z. Eugene, J. J. Lim, Umar Nirmal and Saijod T. W. Lau.

[3]. Jeong, W. M., Chang, Y. S., Oh, S.-H., and Baek, W. D. (2020), *A study on calibration of underestimated wave heights measured by Wave and Tide Gauge (WTG)*, J. Korean Soc. Coast. Ocean Eng. 32, 296-306, doi: 10.9765/kscoe.2020.32.5.296.

[4]. Y. Zi, Z.L. Wang, M.-H. Yeh, Z. Wen, H. Guo, C.Hu (2016), *Harvesting Low-Frequency (<5 Hz) Irregular Mechanical Energy: A Possible Killer Application of Triboelectric Nanogenerator*, ACS Nano. 10, 4797-4805.doi:10.1021/acsnano.6b01569.

Ngày nhận bài: 11/3/2023
Ngày chấp nhận đăng: 28/4/2023
Người phản biện: TS. Nguyễn Hữu Quyền
ThS. Phan Đăng Đào

Điều khiển thanh chống lật ngang chủ động sử dụng cơ cấu chấp hành thủy lực trợ lực điện tử

■ **ThS. HÀ TRUNG BÌNH**
Trường Đại học Phòng cháy chữa cháy
Email: habinhckoto@gmail.com

TÓM TẮT: Để cải thiện độ ổn định ngang, hầu hết các loại xe hạng nặng hiện đại đều được trang bị thanh chống lật bị động để giảm độ nghiêng khi vào cua hoặc đi trên đường không bằng phẳng. Bài báo giới thiệu phương pháp điều khiển các thanh chống lật chủ động dựa trên thuật toán điều khiển tối ưu bậc hai tuyến tính (LQR). Bốn bộ cơ cấu chấp hành thủy lực trợ lực điện tử được mô hình hóa và áp dụng trên mô hình của xe hai trục. Tín hiệu điều khiển là dòng điện đi vào van trợ lực điện tử và đầu ra của hệ thống là lực chống lật do xi-lanh thủy lực tạo ra. Kết quả mô phỏng được so sánh trong ba tình huống khác nhau: không có thanh chống lật, với các thanh chống lật bị động và với các thanh chống lật chủ động. Kết quả chỉ ra rằng, việc sử dụng hai thanh chống lật chủ động (phía trước và phía sau) giúp cải thiện đáng kể khả năng chống lật của xe hạng nặng.

TỪ KHÓA: Điều khiển thanh chống lật tích cực, van trợ lực điện tử, lật xe, chống lật, điều khiển LQR.

ABSTRACT: In order to improve roll stability, most of modern heavy vehicles are equipped with passive anti-roll bars to reduce roll motion during cornering or riding on uneven roads. This paper introduces the active anti-roll bars designed by finding an optimal control based on a linear quadratic regulator (LQR). Four electronic servo-valve hydraulic dampers are modelled and applied on a yaw-roll model of a single unit heavy vehicle. The control signal is the current entering the electronic servo-valve and the output of this actuator is the damping force generated by the hydraulic damper. Simulation results are obtained and compared in three different situations: without anti-roll bars, with passive anti-roll bars and with active anti-roll bars. It is shown that the use of two active (front and rear) anti-roll bars drastically improves the behaviour of the single unit heavy vehicle.

KEYWORDS: Active anti-roll bar control, electronic servo-valve hydraulic damper, rollover, roll stability, LQR control.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

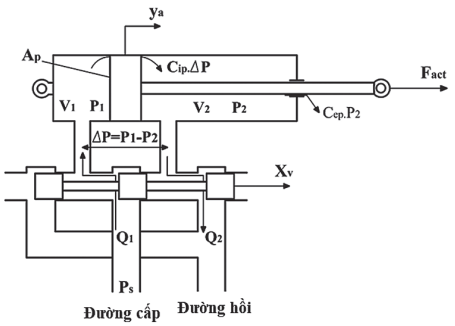
Xe hạng nặng bị lật là một vấn đề nghiêm trọng với an toàn đường bộ trên toàn thế giới. Nguyên nhân chính của các vụ TNGT liên quan đến xe hạng nặng là do mất ổn định khi chuyển động. Ba yếu tố chính góp phần gây ra tai nạn lật xe là gió giật bên hông, đánh lái đột ngột và thao tác phanh của người lái xe. Hiện nay, hầu hết các loại xe hạng nặng đều được trang bị thanh chống lật thụ động ở tất cả các trục nhằm cải thiện độ ổn định khi quay vòng. Tuy nhiên, thanh chống lật thụ động cũng có nhược điểm. Trong quá trình di chuyển vào cua, thanh chống lật sẽ truyền lực thẳng đứng của một bên hệ thống treo sang bên kia, do đó tạo ra mô-men chống lại lực bên [7].

Để khắc phục những nhược điểm của thanh chống lật thụ động, tác giả đề xuất sử dụng thanh chống lật chủ động với một cặp bộ truyền thuỷ động [5, 1, 6]. Phản ứng tải trọng theo phương ngang được giảm bớt nhờ các thanh chống lật chủ động, tạo ra mô-men ổn định do mô-men điều khiển tạo ra để đối trọng với mô-men lật khi xe vào cua [7].

Trong bài báo này, tác giả giới thiệu một mô hình tích hợp bao gồm bốn mô hình van trợ lực điện tử trong mô hình nghiêng ngang của xe hạng nặng, được xây dựng để kiểm soát sự dịch chuyển của van trợ lực giúp phân phối dầu áp suất cao vào hai ngăn của xi-lanh thủy lực. Dòng điện đầu vào của van trợ lực điện tử được điều khiển để tạo ra lực chống lật trong các tình huống chuyển động khác nhau. Tiếp theo, thiết lập một bộ điều khiển LQR tối ưu, trong đó tiêu chí tối ưu được lấy từ các thông số kỹ thuật về động lực học của xe.

2. MÔ HÌNH TÍCH HỢP CỦA XE HẠNG NẶNG

2.1. Mô hình van tiết lưu thủy lực trợ lực điện tử



Hình 2.1: Sơ đồ van điều tiết thủy lực trợ lực điện tử

Van trợ lực điện tử được điều khiển bởi dòng điện tạo ra độ dịch chuyển X_v. Dầu áp suất cao P_s luôn được lưu trữ bên ngoài van trợ lực điện tử và chuyển động của van sẽ phân phối dầu áp suất cao vào hai khoang của xi-lanh thủy

lực. Sự chênh lệch áp suất $\Delta P = P_1 - P_2$ trong hai buồng tạo ra lực đầu ra F_{act} được xác định bởi:

$$F_{act} = A_p \Delta P \quad (1)$$

Trong đó: A_p - Diện tích của pít-tông.

Phương trình động lực học của van tiết lưu thủy lực được viết như sau:

$$\frac{V_t}{4\beta_e}\frac{d\Delta P}{dt} + \left(K_p + C_{tp}\right)\Delta P - K_x X_v + A_p \frac{dy_a}{dt} = 0 \quad (2)$$

Trong đó: C_{ip} - Tổng hệ số rò rỉ của van tiết lưu.

Sự dịch chuyển của van ống X_v được điều khiển bởi dòng điện u. Bỏ qua ảnh hưởng của độ trễ và lực dòng chảy lên van trợ lực, khi đó hoạt động của van trợ lực điện tử có thể được ước tính bằng mô hình bậc nhất [4], như sau:

$$\frac{dX_v}{dt} + \frac{1}{\tau}X_v - \frac{K_v}{\tau}u = 0 \quad (3)$$

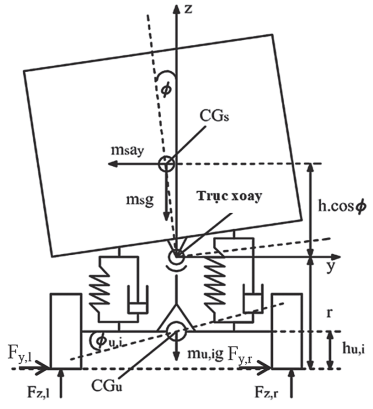
Trong đó: τ - Hằng số thời gian và K_v - Hệ số khuếch đại của van trợ lực. Các phương trình (1), (2), (3) là các phương trình động lực học của van tiết lưu thủy lực trợ lực điện tử, trong đó tín hiệu đầu vào là dòng điện u và đầu ra là lực chống lật F_{act}. Các thông số của van tiết lưu thủy lực van trợ lực điện tử được thể hiện trong *Bảng 2.1*.

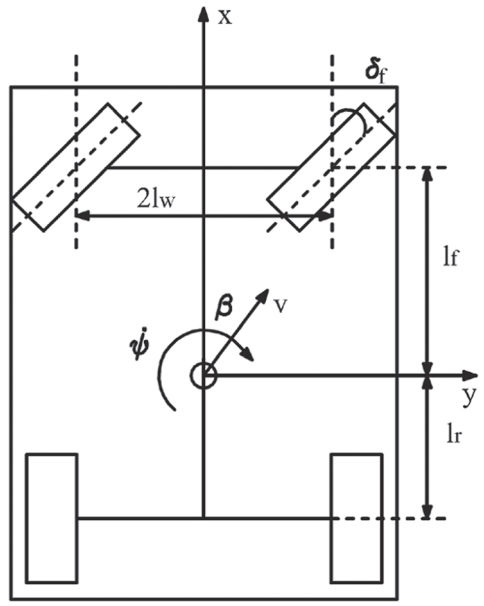
Bảng 2.1. Các thông số của van điều tiết thủy lực van trợ lực điện tử [3, 4])

Ký hiệu	Nội dung	Giá trị	Đơn vị
A_p	Diện tích pít-tông	0,0123	m^2
K_x	Hệ số khuếch đại lưu lượng van	2,5	m^2/s
Kp	Tổng hệ số áp lực dòng chảy	$4{,}2x10^{-11}$	$m^5/(N.s)$
C_{tp}	Tổng hệ số tổn thất	0	-
V_t	Tổng khối lượng dầu lưu lại	0,0014	m^3
β_e	Mô-đun số lượng lớn hiệu quả của dầu	6,89x106	N/m^2
τ	Hằng số thời gian của van trợ lực	0,01	s
K_v	Hệ số khuếch đại van trợ lực	0,955	m/A/s

2.2. Mô hình đơn nghiêng ngang của xe hạng nặng

Hình 2.2 minh họa động lực lắc ngang của xe được mô hình hóa bởi hệ thống bao gồm ba phần, trong đó m_s là khối lượng được treo, m_{uf} là khối lượng không được treo ở phía trước bao gồm bánh trước và trục; m_{ur} là khối lượng không được treo ở phía sau với bánh sau và trục. Các tham số của mô hình nghiêng ngang được tham khảo trong tài liệu [2].





Hình 2.2: Mô hình đơn nghiêng ngang của xe hạng nặng

Trong mô hình hóa của xe, các phương trình vi phân chuyển động của động lực học lắc ngang của xe được thể hiện trong các phương trình (4).

Các phương trình vi phân chuyển động của mô hình nghiêng ngang của xe hạng nặng được thiết lập như sau:

$$\begin{cases} mv(\dot\beta+\dot\psi) - m_s h\ddot\phi = F_{yf} + F_{yr} \\ -I_{xz}\ddot\phi + I_{zz}\ddot\psi = F_{yf}l_f - F_{yr}l_r \\ (I_{xx}+m_s h^2)\ddot\phi - I_{xz}\ddot\psi = m_s gh\phi + m_s vh(\dot\beta+\dot\psi) - k_f(\phi-\phi_{uf}) - b_f(\dot\phi-\dot\phi_{uf}) \\ + M_{ARf} + T_f - k_r(\phi-\phi_{ur}) - b_r(\dot\phi-\dot\phi_{ur}) + M_{ARr} + T_r \\ -rF_{yf} = m_{uf}v(r-h_{uf})(\dot\beta+\dot\psi) + m_{uf}gh_{uf}\phi_{uf} - k_{tf}\phi_{uf} + k_f(\phi-\phi_{uf}) + b_f(\dot\phi-\dot\phi_{uf}) \\ + M_{ARf} + T_f \\ -rF_{yr} = m_{ur}v(r-h_{ur})(\dot\beta+\dot\psi) + m_{ur}gh_{ur}\phi_{ur} - k_{tr}\phi_{ur} + k_r(\phi-\phi_{ur}) + b_r(\dot\phi-\dot\phi_{ur}) \\ + M_{ARr} + T_r \end{cases} \quad (4)$$

Các lực ngang của lốp $F_{y;i}$ tại các điểm tiếp xúc với mặt đường của bánh xe được xem xét gần đúng tỷ lệ với góc lệch bên của lốp α:

$$\begin{cases} F_{yf} = \mu C_f \alpha_f \\ F_{yr} = \mu C_r \alpha_r \end{cases}$$

Các phương trình cổ điển cho các góc lệch bên lốp xe là:

$$\begin{cases} \alpha_f = -\beta + \delta_f - \dfrac{l_f\dot\psi}{v} \\ \alpha_r = -\beta + \dfrac{l_r\dot\psi}{v} \end{cases}$$

Trong mô hình bốn bộ xi-lanh thủy lực tác động hai chiều với van trợ lực điện tử được sử dụng. Ở mỗi trục, lực tác dụng của hai bộ xi-lanh có cùng độ lớn và ngược hướng. Do đó, mô-men xoắn do hệ thống thanh chống lật chủ động ở cầu trước sinh ra được xác định bởi:

$$T_f = 2l_{act}F_{actf} = 2l_{act}A_p\Delta_{Pf} \quad (5)$$

Đối với mô-men do hệ thống thanh chống lật chủ động ở cầu sau tạo ra, ta có:

$$T_r = 2l_{act}F_{actr} = 2l_{act}A_p\Delta_{Pr} \quad (6)$$

Trong đó: l_{act} - Một nửa khoảng cách của hai bộ truyền động. Các phương trình của các bộ xi-lanh thủy lực với van trợ lực điện tử này được thể hiện trong phương trình (7):

$$\begin{cases} \frac{V_t}{4\beta_e}\dot{\Delta}_{Pf} + (K_P + C_{tp})\Delta_{Pf} - K_x X_{vf} + A_p l_{act}\dot{\phi} - A_p l_{act}\dot{\phi}_{uf} = 0 \\ \dot{X}_{vf} + \frac{1}{\tau}X_{vf} - \frac{K_v}{\tau}u_f = 0 \\ \frac{V_t}{4\beta_e}\dot{\Delta}_{Pr} + (K_P + C_{tp})\Delta_{Pr} - K_x X_{vr} + A_p l_{act}\dot{\phi} - A_p l_{act}\dot{\phi}_{ur} = 0 \\ \dot{X}_{vr} + \frac{1}{\tau}X_{vr} - \frac{K_v}{\tau}u_r = 0 \end{cases}$$

Các phương trình vi phân chuyển động (4) có thể được viết lại trong biểu diễn không gian trạng thái LTI như sau:

$$\begin{cases} \dot{x} = A.x + B_1.w + B_2.u \\ z = C.x + D_1.w + D_2.u \end{cases} \quad (8)$$

Với vector trạng thái:

$x = \left[\beta \dot{\psi} \phi \dot{\phi} \phi_{tf} \phi_{tr} \Delta_P X_{vf} \Delta_{Pr} X_{vr}\right]^T$

Kích thích lên hệ thống: $w = [\delta_f]^T$

Đầu vào điều khiển: $u = [u_f u_r]^T$

Vectơ đầu ra: $z = \left[\beta \dot{\psi} \phi \dot{\phi} \phi_{tf} \phi_{tr} \Delta_{Pf} X_{vf} \Delta_{Pr} X_{vr}\right]^T$

3. ĐIỀU KHIỂN THANH CHỐNG LẬT CHỦ ĐỘNG

Mục tiêu của hệ thống điều khiển thanh chống lật chủ động là tối đa hóa khả năng ổn định khi quay của xe. Có thể phát hiện hiện tượng lật xe sắp xảy ra nếu hệ số truyền tải trọng ngang được tính toán đạt đến 1 (hoặc -1). Việc truyền tải trọng ngang có thể được đưa ra bởi:

$$\Delta F_z = \frac{k_t \phi_u}{l_w} \quad (9)$$

Trong đó: k_t - Độ cứng của lốp; ϕ_u - Góc lắc ngang của khối lượng không được treo và l_w - Một nửa chiều rộng của xe. Quá trình truyền tải trọng ngang có thể được chuẩn hóa theo cách sao cho việc truyền tải trọng được chia cho tổng tải trọng trục F_z [1].

$$R = \frac{\Delta F_z}{F_z} \quad (10)$$

Giá trị truyền tải chuẩn hóa R tương ứng với truyền tải lớn nhất có thể. Nếu R nhận giá trị ±1 thì một bánh xe trên trục khi vào khúc cua sẽ tách khỏi mặt đường.

Độ ổn định quay xe đạt được bằng cách hạn chế chuyển tải ngang trong các mức cho phép bánh xe tách khỏi mặt đường. Ngoài việc giảm thiểu việc truyền tải, cần hạn chế các góc lắc ngang tương đối giữa khối lượng được treo và không được treo (ϕ - ϕ_u) nằm trong giới hạn hành trình của hệ thống treo (7 - 8 độ) [1].

Hàm mục tiêu được quan tâm nhất khi thiết kế thanh chống lật chủ động là chuyển tải ngang R mà bộ điều khiển cần giảm thiểu.

Mô hình tuyến tính bất biến theo thời gian (LTI) được mô tả bằng phương trình (8). Đối với thiết kế bộ điều khiển, giả định rằng tất cả các trạng thái đều có sẵn từ các phép đo hoặc có thể được ước lượng. Khi đó, luật điều khiển phản hồi:

$$u = -Kx \quad (11)$$

Trong đó: K - Ma trận khuếch đại phản hồi trạng thái. Quy trình tối ưu hóa bao gồm việc xác định đầu vào điều khiển u, giúp giảm thiểu giá trị hàm mục tiêu J.

$$J = \int_0^\infty (x^T Q x + u^T R u) d t \quad (12)$$

Trong đó: Q và R - Các ma trận trọng số xác định dương. Để có được giải pháp cho bộ điều khiển tối ưu (11), hệ thống LTI phải ổn định, điều này đúng với mô hình (8).

Lý thuyết điều khiển tối ưu tuyến tính cung cấp phương pháp xác định ma trận K tối thiểu hóa hàm mục tiêu (12). Ma trận phản hồi K được tính:

$$K = R^{-1}B^T P \quad (13)$$

Trong đó, ma trận P là nghiệm của Phương trình Riccati Đại số (ARE):

$$AP + A^T P - PBR^{-1}B^T P + Q \quad (14)$$

Hệ thống vòng kín tối ưu thu được với các phương trình (8), (11) và (13) như sau:

$$\dot{x} = (A - B_2 K)x + B_1 w \quad (15)$$

Mục tiêu là tối đa hóa độ ổn lắc ngang nên Q trong (12) được chọn để tập trung vào các biến trạng thái ϕ, $\dot{\phi}$, ϕ_{uf}, ϕ_{ur} liên quan đến chuyển động này. Ngoài ra, R được chọn để xử lý các giới hạn của đầu vào điều khiển. Hàm mục tiêu J được chọn như sau:

$$J = \int_0^\infty (\rho_1\beta^2 + \rho_2\dot{\psi}^2 + \rho_3\phi^2 + \rho_4\dot{\phi}^2 + \rho_5\phi_{uf}^2 + \rho_6\phi_{ur}^2 + \rho_7\Delta_{Pf}^2 + \rho_8 X_{vf}^2 + \rho_9\Delta_{Pr}^2 + \rho_{10}X_{vr}^2 + R_1 u_f^2 + R_2 u_r^2)dt$$

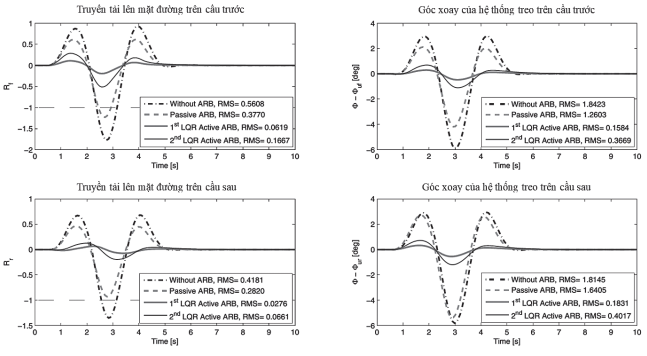
Để đánh giá chất lượng của hệ thống điều khiển thanh chống lật chủ động, hai bộ điều khiển đã được thiết kế và so sánh với không có và có thanh chống lật thụ động:

- Bộ điều khiển thứ nhất: Độ ổn định lắc ngang là mục tiêu quan trọng nhất. Các trọng số của hàm mục tiêu được chọn là:

$\rho_1 = 0$ $\rho_2 = 0$ $\rho_3 = 100$ $\rho_4 = 100$ $\rho_5 = 100$ $\rho_6 = 100$
$\rho_7 = 0$ $\rho_8 = 0$ $\rho_9 = 0$ $\rho_{10} = 0$ $R_1 = 10^{-2}$ $R_2 = 10^{-2}$

- Bộ điều khiển thứ hai: Các giới hạn đầu vào của bộ điều khiển được tính đến nhiều hơn, trong khi vẫn duy trì mục tiêu ổn định lắc ngang. Các hệ số sau được chọn là:

$\rho_1 = 0$ $\rho_2 = 0$ $\rho_3 = 5$ $\rho_4 = 5$ $\rho_5 = 5$ $\rho_6 = 5$
$\rho_7 = 0$ $\rho_8 = 0$ $\rho_9 = 0$ $\rho_{10} = 0$ $R_1 = 10^{-1}$ $R_2 = 10^{-1}$



Hình 3.1: Truyền tải trọng ngang và góc xoay trên miền thời gian của hệ thống treo trên các trục của một xe hạng nặng

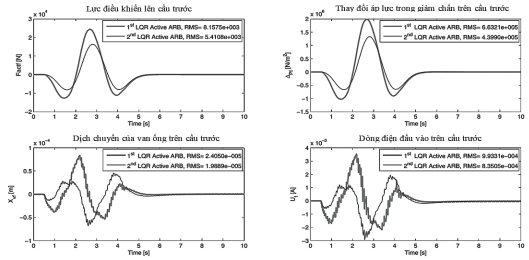
4. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ

Để mô phỏng một số kết quả cho thanh chống lật chủ động được thiết kế trong phần trước bằng cách tìm ra cách điều khiển tối ưu dựa trên bộ điều khiển bậc hai tuyến tính (LQR). Hai cặp bộ xi-lanh thủy lực của van trợ lực điện tử

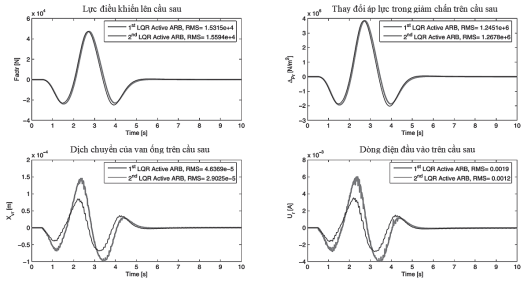
được sử dụng với dòng điện của van trợ lực điện tử làm tín hiệu đầu vào. Sự thay đổi là góc lái δ được xác định từ [1]. Điều khiển phương tiện là chuyển làn kép thường được sử dụng để tránh chướng ngại vật trong trường hợp khẩn cấp, có độ lệch di chuyển 2 m trên 100 m. Kích thước của độ lệch di chuyển được chọn để kiểm tra khả năng tránh chướng ngại vật thật sự trong trường hợp khẩn cấp. Vận tốc tịnh tiến là 70 km/h. Các giá trị tham số trong *Bảng 2.1*.

Hiệu quả của các bộ điều khiển được đánh giá bằng cách sử dụng bình phương trung bình gốc (RMS) của các tín hiệu được xác định là:

$$RMS(y) = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T y^2(t)dt} \qquad (16)$$



Hình 4.1: Các đặc tính của bộ giảm chấn thủy lực van trợ lực điện tử trên cầu trước



Hình 4.2: Các đặc tính của bộ giảm chấn thủy lực trợ lực điện tử trên cầu sau

Hình 3.1 lần lượt thể hiện sự truyền tải trọng theo phương ngang và góc nghiêng của hệ thống treo ở cầu trước và cầu sau.

Chúng ta thấy rằng giá trị của truyền tải chuẩn hóa R ở 2,8 giây vượt quá -1 khi không có thanh chống lật làm các bánh xe bên trong tách khỏi mặt đường. Với thanh chống lật thụ động, tải trọng ngang truyền trên trục trước vượt quá -1, nhưng trên trục sau, giá trị này nằm trong giới hạn. Đối với thanh chống lật chủ động LQR đạt được độ ổn định khi quay vòng do các giới hạn của việc truyền tải trọng ngang luôn nằm trong phạm vi ±1. Giá trị tuyệt đối lớn nhất góc nghiêng của hệ thống treo luôn nhỏ hơn (7 - 8 độ) và luôn nằm trong giới hạn hành trình của hệ thống treo. Từ những số liệu này, chúng ta có thể khẳng định rằng hai bộ điều khiển thanh chống lật chủ động giúp tăng cường đáng kể độ ổn định khi quay vòng của xe hạng nặng so với cả hai trường hợp không có thanh chống lật và có thanh chống lật bị động. Với việc lựa chọn các tham số trong hàm mục tiêu J, bộ điều khiển tích cực đầu tiên hoạt động tốt hơn bộ điều khiển thứ hai, xét về độ ổn định quay vòng.

Các đặc tính của bộ xi-lanh thủy lực van trợ lực điện tử ở cầu trước và sau, được thể hiện trên *Hình 4.1 và 4.2*, bao gồm: lực chống lắc F_{act}, chênh lệch áp suất trong bộ giảm chấn ΔP, độ dịch chuyển của van ống X_v và dòng điện đầu vào u. Từ các hình này, ta thấy bộ điều khiển thứ hai đã tập trung vào việc giảm các tín hiệu điều khiển đầu vào so với bộ điều khiển đầu tiên; sự khác biệt được phản ánh trong các đặc điểm của cả hai cầu.

5. KẾT LUẬN

Việc sử dụng van tiết lưu thủy lực trợ lực điện tử, trong đó tín hiệu điều khiển đầu vào là dòng điện, hoàn toàn có thể áp dụng cho hệ thống điều khiển thanh chống lật chủ động trên xe hạng nặng. Điều khiển thanh chống lật chủ động dựa trên điều khiển LQR và xem xét việc truyền tải trọng ngang. Kết quả thu được đã cho thấy hiệu quả của việc điều khiển thanh chống lật chủ động LQR trong việc cải thiện độ ổn định khi chuyển động tránh hiện tượng lật của xe hạng nặng so với loại có thanh chống lật bị động và không có thanh chống lật. Trên cơ sở đó, các phương pháp điều khiển tích cực nâng cao sẽ được sử dụng và áp dụng để điều khiển thanh chống lật chủ động sử dụng mô hình tích hợp của xe hạng nặng đơn chiếc.

Tài liệu tham khảo

[1]. Gaspar, P., Bokor, J., and Szaszi, I. (2004), *The design of a combined control structure to prevent the rollver of heavy vehicles*, European Journal of Control, 10(2), 148-162.

[2]. Gaspar, P., Bokor, J., and Szaszi, I. (2005a), *Reconfigurable control structure to prevent the rollover of heavy vehicles*, Control Engineering Practice, 13(6), 699-711.

[3]. Miege, A. and Cebon, D. (2002), *Design and implementation of an active roll control system for heavy vehicles*, In 6th International Symposium on Advanced Vehicle Control, AVEC 2002, Hiroshima, Japan.

[4]. Rafa, A.H.A.B., Yahya, A.F., and Rawand, E.J.T. (2009), *A study on the effects of servovalve lap on the performance of a closed - loop electrohydraulic position control system*, AlRafidain Engineering, 17(5).

[5]. Sampson, D. and Cebon, D. (2003), *Active roll control of single unit heavy road vehicles*, Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility, 40(4), 229-270.

[6]. Zulkarnain, N., Zamzuri, H., Sam, Y., Mazlan, S. and Zainal, S. (2014), *Improving vehicle ride and handling using LQG CNF fusion control strategy for an active anti-roll bar system*, Hindawi Publishing Corporation, (1). doi:10.1155/2014/698195.

[7]. Zulkarnain, N., Imaduddin, F., Zamzuri, H. and Mazlan, S.A. (2012), *Application of an active anti-roll bar system for enhancing vehicle ride and handling*, In 2012 IEEE Colloquium on Humanities, Science & Engineering Research, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.

Ngày nhận bài: 17/6/2023
Ngày chấp nhận đăng: 20/7/2023
Người phản biện: PGS. TS. Vũ Văn Tấn
PGS. TS. Nguyễn Tuấn Anh

Mô hình hóa phương án bù hòa sai số trong quá trình lắp ráp hệ thống đường ống tàu thủy

■ **TS. NGÔ GIA VIỆT**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: vietng.vck@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Thiết kế hệ thống đường ống, đặc biệt trong ngành công nghiệp đóng tàu là lĩnh vực phức tạp và đòi hỏi trình độ chuyên môn cao. Hiện nay, việc ứng dụng các công nghệ, phần mềm hiện đại cho phép thiết kế hệ thống đường ống trên tàu thủy một cách chi tiết. Toàn bộ các ống riêng lẻ của hệ thống đường ống được mô tả thông qua các bản vẽ với đầy đủ kích thước cụ thể. Mặc dù vậy, vẫn còn tồn tại một lượng lớn các ống không thể gia công trực tiếp theo bản vẽ thiết kế do không thể dự đoán được các sai số có thể phát sinh trong quá trình gia công và lắp ráp. Vấn đề trên cần được giải quyết thông qua việc nghiên cứu phương án bù hòa sai số trong quá trình láp ráp đường ống. Trong bài báo, tác giả đề xuất phương án ứng dụng phép quay các cặp đoạn ống song song tại vị trí bố trí bích lỏng liên kết, nhằm dịch chuyển tuyến đường ống, qua đó bù hòa được các sai số phát sinh trong quá trình lắp ráp. Bài báo tiến hành mô hình hóa miền sai số, miền tự bù hòa sai số của đường ống và đề xuất phương án bù hòa sai số trong quá trình lắp ráp. Kết quả công bố có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá khả năng tự bù hòa sai số của tuyến đường ống, là cơ sở nhằm xây dựng hoàn chỉnh quy trình lắp ráp chính xác hệ thống đường ống trên tàu thủy.

TỪ KHÓA: Hệ thống đường ống, sai số lắp ráp, thiết kế tàu thủy, mô hình hóa.

ABSTRACT: Piping system design, especially in the shipbuilding industry, is a complex and highly specialized field. Currently, the application of modern technologies and software allows to design the pipeline system on ships in detail. All individual pipes of a piping system are depicted through drawings with all possible tool sizes. Even so, there still exists a large number of pipes that cannot be directly machined according to the design drawings because of the unpredictable errors that may arise during machining and assembly. The above problems need to be solved through the study of a way to compensate for the rapid errors in the pipeline construction process. In the article, the author proposes an application plan that allows the rotation of pairs of song-tube segments at the location of the photosynthetic arrangement to reduce linkages, perform the conversion of the pipeline route, thereby compensating for the arising numbers. wrong during mount. The article describes the process of modeling the error domain, the automatic error compensation domain of the pipeline and proposes the error compensation equation in the quick installation process. The published results have an important meaning in assessing the ability to self-compensate for errors of the pipeline route, as a construction basis for a complete process of quick assembly of the pipeline system on ships.

KEYWORDS: Piping system, assembly error, ship design, modeling.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thiết kế hệ thống đường ống, đặc biệt trong ngành công nghiệp đóng tàu là lĩnh vực phức tạp và đòi hỏi trình độ chuyên môn cao. Quá trình đa dạng hóa thiết kế và hiện đại hóa chức năng của các loại tàu thủy và công trình ngoài khơi kéo theo các yêu cầu về việc tăng cường số lượng và sự phức tạp của hệ thống đường ống.

Hiện nay, việc ứng dụng các công nghệ, phần mềm hiện đại cho phép thiết kế hệ thống đường ống trên tàu thủy một cách chi tiết. Toàn bộ ống riêng lẻ của hệ thống đường ống được mô tả thông qua các bản vẽ với đầy đủ kích thước cụ thể. Mặc dù vậy, vẫn còn tồn tại một lượng lớn các ống không thể gia công trực tiếp theo bản vẽ thiết kế. Đó là các đoạn ống nằm tại vị trí có mật độ bố trí cao, hoặc các đoạn ống phân bố tại các vị trí đầu nút, dùng để bù hòa các sai số trong quá trình lắp ráp [1-3]. Các loại ống trên chỉ được gia công, sau khi được xác định lại kích thước chính xác cuối cùng, có tính đến toàn bộ các sai số trong quá trình gia công và lắp ráp ống. Quá trình trên được thực hiện trên tàu hoặc tổng đoạn đã được lắp ráp sơ bộ, làm tiêu tốn nhân công và ảnh hưởng đến tiến độ thi công. Gián đoạn trong quy trình trên dẫn đến gián đoạn trong toàn bộ quy trình lắp ráp hệ thống đường ống nói riêng và trong các công đoạn đóng tàu nói chung.

Vấn đề trên xuất phát từ việc trong giai đoạn thiết kế không thể dự đoán được các sai số có thể phát sinh trong quá trình gia công và lắp ráp đường ống [4, 5]. Để giải quyết vấn đề trên, tác giả đề tài đề xuất phương án ứng dụng phép quay các cặp đoạn ống song song nhằm bảo toàn phương và dịch chuyển vị trí điểm cuối của tuyến ống đến vị trí lý thuyết, thông qua đó bù hòa các sai số phát sinh trong quá trình gia công và lắp ráp. Để thực hiện phương án trên, cần thiết phải xây dựng mô hình toán học và mô phỏng quá trình quay tuyến ống.

2. PHÉP QUAY CÁC CẶP ĐOẠN ỐNG SONG SONG

Dịch chuyển đường ống được thực hiện thông qua phép quay ống tại các vị trí liên kết có bố trí bích lỏng, cho phép dịch chuyển đường ống tự do. Tuy nhiên, phép quay ống đơn thuần tại các vị trí bích lỏng sẽ làm thay đổi phương của mặt bích lắp đặt tại cuối tuyến ống, dẫn đến việc góc lệch mặt bích vượt quá giới hạn cho phép (1-3^0) [6-8]. Chính vì vậy, vấn đề đặt ra trong việc sử dụng phép quay ống là phải đảm bảo vị trí dịch chuyển mong muốn và bảo toàn phương ban đầu của mặt bích liên kết.

Phân tích các đặc điểm về hình dáng thiết kế của tuyến đường ống, tác giả đề xuất bố trí bích lỏng và sử dụng phép quay đồng thời trên các cặp đoạn ống song song, nhằm dịch duyển đường ống và bảo toàn phương của mặt bích liên kết. Phép quay được thực hiện như sau:

- Bố trí 2 bích lỏng trên 2 cặp đoạn ống song song;
- Quay ống tại vị trí bích lỏng trên cặp đoạn ống thứ nhất, sao cho trục của đoạn ống song song thứ hai dịch chuyển đến vị trí mong muốn, xác định góc quay α;
- Quay phần tuyến ống năm sau vị trí bích lỏng thứ 2 theo chiều ngược lại với góc quay đúng bằng góc quay ban đầu α.

Kết quả:

- Phần ống nằm giữa hai bích lỏng thay đổi phương và vị trí, dịch chuyển điểm cuối tuyến ống đến vị trí mong muốn;
- Phần ống phía sau bích lỏng thứ hai được bảo toàn tình đồng trục, mặt bích tại vị trí cuối tuyến ống giữ nguyên phương liên kết ban đầu.

Trong phép quay một cặp đoạn ống song song, điểm cuối tuyến ống dịch chuyển theo hai phương với giá trị xác định:

$$\Delta k_y = 2R\sin(\frac{\alpha}{2})\sin(\frac{\alpha}{2}) = R(1-\cos\alpha)$$

$$\Delta k_x = 2R\sin(\frac{\alpha}{2})\cos(\frac{\alpha}{2}) = R\sin\alpha$$

Miền bù hòa sai số của tuyến ống được xác định bởi công thức:

$$\overrightarrow{\Delta S}(t_1,t_2,...,t_n) = \sum_{i=1}^{n}\left(R_i\sin(t_i)\overrightarrow{u_i} - R_i\left(1-\cos(t_i)\right)\overrightarrow{e_i}\right)$$

Trong đó:

$\overrightarrow{\Delta S}$ - Giá trị miền bù hòa sai số;

n - Số cặp đoạn ống song song;

$t_1, t_2,... t_n$ - Góc quay tương ứng của từng cặp đoạn ống;

R_i - Bán kính quay;

$\overrightarrow{u_i}, \overrightarrow{e_i}$ - Vector cơ sở.

3. MÔ HÌNH HÓA PHƯƠNG ÁN BÙ HÒA SAI SỐ

Trong phép quay tuyến ống tại vị trí bích lỏng, điểm cuối của tuyến ống được dịch chuyển theo quỹ đạo một cung tròn, nằm trên mặt phẳng đi qua điểm cuối và vuông góc với trục quay - đoạn ống chứa bích lỏng.

Nhằm mô hình hóa phương án bù hòa sai số, tác giả đề xuất một số khái niệm sau:

- Bán kính quay:

Bán kính quay được xác định bởi vector nối điểm đầu của đoạn ống thẳng thứ nhất với điểm cuối của đoạn ống thẳng thứ hai $\overrightarrow{\Delta T} = \overrightarrow{OT_j} - \overrightarrow{OT_i}$.

Khi đó, bán kính quay được xác định bởi công thức:

$$R = \sqrt{\left(\overrightarrow{\Delta T},\overrightarrow{\Delta T}\right) - \left(\overrightarrow{\Delta T},\vec{n}\right)^2}$$

Khi giá trị bán kính quay bằng 0, hai trục quay nằm cùng trên một trục, trong trường hợp đó phép quay không làm dịch chuyển vị trí điểm cuối của tuyến ống.

- Tọa độ tâm quay:

Vị trí tâm quay được xác định bởi công thức:

$\overrightarrow{OC} = \overrightarrow{OT_m} + \left(\overrightarrow{\Delta T},\vec{n}\right)\cdot\vec{n} - \overrightarrow{\Delta T}$

- Vector cơ sở:

Đặt toàn bộ tuyến ống trong hệ tọa độ không gian ba chiều. Vector chỉ phương và pháp tuyến của tuyến ống được xác định bởi công thức:

$$\vec{e} = \frac{\overrightarrow{OT_m} - \overrightarrow{OC}}{R} \qquad \vec{u} = \left[\vec{n},\ \vec{e}\right]$$

- Phương trình cung quay cặp đoạn ống song song thứ nhất:

$\overrightarrow{OP_1}(t_1) = R_1\sin(t_1)\overrightarrow{u_1} - R_1\left(1-\cos(t_1)\right)\overrightarrow{e_1};\quad -\alpha_1 \le t_1 \le \beta_1$

Trong đó, P là điểm bất kì trên cung quay.

- Miền bù hòa sai số:

Sau khi xác định tất cả các cặp đoạn ống song song trong tuyến ống cần lựa chọn phương án quay và vị trí đặt các cặp bích lỏng nối ống. Phép quay mỗi cặp đoạn ống song song sẽ xác định một cung quay. Tổng hợp các cung quay ống sẽ xác định miền bù hòa sai số, là không gian có thể dịch chuyển điểm cuối của tuyến ống.

Miền bù hòa sai số S_2 đối với tuyến ống có hai cặp đoạn ống song song được xác định bởi công thức:

$$\overrightarrow{OP_2}(t_1,t_2) = R_1\sin(t_1)\overrightarrow{u_1} - R_1\left(1-\cos(t_1)\right)\overrightarrow{e_1} + R_2\sin(t_2)\overrightarrow{u_2} - \\ - R_2\left(1-\cos(t_2)\right)\overrightarrow{e_2};$$

$$-\alpha_1 \le t_1 \le \beta_1; -\alpha_2 \le t_2 \le \beta_2$$

Miền bù hòa sai số S_3 đối với tuyến ống có ba cặp đoạn ống song song được xác định bởi công thức:

$$\overrightarrow{OP_3}(t_1,t_2,t_3) = R_1\sin(t_1)\overrightarrow{u_1} - R_1\left(1-\cos(t_1)\right)\overrightarrow{e_1} + R_2\sin(t_2)\overrightarrow{u_2} - \\ - R_2\left(1-\cos(t_2)\right)\overrightarrow{e_2} + R_3\sin(t_3)\overrightarrow{u_3} - R_3\left(1-\cos(t_3)\right)\overrightarrow{e_3};$$

$$-\alpha_1 \le t_1 \le \beta_1;\ -\alpha_2 \le t_2 \le \beta_2;\ -\alpha_3 \le t_3 \le \beta_3$$

Miền bù hòa sai số S đối với tuyến ống có k cặp đoạn ống song song được xác định bởi công thức:

$$\overrightarrow{OP_n}(t_1,t_2,...,t_n) = \overrightarrow{OK} + \sum_{i=1}^{n}\left(R_i\sin(t_i)\overrightarrow{u_i} - R_i\left(1-\cos(t_i)\right)\overrightarrow{e_i}\right)$$

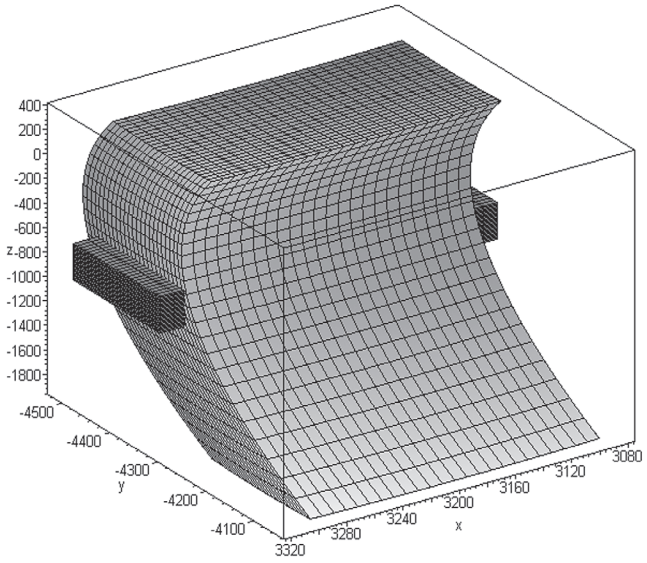
$$-\alpha_i \le t_i \le \beta_i$$

- Miền sai số:

Miền sai số của tuyến ống được xác định trong không gian ba chiều từ các sai số cho phép trong quá trình gia

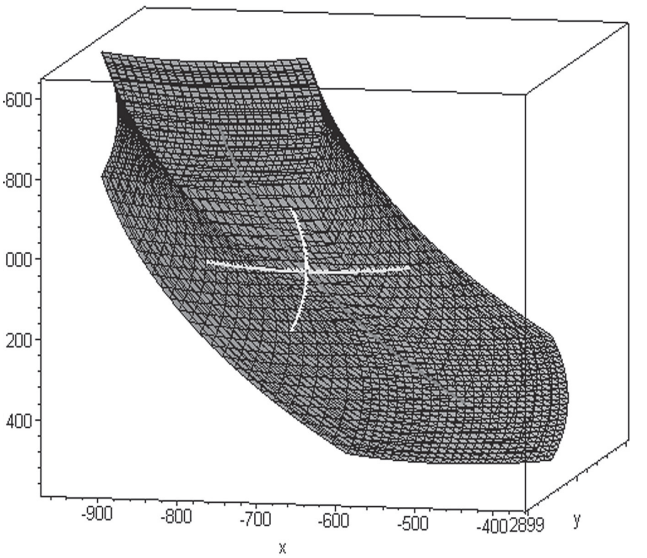
công và lắp ráp với giá trị $\Delta = [\Delta x, \Delta y, \Delta z]$. Giá trị sai số mỗi chiều không vượt quá 100 mm theo quy chuẩn.

Trong trường hợp miền bù hòa sai số không rộng hơn miền sai số *(Hình 3.1)*, có nghĩa giá trị miền bù hòa sai số tại một hoặc nhiều phương không lớn hơn giá trị miền sai số, khi có tại các phương trên cần đặt lượng dư công nghệ khi gia công nhằm bù hòa sai số trong quá trình lắp ráp.



Hình 3.1: Miền bù hòa sai số không kín tại phương ngang

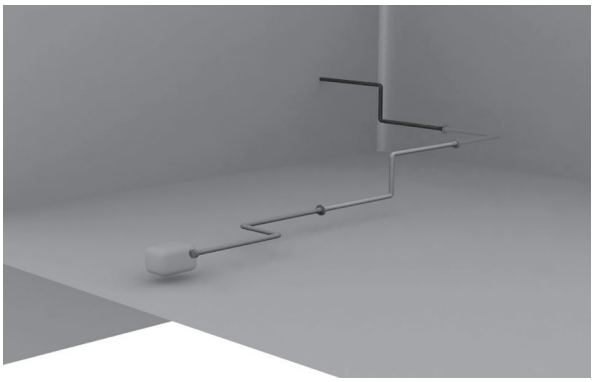
Ngược lại, trong trường hợp miền bù hòa sai số rộng hơn miền sai số, có nghĩa giá trị miền bù hòa sai số lớn hơn giá trị miền sai số tại tất cả các phương, khi đó khi lắp ráp chỉ cần sử dụng phép quay các cặp đoạn ống song song nhằm bù hòa sai số phát sinh *(Hình 3.2)*. Các ống riêng lẻ trong quá trình gia công không cần đặt lượng dư công nghệ.



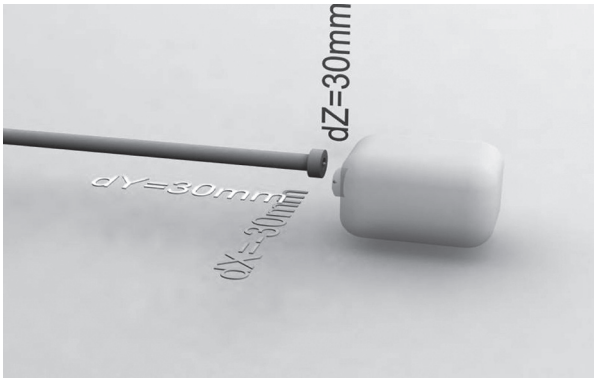
Hình 3.2: Miền bù hòa sai số kín

4. MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH QUAY CÁC CẶP ĐOẠN ỐNG SONG SONG

Tuyến ống gồm 3 ống và sai số đối với vị trí lý thuyết được thể hiện trên *Hình 4.1*.



a)

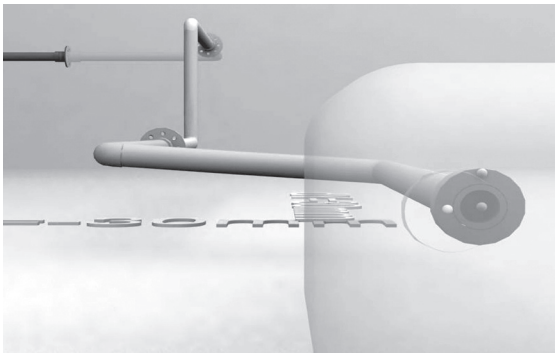


b)

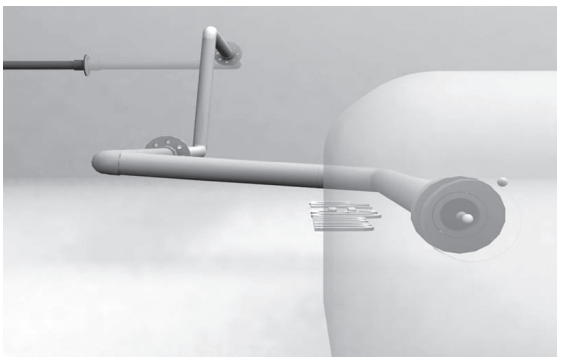
a) - Tuyến ống trước khi thực hiện bù hòa sai số;
b) - Sai số theo ba chiều dx, dy, dz

Hình 4.1: Tuyến ống

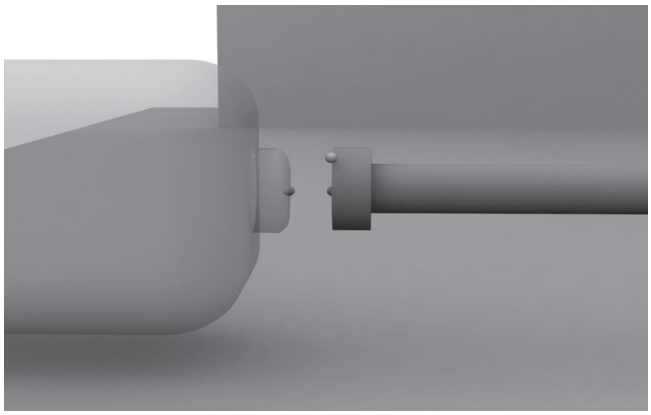
Phép quay các cặp đoạn ống song song được mô phỏng theo *Hình 4.2*.



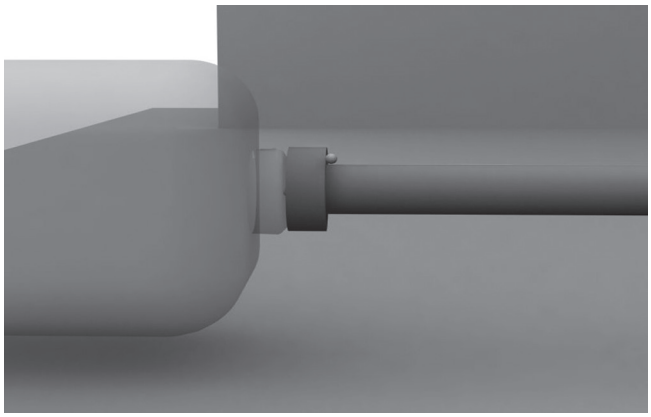
a)



b)



c)

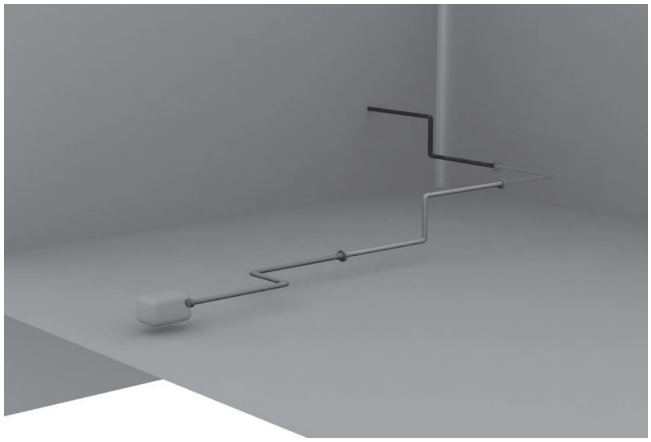


d)

a) - Bù hòa sai số phương thẳng đứng dz; b) - Bù hòa sai số phương ngang dx; c) - Sai số còn lại theo phương dọc dy; d) - Bù hòa sai số phương dọc dy

Hình 4.2: Quá trình bù hòa sai số tuyến ống

Vị trí tuyến ống sau khi thực hiện phép quay các cặp đoạn ống song song được thể hiện trên *Hình 4.3*.



Hình 4.3: Vị trí tuyến ống sau quá trình bù hòa sai số

5. KẾT LUẬN

Nội dung công bố tập trung nghiên cứu, mô phỏng quá trình bù hòa sai số tuyến ống trong giai đoạn lắp ráp dựa trên cơ sở ứng dụng phép quay các cặp đoạn ống song song. Kết quả nghiên cứu được thể hiện trong các nội dung sau:

- Mô hình hóa quá trình bù hòa sai số tuyến ống trong giai đoạn lắp ráp dựa trên cơ sở ứng dụng phép quay các cặp đoạn ống song song;

- Mô phỏng và xây dựng quy trình bù hòa sai số tuyến ống.

Kết quả nghiên cứu cho phép ứng dụng các yếu tố kết cấu của hệ thống đường ống nhằm tự bù hòa các sai số phát sinh, thông qua đó nâng cao tỉ lệ gia công ống trực tiếp từ bản vẽ, góp phần rút ngắn thời gian thi công hệ thống đường ống nói riêng và thi công đóng tàu nói chung.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT22-23.43.

Tài liệu tham khảo

[1]. Ngo G V. (2020), *The Use of Polymer Composite Materials in the Manufacturing Technology of the Ship System Pipelines*, Key Engineering Materials, 839, 63-67.

[2]. Ngo G V. (2020), *The Selection of Parameters for Automatic Welding of the Nuclear Reactors Pipelines*, Materials Science Forum, 989, 760-765.

[3]. Ngo G V. (2020), *Automated Orbital Welding of Carbon and Low-Alloy Steels Pipelines with Small Diameter*, Materials Science Forum, 989, 766-771.

[4]. Guo Y, Ruan K, Shi X, Yang X and Gu J. (2020), *Factors affecting thermal conductivities of the polymers and polymer composites: A review*, Composites Science and Technology 193, 108–134.

[5]. Mehra N, Mu L, Ji T and Zhu J. (2019), *Thermal Conduction in Polymer Composites, Polymer-Based Multifunctional Nanocomposites and Their Applications*, 77-110.

[6]. ОСТ 5.95057-90., *Системы судовые и системы судовых энергетических установок*, Типовой технологический процесс изготовления и монтажа трубопроводов, РТП НПО «Ритм».

[7]. РД 5Р.0005-93, *Системы судовые и системы судовых энергетических установок*, Требования к проектированию, изготовлению и монтажу труб по эскизам и чертежам с координатами трасс трубопроводов. – СПб. : ЦНИИТС.

[8]. Hyundai engineering Co. Ltd. (2006), *Piping design handbook*, Hyundai Co. Ltd publication, 162p.

Ngày nhận bài: 27/6/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2023
Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Thái Dương
TS. Lương Tú Nam

Biểu diễn sơ đồ hệ truyền động hành tinh trong các phương tiện vận tải

■ **PGS. TS. VŨ LÊ HUY(*); TS. NGUYỄN ĐÌNH DŨNG**
Trường Đại học Phenikaa
■ **TS. ĐỖ ĐỨC NAM**
Bộ Khoa học và Công nghệ
Email: (*)huy.vule@phenikaa-uni.edu.vn

TÓM TẮT: Truyền động hành tinh được ứng dụng nhiều trong lĩnh vực máy thiết bị công trình, phương tiện vận tải nhờ đặc tính kích thước nhỏ gọn, khối lượng giảm, tỉ số truyền lớn và khả năng thay đổi tỉ số truyền khi thay đổi thành phần đầu vào và ra. Đặc biệt, khi sử dụng trong hệ gồm nhiều bộ truyền hành tinh kết hợp với phanh, ly hợp để tạo thành các hệ thuần hành tinh khác nhau và sẽ cho các tỉ số truyền khác nhau. Bài báo trình bày phương pháp biểu diễn sơ đồ cấu trúc và sơ đồ động của các hệ truyền động hành tinh kết hợp với phanh và ly hợp giúp nghiên cứu, tính toán thiết kế các hệ truyền động hành tinh cho các hộp số, hộp giảm tốc sử dụng trong các phương tiện vận tải được thuận lợi.

TỪ KHÓA: Truyền động hành tinh, hệ thuần hành tinh, vi sai kín, hộp số, hộp giảm tốc.

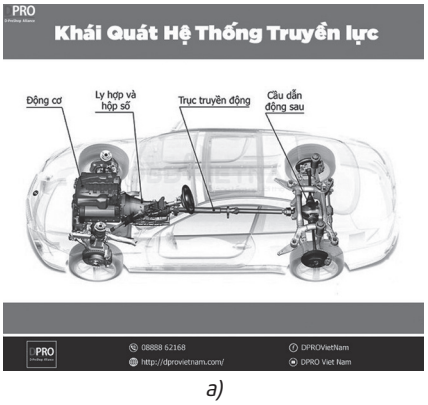
ABSTRACT: Planetary transmission is widely applied in the fields of construction machinery, equipment, and transportation vehicles since its compact dimensions, reduced weight, large gear ratios and the ability to change gear ratios when changing input and output. Especially when used in a system consisting of many planetary transmissions combined with brakes and clutches to form different pure planetary systems and will give different gear ratios. This paper presents the method to express the kinematic and structure diagrams of planetary gear systems helping to research, calculate and design conveniently the planetary transmission systems for gearboxes, reducers used in transport.

KEYWORDS: Planetary transmission, pure planetary system, closed differential, gearbox, reducer.

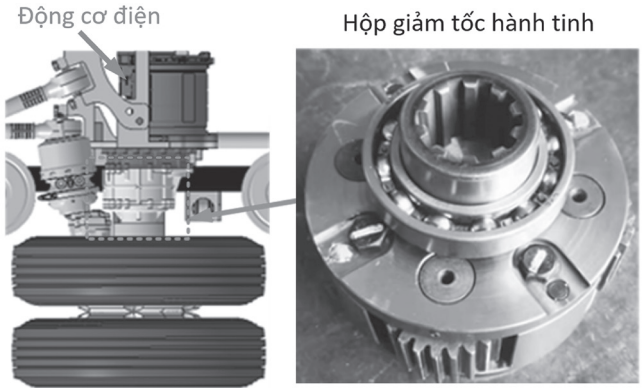
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Truyền động bánh răng là loại truyền động được sử dụng nhiều nhất trong các ngành công nghiệp nói chung, ngành Cơ khí nói riêng nhờ một số ưu điểm nổi bật như cho phép truyền mô-men xoắn lớn, tỷ số truyền lớn, hiệu suất truyền động cao và tuổi thọ làm việc cao. Trong đó, truyền động hành tinh với một số ưu điểm vượt trội so với truyền động bánh răng thường như kích thước và khối lương nhỏ gọn, hiệu suất truyền động cao, tỉ số truyền lớn hơn hẳn so với truyền động bánh răng thường. Hiện nay, các loại xe ô tô thông dụng có hệ thống truyền động phổ biến như thể hiện trên *Hình 1.1a* sẽ thường có các hộp số tiếp nhận truyền động từ động cơ [1], trong đó các bộ truyền bánh răng hành tinh được sử dụng ngày càng nhiều. Bên cạnh đó, bộ truyền bánh răng hành tinh cũng được sử dụng để giảm tốc và tăng mô-men xoắn của động cơ trong xe điện *(Hình 1.1b)* [2].

Việc ứng dụng truyền động hành tinh trong ô tô đã được các hãng sản xuất ô tô sử dụng khá nhiều, tuy nhiên các nghiên cứu khoa học và các công bố lại khá hạn chế. Chẳng hạn, Chiao và các cộng sự [3] đã công bố nghiên cứu về thiết kế xe hybrid phân chia năng lượng với một bánh răng hành tinh duy nhất làm bộ truyền động. Xu và cộng sự [2] trình bày thiết kế tối ưu hóa cho bộ truyền bánh răng hành tinh của xe điện trong điều kiện bất định (kích thước, vật liệu và tải đầu vào), trong đó khối lượng và hiệu suất truyền động của bộ truyền bánh răng hành tinh được xem xét làm mục tiêu tối ưu hóa. Nghiên cứu của Huang [4] đã thực hiện thiết kế và điều khiển tối ưu hộp số tự động bánh răng hành tinh hai cấp cho xe điện, trong đó việc chuyển số được thực hiện bằng cách truyền mô-men xoắn giữa hai phanh nằm trên các vành răng ngoài. Các nghiên cứu này đã thực hiện các tính toán động học, tuy nhiên đều mang tính chất riêng lẻ, tập trung cụ thể vào một hệ truyền động hành tinh xác định mà chưa xây dựng được hệ thống tổng quát do chưa có phương pháp ký hiệu hệ truyền động hành tinh tổng quát.



a)



b)

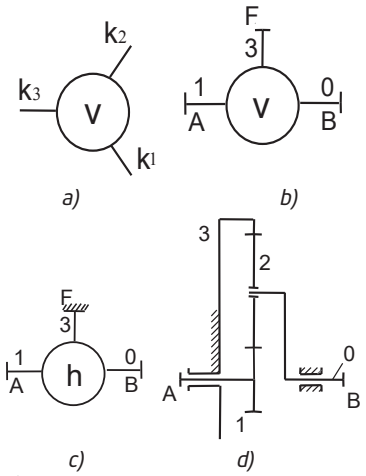
Hình 1.1: Sơ đồ hệ thống truyền động trên (a) ô tô truyền thống và (b) ô tô điện

Đã có một số nghiên cứu đề xuất phương pháp biểu diễn, phân tích động học, lược đồ và sơ đồ cấu trúc của hệ bánh răng hành tinh. Cơ cấu bánh răng hành tinh như một phần của hệ bánh răng với các cơ cấu khác được đề xuất với các khái niệm mạng và phân tích tổ hợp được sử dụng để phát triển một phương pháp phân loại cấu trúc động học và liệt kê các cơ cấu [5]. Các sơ đồ cấu trúc với mỗi phần tử được biểu diễn là một đa giác, có các đỉnh biểu thị các cặp động học, trong khi các cặp bánh răng và các đỉnh của cặp quay được biểu thị lần lượt bằng các chấm đặc và chấm rỗng. Phương pháp này rất khó để hiểu được mối liên hệ giữa các cơ cấu, đặc biệt là với các bộ bánh răng hành tinh. Một phương pháp tương tự được sử dụng để tổng hợp động học của bộ truyền bánh răng hành tinh được điều khiển bằng cam [6] nhưng mới chỉ dùng cho bộ truyền bánh răng hành tinh một cấp.

Tiếp đến là các chuỗi cơ cấu của một cơ cấu hành tinh bằng một đường tròn với ba khâu cơ bản được ký hiệu bằng các đường thẳng với các chữ cái [7], nhưng chưa có phương pháp trình bày cho các hệ truyền động với nhiều bộ truyền bánh răng hành tinh. Phương pháp này đã được sử dụng trong nghiên cứu của Gao [8], nhưng phần cuối của mỗi liên kết được biểu thị bằng một vòng tròn tô kín, để thực hiện phân tích động học dựa trên cấu trúc liên kết và được gọi là đồ thị tô pô. Các đồ thị tô pô trải rộng trên một không gian lớn với rất nhiều nút ngay cả đối với một bộ bánh răng hành tinh. Gần đây, mối quan hệ động học của các hệ hành tinh đã được phân tích thông qua sơ đồ khối bằng cách sử dụng các kỹ thuật điều khiển [9, 10], tuy nhiên quá phức tạp để trình bày sơ đồ cấu trúc. Trong nghiên cứu của Wang [11], siêu đồ thị đã được sử dụng để biểu diễn dòng công suất và phân tích hiệu suất của truyền động hành tinh, nhưng mới chỉ được áp dụng duy nhất cho một cơ cấu và một hệ bánh răng hành tinh hai cấp. Các phương pháp mới biểu diễn cho các hệ có một hoặc hai bộ truyền bánh răng hành tinh, nhưng chưa có phương pháp nào biểu diễn đơn giản và đầy đủ cho sự kết hợp để tạo thành các hệ có số cấp là hai hoặc nhiều hơn. Huy và cộng sự [12] đã đề xuất phương pháp biểu diễn và ký hiệu sơ đồ cấu trúc và sơ đồ động có ưu điểm trong phân tích kết cấu và tính toán động học của các hệ thống bánh răng hành tinh phức tạp. Trong bài báo này sẽ mở rộng phương pháp ký hiệu đó để có thể biểu diễn được sơ đồ cấu trúc và sơ đồ động của các hệ truyền động hành tinh kết hợp với phanh và ly hợp thường được sử dụng trong các hệ truyền động của các phương tiện vận tải.

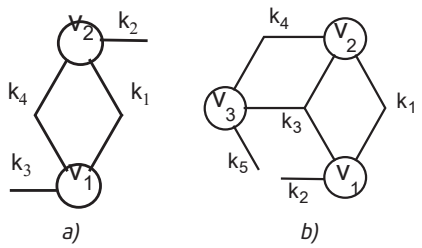
2. BIỂU DIỄN SƠ ĐỒ CẤU TRÚC TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG HÀNH TINH

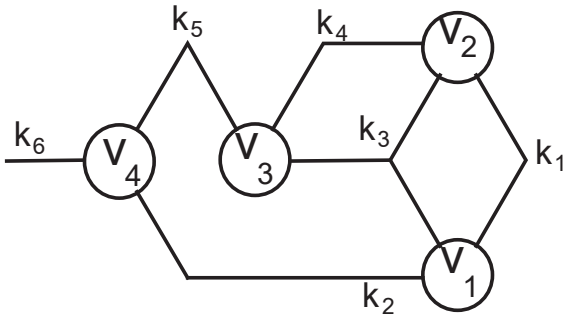
Với một cơ cấu truyền động bánh răng hành tinh, lược đồ cấu trúc được biểu diễn như trên *Hình 2.1a* được thể hiện bằng một hình tròn và ba đường thẳng với các ký hiệu k_1, k_2, k_3 thể hiện 3 khâu của một bộ truyền bánh răng hành tinh mà không chỉ rõ các khâu đó là gì. Mỗi cơ cấu vi sai được kí hiệu bằng chữ cái v, mỗi cơ cấu thuần hành tinh được biểu diễn bằng chữ cái h và cách ký hiệu này đã được gọi là phương pháp vh [12]. Sơ đồ cấu trúc *(Hình 2.1b)* được hình thành từ lược đồ cấu trúc với các khâu khâu được ký hiệu 0, 1, 2 và 3 tương ứng là cần, bánh răng trung tâm, bánh răng vệ tinh và vành răng ngoài. Khi đã có các khâu nối cụ thể thì sẽ cho một truyền động xác định và có thể khảo sát về mặt động học, lúc này nó trở thành sơ đồ động *(Hình 2.1c)*. Từ một sơ đồ cấu trúc có thể xây dựng được nhiều sơ đồ động tương ứng, trên đó thể hiện đầy đủ các khâu, các phương án nối kết giữa chúng và sự ăn khớp của các bánh răng *(Hình 2.1d)*.



Hình 2.1: Biểu diễn sơ đồ một bộ truyền bánh răng hành tinh

Với một hệ truyền động bánh răng hành tinh, mỗi cơ cấu vi sai được bố trí trên mỗi đỉnh của hình cơ sở là hình thoi cho hệ có 2 cơ cấu *(Hình 2.2a)* và hình lục giác cho hệ có 3 cơ cấu *(Hình 2.2b)*. Với hệ có nhiều hơn 3 cơ cấu, có thể biểu diễn lồng ghép các hình cơ sở trên *(Hình 2.2c)*. Mỗi cơ cấu vi sai trong hệ được kí hiệu bằng chữ cái v_i, trong đó i là số thứ tự của cơ cấu trong hệ. Các bộ truyền được đánh số theo kí hiệu trong hệ theo thứ tự từ nhỏ đến lớn, theo quy tắc từ dưới lên trên rồi từ phải qua trái.





c)

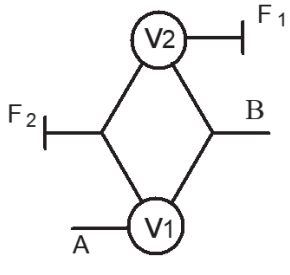
Hình 2.2: Lược đồ cấu trúc của các hệ với nhiều cơ cấu vi sai

Các cơ cấu trên lược đồ cấu trúc trong trường hợp chung đều có số bậc tự do w > 1, do đó để nhận được truyền động với w = 1 thì cần phải loại trừ w-1 bậc tự do. Với mục đích giảm số bậc tự do, các cơ cấu truyền động được trang bị thêm các phần tử điều khiển (phanh, ly hợp) và trong một sơ đồ cấu trúc hệ vi sai (có w >1), chỉ biểu diễn các phần tử điều khiển mà không nêu cụ thể những phần tử nào được sử dụng *(Hình 2.3).* Các sơ đồ cấu trúc trong *Hình 2.3* có đầu vào và ra của hệ ký hiệu là A và B, các phần tử điều khiển là phanh và ly hợp được ký kiệu là F_i và L_i, trong đó i là số thứ tự được đánh số từ nhỏ đến lớn (từ đầu ra trở về đầu vào) theo quy tắc từ dưới lên trên và từ phải qua trái. Để nhận được sơ đồ cấu trúc của hệ có số bậc tự do w = 1 (hệ hành tinh) biểu diễn một truyền động cụ thể phải sử dụng tổ hợp các phần tử điều khiển đóng đồng thời, trong đó khâu có ly hợp đã đóng thì sử dụng ký hiệu là một dấu chấm '•' trên khâu được nối, còn phanh được đóng ký hiệu như khâu được cố định (Hình 4.c), những cơ cấu không tham gia vào hệ khi các phần tử điều khiển được đóng thì không nhất thiết phải thể hiện.

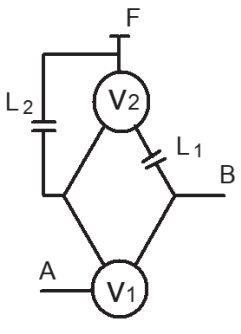
Với hệ vi sai có từ 2 bậc tự do trở lên có sử dụng các phần tử điều khiển, sơ đồ cấu trúc có thể được biểu diễn theo quy tắc ký hiệu chung như sau:

kVwmn (1)

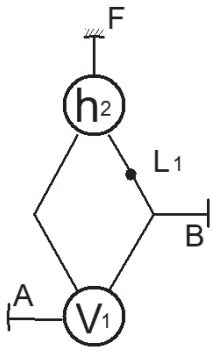
Trong đó: k - Số cơ cấu vi sai (k = 1, 2, 3, 4); V - Ký hiệu cơ cấu vi sai; *w* - Số bậc tự do của cơ cấu; *m* - Số phần tử điều khiển được sử dụng trong sơ đồ; *n* - Số truyền động có thể thực hiện. Ví dụ ký hiệu các sơ đồ cấu trúc trên *Hình 2.3a, b* và d tương ứng là 2V222, 2V233 và 3V233. Trong đó, số lượng cơ cấu vi sai lần lượt là 2, 2 và 3; số bậc tự do lần lượt là 2, 2 và 2; số phần tử điều khiển là 2, 3, 3 và số truyền động được thực hiện cũng lần lượt là 2, 3 và 3.



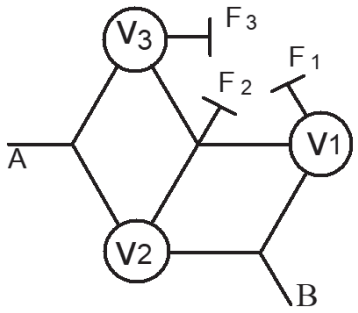
a)



b)



c)



d)

Hình 2.3: Sơ đồ cấu trúc của hệ bánh răng hành tinh với các phần tử điều khiển

3. KÝ HIỆU SƠ ĐỒ CẤU TRÚC VÀ SƠ ĐỒ ĐỘNG CỦA HỆ THUẦN HÀNH TINH VÀ VI SAI KÍN

Khi tiến hành xác lập các khâu chủ động A, khâu bị động B, thực hiện thao tác đóng ngắt các phần tử điều khiển để có được liên kết các khâu và các khâu cố định (còn gọi là khâu giá), sẽ thu được các hệ thuần hành tinh và vi sai kín là các hệ hành tinh có 1 bậc tự do. Sơ đồ cấu trúc của hệ thuần hành tinh và vi sai kín được ký hiệu:

A<u>B</u>/T/<u>A</u>B (2)

Trong đó: A và B - Các cơ cấu trong sơ đồ có một khâu cơ bản nối tương ứng với đầu vào và đầu ra; T - Các cơ cấu trong sơ đồ mà các khâu của nó chỉ tham gia mối nối nội bộ; <u>A</u> - Các cơ cấu có một khâu nối với đầu vào và một khâu nối với đầu ra nhưng ký hiệu của nó đã được đặt trong A; <u>B</u> - Các cơ cấu có một khâu nối với đầu vào và một khâu nối với đầu ra nhưng ký hiệu của nó đã được đặt trong B. Thứ tự ký hiệu của các cơ cấu đặt trong A, T, B được thực hiện theo thứ tự đánh số của các cơ cấu trên sơ đồ cấu trúc từ lớn nhất về một. Khi không có cơ cấu chỉ tham gia vào mối nối nội bộ, sẽ không có ký hiệu đặt trong T.

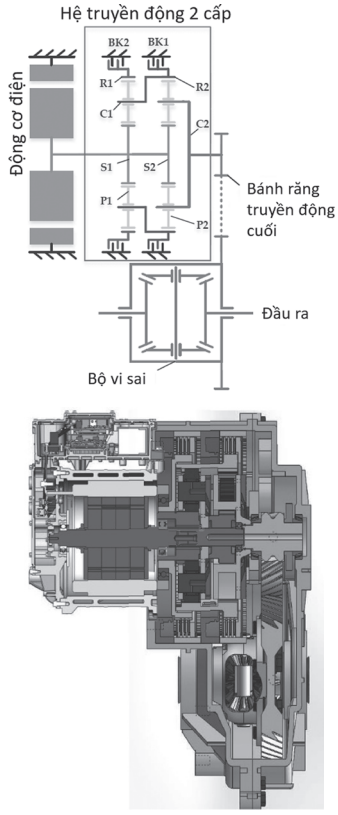
Sơ đồ động biểu diễn đầy đủ cụ thể theo ký hiệu của một bộ truyền bánh răng hành tinh về mặt truyền chuyển động, ở đó vẽ đầy đủ các khâu mối quan hệ giữa chúng *(Hình 2.2d).* Một sơ đồ cấu trúc sẽ có nhiều sơ đồ động khi xác định rõ các khâu là bánh răng trung tâm, cần hay vành răng ngoài. Khi đó, ký hiệu sơ đồ động được thực hiện theo quy tắc ký hiệu chung như sau:

$(A\underline{B}/T/\underline{A}B)^{f}_{a/t/b}$ (3)

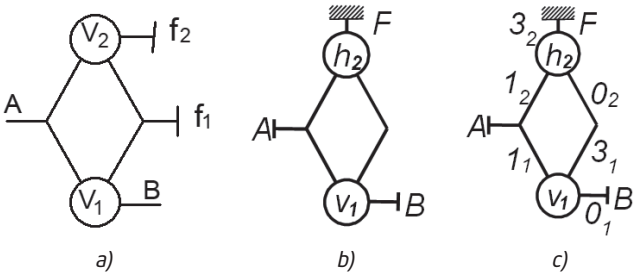
Trong đó: Trong cặp dấu ngoặc đơn chính là ký hiệu của sơ đồ cấu trúc tương ứng của sơ đồ động; a - Các khâu nối với đầu vào A; b - Các khâu nối với đầu ra B; f - Các khâu nối giá của các cơ cấu hành tinh h; t - Các mối nối nội bộ cần thiết để xác định rõ các liên kết bên trong của hệ.

Ví dụ, với hộp số tự động bánh răng hành tinh hai cấp cho xe điện trong nghiên cứu [4] có hình ảnh và sơ đồ động như trên *Hình 3.1*, trong đó hệ sử dụng 2 phanh tương ứng với sơ đồ cấu trúc có ký hiệu 2V2222 có 2 bậc tự do sử dụng kết hợp 2 phanh. Sơ đồ cấu trúc của hệ này được biểu diễn như trên *Hình 3.2a*, trong đó đầu vào A nối với bánh răng trung tâm S1 và S2 (*ở Hình 3.1*), đầu ra B nối với cần C2 *(Hình 3.1)*, các phanh f_1 và f_2 tương ứng với các phành BK1 và BK2 *(Hình 3.1).* Khi đóng phanh BK2 và để BK1 mở, sơ đồ cấu trúc

của hệ lúc này sẽ có dạng như ở *Hình 3.2b* là một hệ vi sai kín với số bậc tự do là w = 1, lúc này v_2 sẽ là bộ truyền hành tinh với một khâu cố định và do đó trở thành h_2. Lúc này, hệ sẽ có ký hiệu của sơ đồ cấu trúc là h$\underline{v}$/v. Khi xác định các khâu là bánh răng trung tâm (1), vành răng ngoài (3) hay cần (0) sẽ thu được sơ đồ động như trên *Hình 3.2c* ứng với sơ đồ hệ truyền động ở *Hình 3.1* (theo tài liệu [4]). Ký hiệu sơ đồ động này sẽ là $(h\underline{v}/v)^3_{11/0}$. Khi đóng phanh BK1 và để BK2 mở thì bộ truyền v_2 sẽ không tham gia truyền chuyển động, chỉ có bộ truyền v_1 thực hiện truyền chuyển động, do đó hệ sẽ trở thành truyền động hành tinh một cấp với sơ đồ cấu trúc và sơ đồ động như trên *Hình 2.1*.



Hình 3.1: Sơ đồ hệ truyền động trong hộp số 2 cấp truyền động hành tinh trong xe điện [4]



Hình 3.2: Sơ đồ của hệ bánh răng hành tinh 2 cấp tương ứng với hệ ở Hình 3.1

4. KẾT LUẬN

Nhờ các ưu điểm cơ bản của truyền động hành tinh nên được sử dụng rất rộng rãi trong thực tế và đặc biệt là trong các hộp số, bộ truyền động của các phương tiện vận tải. Bài báo này đã mở rộng phương pháp vh để mô tả và ký hiệu hệ truyền động hành tinh kết hợp với phanh và ly hợp thường dùng trong phương tiện vận tải, nhằm đáp ứng được vấn đề nghiên cứu lý thuyết và sử dụng thực tiễn. Phương pháp này cho phép biểu diễn, ký hiệu thống nhất, tổng quát, gọn và dễ hiểu cho các hệ truyền động hành tinh một hoặc nhiều cấp bộ truyền, bậc tự do và có thể hết hợp với phanh, ly hợp. Đây sẽ là cơ sở để giúp thực hiện các bước tính toán động học, động lực học và tính toán thiết kế các hệ truyền động hành tinh sử dụng trong phương tiện vận tải được thuận lợi.

Tài liệu tham khảo

[1]. Dương Văn Đức (2005), *Cấu tạo và lý thuyết ô tô, máy kéo*, NXB. Xây dựng.

[2]. Xu, X., Chen, J., Lin, Z.; Qiao, Y., Chen, X., Zhang, Y., Xu, Y., Li, Y. (2022), *Optimization Design for the Planetary Gear Train of an Electric Vehicle under Uncertainties*, Actuators, 11, 49.

[3]. Chiao-Ting Li, Xiaowu Zhang, Huei Peng (2012), *Design of Power-Split Hybrid Vehicles With a Single Planetary Gear*, DSCC2012-MOVIC2012-8818, pp.857-865.

[4]. Huang, Wei, Jianfeng Huang and Chengliang Yin. (2020), *Optimal Design and Control of a Two-Speed Planetary Gear Automatic Transmission for Electric Vehicle*, Applied Sciences 10, no.18, 6612.

[5]. Buchsbaum, F., Freudenstein, F. (1970), *Synthesis of Kinematic Structure of Geared Kinematic Chains and other Mechanisms*, Journal of Mechanisms, vol.5, 357-392.

[6]. Hsieh, W.H. (2009), *Kinematic synthesis of cam-controlled planetary gear trains*, Mechanism and Machine Theory 44, 873-895.

[7]. Beiz, W., Küttner K.H. (1995), *DUBBEL - Taschenbuch für den Maschinenbau*, Springer, Berlin.

[8]. Gao, M.F, Hu, J.B. (2017), *Kinematic analysis of planetary gear trains based on topology*, Journal of Mechanical Design 140(1), 012302.

[9]. Tsai, M.C., Huang, C.C, Lin, B.J. (2010), *Kinematic Analysis of Planetary Gear Systems Using Block Diagrams*, Journal of Mechanical Design 132, 065001-1.

[10]. Zanasi, R., Tebaldi, D. (2020), *Modeling of Complex Planetary Gear Sets using Power-Oriented Graphs*, IEEE Transactions on Vehicular Technology 69(12), 14470-14483.

[11]. Wang, Y., Yang, W., Tang, X., Lin, X., He, Z. (2020), *Power Flow and Efficiency Analysis of High-Speed Heavy Load Herringbone Planetary Transmission Using a Hypergraph-Based Method*, Applied Sciences 10(17), 5849.

[12]. Vu Le Huy, Do Duc Nam (2022), *An Expression Method of Kinematic and Structure Diagrams for Planetary Gear Systems*, In: Khang, N.V., Hoang, N.Q., Ceccarelli, M. (eds) Advances in Asian Mechanism and Machine Science. ASIAN MMS 2021, Mechanisms and Machine Science, vol.113.

Ngày nhận bài: 01/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2023
Người phản biện: TS. Vương Văn Thanh
PGS. TS. Đinh Thế Hưng

Nghiên cứu tối ưu hóa đa mục tiêu để xác định chế độ nhiệt tối ưu của máy đốt nóng khi sửa chữa mặt đường

■ **ThS. NGUYỄN VĂN DŨNG**(*)
Phân hiệu tại TP. Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải
■ **PGS. TS. NGUYỄN BÍNH**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)nvdung@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo trình bày cách xác định chế độ gia nhiệt tối ưu cho máy đốt nóng mặt đường từ kết quả thực nghiệm quá trình truyền nhiệt của máy đốt nóng xuống mặt đường. Thiết lập ma trận trực giao thực nghiệm tâm xoay và xây dựng phương trình hồi quy mô tả các giá trị hàm mục tiêu như: nhiệt độ lớp bê tông nhựa (BTN) đạt được theo yêu cầu sửa chữa mặt đường, thời gian đốt nóng, chi phí nhiên liệu. Sử dụng phương pháp tối ưu hóa đa mục tiêu với điều kiện cực trị tối ưu của hàm mục tiêu, từ đó xác định được chế độ nhiệt của máy đốt nóng.

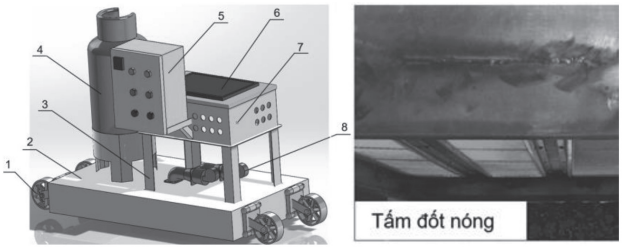
TỪ KHÓA: Thiết bị nhiệt sửa chữa mặt đường, phương pháp tối ưu hóa đa mục tiêu, bức xạ hồng ngoại.

ABSTRACT: The article presents how to determine the optimal heating mode for the pavement heater from the experimental results of the heat transfer process of the heater to the pavement. Set up an experimental orthogonal matrix of the center of rotation and build a regression equation describing objective function values such as: temperature of asphalt layer achieved according to pavement repair requirements, heating time, fuel cost. Using the multi-objective optimization method with the optimal extreme condition of the objective function, thereby determining the heating regime of the

KEYWORDS: Infrared asphalt repair equipment, response surface method (RSM), infrared radiation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

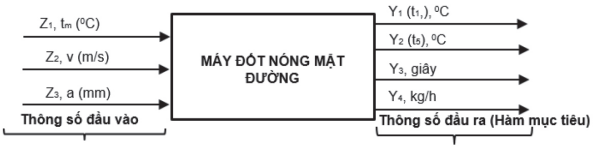
Xác định chế độ gia nhiệt tối ưu khi sửa chữa mặt đường BTN bằng máy gia nhiệt hồng ngoại nhằm mục đích đảm bảo chất lượng mặt đường sau khi sửa chữa, đảm bảo năng suất của máy, đồng thời tiết kiệm nhiên liệu tiêu thụ. Tuy nhiên, quá trình truyền nhiệt diễn ra rất phức tạp, chịu sự ảnh hưởng từ nhiều điều kiện biên của môi trường nên việc xác định chế độ gia nhiệt tối ưu bằng lý thuyết truyền nhiệt có nhiều hạn chế và sai số, dẫn đến kết quả thiếu chính xác so với thực tế hiện trường. Vì vậy, cần phải sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm, xây dựng hàm hồi quy giữa các thông số đầu vào và hàm mục tiêu, sau đó sử dụng phương pháp tối ưu hóa đa mục tiêu để xác định các thông số làm việc của máy.



1 - Bánh xe di chuyển; 2 - Tấm đốt nóng; 3 - khung đỡ; 4 - Bình gas; 5 - Tủ điều khiển; 6 - Tấm pin; 7 - Hệ thống van điều khiển, 8 - Quạt gió
Hình 1.1: Cấu tạo tổng thể của máy đốt nóng mặt đường

2. TỐI ƯU HÓA ĐA MỤC TIÊU CHẾ ĐỘ NHIỆT CỦA MÁY ĐỐT NÓNG

Nhóm tác giả đã tiến hành thực nghiệm quá trình truyền nhiệt từ máy đốt nóng hồng ngoại xuống mặt đường, đo giá trị nhiệt độ của các lớp mặt đường với sự thay đổi các thông số đầu vào như: Nhiệt độ máy đốt nóng, tốc độ gió môi trường và khoảng cách truyền nhiệt. Để giải quyết nội dung của bài toán tối ưu ta thực hiện giải bài toán hộp đen TL [2]. Bài toán được biểu diễn trên *Hình 2.1.*



Hình 2.1: Sơ đồ mô hình bài toán hộp đen xác định chế độ nhiệt của máy đốt nóng mặt đường

Trong đó: Z_1 - Nhiệt độ tấm đốt nóng của máy t_m (^{0}C), biến mã hóa X_1; Z_2 - Vận tốc gió môi trường v (m/s), biến mã hóa X_2; Z_3 - Khoảng cách truyền nhiệt từ máy xuống mặt đường a (mm), biến mã hóa X_3; Y_1 - Nhiệt độ bề mặt BTN, t_1 (^{0}C); Y_2 - Nhiệt độ lớp BTN sâu 5 cm t_5 (^{0}C); Y_3 - Thời gian đốt nóng (giây), Y_4 - Chi phí nhiên liệu (kg/h).

2.1. Xây dựng ma trận thí nghiệm trực giao tâm xoay

Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm trực giao bậc 2 để xây dựng bảng ma trận thí nghiệm nhằm xác định giá trị tối ưu của các thông số công nghệ trong quá trình đốt nóng mặt đường. Số lượng thí nghiệm được thiết kế theo phương pháp ma trận trực giao bậc 2 với 3 yếu tố

ảnh hưởng được tính [2]: $N = 2^k + 2*k + n_0$ (1)

Với: k - Số yếu tố nghiên cứu, từ hàm mục tiêu cần đạt được, k = 3; 2^k - Số lượng thí nghiệm ở mức trên và mức dưới; 2*k - Số lượng thí nghiệm ở mức điểm sao ± α; n_0 - số lượng thí nghiệm lặp ở mức cơ sở, $n_0 = 2 \div 5$ lần, chọn $n_0 = 3$. Ta có số thí nghiệm cần tiến hành: $N = 2^3+2.3+3 = 17$.

Các biến X_1, X_2, X_3 được mã hóa từ các biến thực Z_1, Z_2, Z_3:

$$X_i = \frac{Z_i - Z_i^0}{\Delta Z_i} \quad (2)$$

Với, $Z_i^{min} < Z_i^0 < Z_i^{max}, i = 1,2,3..$ và $Z_i^0 = \frac{Z_i^{max}+Z_i^{min}}{2}$; $\Delta Z_i = \frac{Z_i^{max}+Z_i^{min}}{2}$

Giá trị của điểm sao: α = 1,353, từ đó ta có các thông số của bài toán được mã hóa theo *Bảng 2.1*:

Bảng 2.1. Mức và khoảng biến thiên các yếu tố đầu vào dạng bậc 2

Mức / Yếu tố	Z_1(°C) Nhiệt độ tấm đốt	Z_2(m/s) Vận tốc gió môi trường	Z_3(mm) Khoảng cách a mm
+α (1,353)	835,3	6,706	53,53
+1	800	6,0	50
0	700	4,0	40
-1	600	2,0	30
-α (-1,353)	564,7	1,294	26,47
Khoảng biến thiên ΔZ_i	100	2	10

Các thí nghiệm được tiến hành dựa trên ma trận thực nghiệm theo quy hoạch thực nghiệm bậc 2. Kết quả thực nghiệm được mô tả qua phần mềm Minitab 21 có giá trị mã hóa và giá trị hàm mục tiêu (kết quả thực nghiệm) được thể hiện trong *Bảng 2.2*.

Bảng 2.2. Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm ở dạng mã hóa

Số thí nghiệm, N		Giá trị biến thực			Giá trị biến mã hóa			Giá trị hàm mục tiêu			
Z_1		Z_2	Z_3	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	
2^k	1	600	2	30	-1	-1	-1	166,9	102,2	715	2,67
	2	800	2	30	1	-1	-1	171,3	105,9	650	3,11
	3	600	6	30	-1	1	-1	165,8	102,0	728	2,87
	4	800	6	30	1	1	-1	170,8	104,4	686	3,09
	5	600	2	50	-1	-1	1	164,5	101,1	730	2,73
	6	800	2	50	1	-1	1	172,3	106,3	645	3,03
	7	600	6	50	-1	1	1	165,1	101,2	730	2,97
	8	800	6	50	1	1	1	169,3	103,3	692	3,00
2k	9	564,7	4	40	-1,353	0	0	164,3	101,2	800	3,45
	10	835,3	4	40	1,353	0	0	172,5	106,3	648	3,35
	11	700	1,294	40	0	-1,353	0	167,9	103,6	700	3,18
	12	700	6,706	40	0	1,353	0	166,9	103,2	709	3,23
	13	700	4	26,47	0	0	-1.353	168,5	104.3	657	3,07
	14	700	4	53,53	0	0	1.353	166,4	103,2	728	3,36
n_0	15	700	4	40	0	0	0	168,4	104,4	648	3,15
	16	700	4	40	0	0	0	168,4	104,4	648	3,15
	17	700	4	40	0	0	0	168,4	104,4	648	3,15

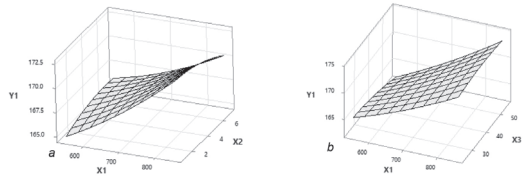
2.2. Xây dựng các hàm hồi quy của các thông số đầu ra Y_i

Trên cơ sở số liệu tại ma trận trực giao *(Bảng 2.2),* ta tiến hành xây dựng phương trình hồi quy bậc 2 của các hàm mục tiêu và các đồ thị biểu hiện sự ảnh hưởng của các thông số đầu vào đến giá trị của hàm mục tiêu như sau:

2.2.1. Hàm hồi quy nhiệt độ đốt nóng lớp BTN bề mặt T_1, °C (Y_1)

$$Y_1 = 161,8 - 0,0084\ X_1 + 1,64\ X_2 - 0,091\ X_3 + 0,000022\ X_{12} - 0,0478\ X_{22} - 0,00194\ X_{32} - 0,00183\ X_1*X_2 + 0,000303\ X_1*X_3 - 0,0046\ X_2*X_3 \quad (3)$$

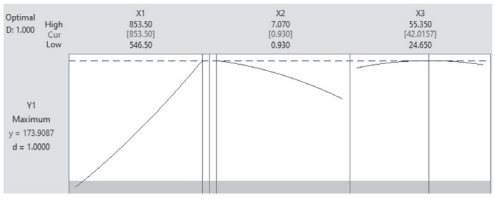
Hệ số R – squared = 96,49% > 90%, R-sq(adj) = 91,97% > 90%. Như vậy, các hệ số hồi quy đảm bảo độ tin cậy, giá trị Lack-of-fit có P- value = 0,0541 > 0,05 nên mô hình hồi quy Y1 là phù hợp.



a) - Ảnh hưởng của t_m và v b) - Ảnh hưởng t_m và a

Hình 2.2: Ảnh hưởng của những thông số đầu vào đến nhiệt độ bề mặt của mặt đường BTN được đốt nóng

Từ phương trình hồi quy (3) tiến hành tìm giá trị lớn nhất thông qua phần mềm Minitab 21, giá trị tối ưu của hàm Y_1



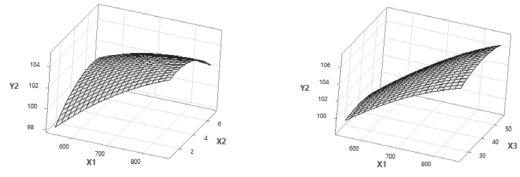
Hình 2.3: Đồ thị tối ưu giá trị hàm mục tiêu Y_1

Như vậy, giá trị lớn nhất Y1 = 173,987°C tại nhiệt độ, X_1 = 835,5°C, X2 = 0,93 m/s, X_3 = 42,0157 mm

2.2.2. Hàm hồi quy nhiệt độ đốt nóng lớp BTN lớp đáy dày 5 cm T_5, °C (Y_2)

$$Y_2 = 67,94 + 0,0649\ X_1 + 2,935\ X_2 + 0,155\ X_3 - 0,000030\ X_1^2 - 0,1126\ X_2^2 - 0,00309\ X_3^2 - 0,002758\ X_1*X_2 + 0,000130\ X_1*X_3 - 0,00764\ X_2*X_3 \quad (4)$$

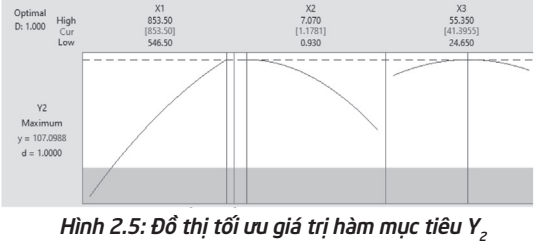
Hệ số R – squared = 97,62% > 90%, R-sq(adj) = 94,56% > 90% nên các hệ số hồi quy đảm bảo độ tin cậy, giá trị Lack-of-fit có P- value = 0,0736 > 0,05, mô hình hồi quy Y2 là phù hợp.



a) - Ảnh hưởng của t_m và v b) - Ảnh hưởng của t_m và a

Hình 2.4: Ảnh hưởng của những thông số đầu vào đến nhiệt độ lớp sâu (5 cm) của mặt đường BTN được đốt nóng

Từ phương trình hồi quy (4) tiến hành tìm giá trị lớn nhất thông qua phần mềm Minitab 21, giá trị tối ưu của hàm Y_2.



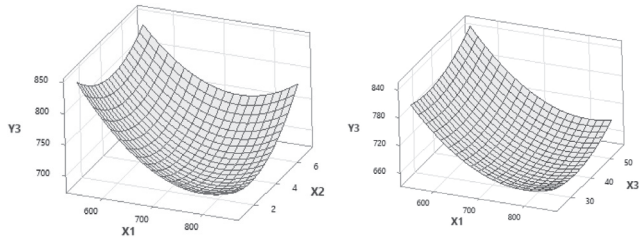
Hình 2.5: Đồ thị tối ưu giá trị hàm mục tiêu Y_2

Giá trị lớn nhất Y_2 = 107,0988^{0}C tại nhiệt độ, X_1 = 835,5^{0}C, X_2 = 1,178 m/s, X_3 = 41,3955 mm.

2.2.3. Hàm hồi quy thời gian đốt nóng mặt đường, t, giây (Y_3)

$$Y_3 = 2342 - 3,85\ X_1 - 57,8\ X2 - 6,26\ X_3 + 0,002425\ X_1^2 + 3,99\ X_2^2 + 0,1088\ X_3^2 + 0,0438\ X_1*X_2 - 0,00200\ X_1*X_3 - 0,012\ X_2*X_3 \quad (5)$$

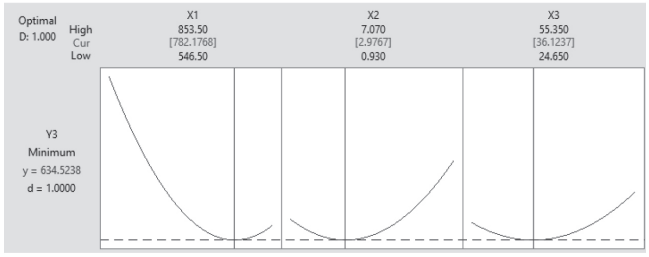
Hệ số R – squared = 90,45% > 90%, R-sq(adj) = 89,56% ≈ 90%. Như vậy, các hệ số hồi quy đảm bảo độ tin cậy, giá trị Lack-of-fit có P- value = 0,0936 > 0,05, mô hình hồi quy Y_3 là phù hợp.



a) - Ảnh hưởng của t_m và v b) - Ảnh hưởng của t_m và a

Hình 2.6: Ảnh hưởng của những thông số đầu vào đến chi phí nhiên liệu

Từ phương trình hồi quy (5) tiến hành tìm giá trị lớn nhất thông qua phần mềm Minitab 21, giá trị tối ưu của hàm Y_3.



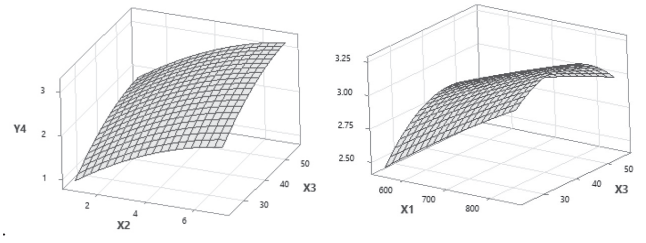
Hình 2.7: Đồ thị tối ưu giá trị hàm mục tiêu Y_3

Giá trị nhỏ nhất Y_3 = 634 (giây) tại nhiệt độ, X_1 = 728.177^{0}C, X_2 = 2,9766 m/s, X_3 = 36,123 mm.

2.2.4. Hàm Chi phí nhiên liệu, kg/h (Y_4)

$$Y_4 = -1,58 + 0,0047\ X_1 + 0,407\ X_2 + 0,1010\ X_3 - 0,000001\ X_1^2 - 0,0228\ X_2^2 - 0,000868\ X3^2 - 0,000306\ X_1*X_2 - 0,000041\ X_1*X_3 + 0,00019\ X_2*X_3. \quad (6)$$

Hệ số R – squared = 96,97% > 90%, R-sq(adj) = 90% = 90%. Như vậy, các hệ số hồi quy đảm bảo độ tin cậy, giá trị Lack-of-fit có P- value = 0,0536 > 0,05, mô hình hồi quy Y_4 là phù hợp.

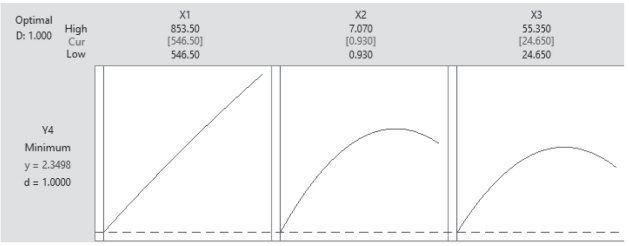


a) b)

a) - Ảnh hưởng của t_m và v b) - Ảnh hưởng của nhiệt độ t_m và a

Hình 2.8: Ảnh hưởng của những thông số đầu vào đến chi phí nhiên liệu

Từ phương trình hồi quy (6) tiến hành tìm giá trị nhỏ nhất thông qua phần mềm Minitab 21, giá trị tối ưu của hàm Y_4.



Hình 2.9: Đồ thị tối ưu giá trị hàm mục tiêu Y_4

Như vậy, giá trị nhỏ nhất Y_4 = 2,3498 (kg/h) tại nhiệt độ, X_1 = 546,5^{0}C, X_2 = 0,93 m/s, X_3 = 24,56 mm.

2.3. Giải bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu xác định chế độ đốt nóng

Mục 2.2 các phương trình hồi quy đã được xây dựng theo các hàm đơn mục tiêu. Tuy nhiên, để xác định chế độ nhiệt tối ưu sao cho thỏa mãn đồng thời 4 mục tiêu trên, bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu được giải theo phương án tối ưu hóa đa mục tiêu.

2.3.1. Lý thuyết tối ưu hóa đa mục tiêu

Trong bài toán tối ưu đa mục tiêu, hàm kỳ vọng chung (Overall desirability) được tổng hợp từ các hàm kỳ vọng của từng chỉ tiêu. Bài toán tối ưu hóa có nhiệm vụ là tối đa hóa giá trị hàm kỳ vọng chung. Đại lượng mức quan trọng (Importance) được dùng để lượng hóa tầm quan trọng của từng mục tiêu so với mục tiêu tổng thể và từ đó tính được giá trị hàm kỳ vọng chung. Gọi giá trị hàm kỳ vọng của chỉ tiêu thứ i là d_i, hệ số mức độ quan trọng của chỉ tiêu thứ i là r_i, bài toán có tất cả n chỉ tiêu, thì giá trị hàm kỳ vọng tổng hợp chung D được tính theo công thức:

$$D = \sqrt[(r_1+r_2+\ldots r_n)]{d_1^{r_1} \cdot d_2^{r_2} \cdot \ldots \cdot d_n^{r_n}} \quad (7)$$

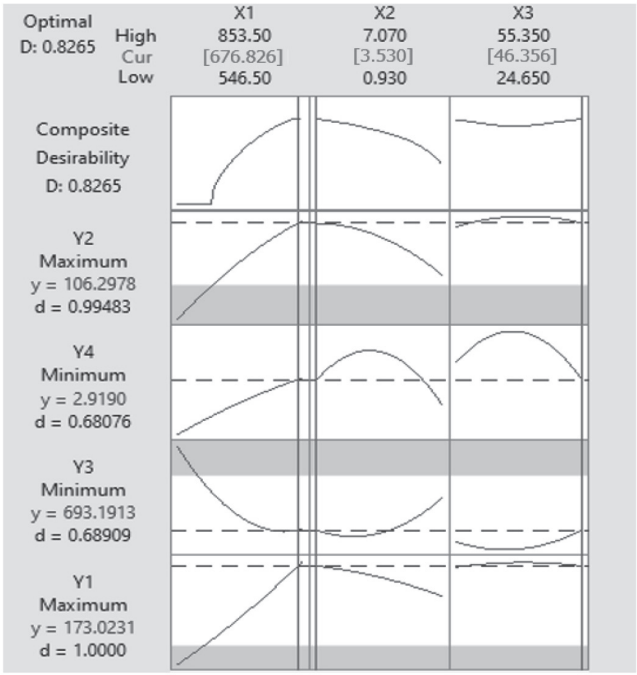
Xác định là các trọng số được lựa chọn trong khoảng b = 0,1 + 10. Trong đó, giá tri trọng số nhỏ hơn 1 (0,1 < b < 1) là ít chú trọng tới mục tiêu; b =1 là các mục tiêu quan trọng như nhau; khi b >1 (1 < b < 10) là các mục tiêu được nhấn mạnh hơn. Như vậy, trong các hàm mục tiêu là nhiệt độ bề mặt t_1 (^{0}C), nhiệt độ lớp sâu 5 cm, (^{0}C), thời gian đốt nóng (phút), chi phí tiêu thụ nhiên liệu, (kg/h). Trong đó, giá trị t_1, t_5 có yêu cầu cần đạt được để đảm bảo chất lượng mặt đường nên có trọng số mang giá trị 1, thời gian t và W co giá trị trọng số là 0,8 và 0,9 vì có mức độ ưu tiên tiếp sau.

Thực hiện quá trình cài đặt các thông số cực trị đồng thời trên phần mềm Minitab 21.

Bảng 2.3. Mục tiêu tối ưu và miền ràng buộc

STT	Thông số đầu vào và hàm mục tiêu	Mục tiêu	Giới hạn dưới	Giá trị mục tiêu	Giới hạn trên	Trọng số
1	Z_1,t_m [^{0}C]	Trong khoảng	600		800	
2	Z_2,V [m/s]	Trong khoảng	2		6	
3	Z_3, a [mm]	Trong khoảng	30		50	
5	t_1[^{0}C]	Maximum	162,17	174	173,987	1
6	t_5[^{0}C]	Maximum	98,19	107	107,09	1
7	t [giây]	Minimum	634,59	634	858,02	0,8
8	W, [kg/h]	Minimum	2,3498	2,35	32,41	0,9

Trên cơ sở cài đặt các giá trị cực trị của hàm mục tiêu theo *Bảng 2.3*, quá trình tối ưu hóa đồng thời các hàm mục tiêu sẽ được thực hiện theo thứ tự ưu tiên, kết quả khảo sát được mô tả trong đồ thị *Hình 2.10*.



Hình 2.10: Đồ thị tối ưu hóa đa mục tiêu từ thực nghiệm

Kết quả tối ưu hóa đa mục tiêu trên *Hình 2.10* cho thấy giá trị kỳ vọng của hàm mục tiêu là 0,8265, giá trị này rất gần với 1. Do đó, quá trình tối ưu đa mục tiêu cho các hàm mục tiêu như: Y_1, t_1(^{0}C), Y_2, t_5(^{0}C), Y_3 (^{0}C), Y_4 (kg/h) là hợp lý. Như vậy, thông số đầu vào tối ưu cho thiết bị đốt nóng mặt khi thi công như sau: nhiệt độ tấm nóng t_m= 677^{0}C; tốc độ gió v = 3,53 m/s, khoảng cách đốt nóng a = 46 mm. Các hàm mục tiêu đồng thời đạt được các giá trị tối ưu cụ thể như sau:

- Nhiệt độ bề mặt lớp BTN nhựa, t_1: 173^{0}C;
- Nhiệt độ lớp đáy khảo sát 5 cm, t_5: 106^{0}C;
- Thời gian đốt nóng theo phương pháp gián đoạn, t = 693 giây = 11,5 phút;
- Mức tiêu thụ nhiên liệu, W = 1,9 kg/h.

3. KẾT LUẬN

Việc xác định chế độ nhiệt tối ưu của máy đốt nóng khi sửa chữa mặt đường BTN bằng phương pháp tối ưu hóa đa mục tiêu các số liệu quy hoạch thực nghiệm là điều cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn nhằm nâng cao chất lượng đốt nóng mặt đường, đồng thời tiết kiệm nhiên liệu tiêu thụ. Nội dung bài báo đã đạt được các vấn đề sau:

- Thiết lập được ma trận thực nghiệm trực giao tâm xoay, từ đó tính toán được các hệ số của phương trình hồi quy bậc 2 mô tả giá trị hàm mục tiêu theo các biến đầu vào, thông qua việc thiết lập từ phần mềm Minitab21, đồng thời đánh giá được độ tin cậy và mức độ phù hợp của phương trình hồi quy.
- Kết quả tối ưu hóa đa mục tiêu các hàm mục tiêu của máy đốt nóng đã xác định các giá trị của chế độ nhiệt cho mặt đường như sau:

+ Nhiệt độ bề mặt lớp BTN nhựa, t_1: 173^{0}C;
+ Nhiệt độ lớp đáy khảo sát 5 cm, t_5: 106^{0}C;
+ Thời gian đốt nóng, t = 693 giây = 11,5 phút;
+ Mức tiêu thụ nhiên liệu, W = 1,9 kg/h.

Ứng với thông số tối ưu của máy đốt nóng là nhiệt độ của máy t_m = 677^{0}C, khoảng cách truyền nhiệt là 46 mm, điều kiện gió môi trường v≤ 3,53 m/s.

Bộ số liệu này là cơ sở khoa học cho việc chế tạo, vận hành máy đốt nóng mặt đường BTN, đảm bảo không làm cháy lớp BTN bề mặt và đủ nhiệt để tái chế tại chỗ lớp BTN bị hư hỏng, đồng thời đảm bảo năng suất máy với mức chi phí nhiên liệu ít nhất.

Tài liệu tham khảo

[1]. PGS. TS. Nguyễn Bính, TS. Nguyễn Hữu Chí, TS. Nguyễn Quang Phúc (2016), *Kỹ thuật khai thác đội máy thi công mặt đường BTN*, NXB. Xây dựng Hà Nội.

[2]. Nguyễn Văn Dự, Nguyên Đăng Bình (2011), *Quy hoạch thực nghiệm trong kỹ thuật*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.

[3]. Nguyễn Mạnh Hùng (2019), *Nghiên cứu xác định điều kiện biên cho bài toán truyền nhiệt qua các lớp mặt đường nhựa khu vực đồng bằng Bắc bộ*, Tạp chí Khoa học GTVT, số 2.

[4]. Ru Xiao, Leiming Hou, Hairong Gu, Xiaoyu Lu, Shengjie Jiao (31 October 2021), *Study on the Interaction of Hot Air Heating Parameters for Asphalt Pavement Based on the Response Surface Method,* Arabian Journal for Science and Engineering *(https://doi.org/10.1007/s13369-021-06360-6)*.

[5]. Xinxin Xu, Hairong Gu, Qiangzhu Dong, Jinping Li, Shengjie Jiao, Juan Ren (2018), *Quick heating method of asphalt pavement in hot in-place recycling*, Construction and Building Materials 178, 211-218, *https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018*.

[6]. Cenk Yavuzturk, Khaled Ksaibati (2002), *Assessment of temperature fluctuations in asphalt pavements due to thermal environmental conditions using a two-dimensional, transient finite difference approac*h, Department of Civil and Architectural Engineering University of Wyoming.

[7]. Khalid S. Shibib, Dr.Qusay abduljabbar jawad, Haqi I. Gattea (2012), *Temperature distribution through asphalt pavement in tropical zone*, Anbar Journal for Engineering Sciene.

Ngày nhận bài: 17/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 04/8/2023
Người phản biện: PGS. TS. Lê Văn Phúc
TS. Nguyễn Hữu Chí

Phân tích động lực học cần trục nổi với ràng buộc hình học cáp treo

■ **TS. PHẠM VĂN TRIỆU**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)phamvantrieu@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo trình bày phân tích động lực học cần cẩu nổi với các ràng buộc hình học dây cáp treo. Một mô hình toán học của cần trục được phát triển, có tính đến động lực học của bệ nổi, cáp treo và hàng hóa. Các phương trình chuyển động được thiết lập bằng phương pháp nhân tử Lagrange và hệ phương trình được giải bằng phương pháp số. Ảnh hưởng của ràng buộc hình học cáp treo đối với hành vi động của cần trục được nghiên cứu. Nó cho thấy rằng những ràng buộc này có thể có tác động đáng kể đến chuyển động của cần trục, đặc biệt là trong quá trình nâng và hạ. Kết quả phân tích cung cấp cái nhìn sâu sắc về thiết kế và vận hành của cần cẩu nổi và có thể được sử dụng để cải thiện tính an toàn và hiệu quả của chúng.

TỪ KHÓA: Cần trục nổi, động lực học hệ nhiều vật, ràng buộc hình học, xếp dỡ hàng hóa, nhân tử Lagrange.

ABSTRACT: This paper presents a comprehensive dynamics analysis of floating cranes with wire rope geometry constraints. A mathematical model of the crane is developed, which takes into account the dynamics of the floating platform, wire ropes and cargo. The equations of motion are established using the method of Lagrange Multipliers and the resulting system of equations is solved numerical methods. The effects of wire rope geometry constraints on the dynamic behavior of the crane are investigated. It is shown that these constraints can have a significant impact on the motion of the crane, particularly during hoisting and lowering operations. The results of the analysis provide insights into the design and operation of floating cranes and can be used to improve their safety and efficiency.

KEYWORDS: Floating cranes, dynamics multibody systems, geometry constraints, load handling, Lagrange Multipliers.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cần trục nổi thường được sử dụng trong ngành vận tải biển và ngoài khơi cho nhiều nhiệm vụ khác nhau như xếp dỡ hàng hóa, chuyển tàu sang tàu và xây dựng ngoài khơi. Những cần trục này thường phải chịu các điều kiện tải trọng động do chuyển động của tàu hoặc bệ mà chúng được lắp đặt, cũng như trọng lượng và chuyển động của tải trọng được nâng lên [1-3]. Tải trọng động này có thể dẫn đến các tương tác phức tạp giữa cần trục, dây cáp của nó và cấu trúc mà nó được gắn vào, khiến cho việc phân tích động chính xác trở nên cần thiết để vận hành an toàn và hiệu quả.

Các dây cáp được sử dụng trong cần trục nổi đóng một vai trò quan trọng trong hoạt động của cần trục, vì chúng cung cấp phương tiện để truyền lực giữa cần trục và tải trọng được nâng lên [4-6]. Tuy nhiên, hình dạng của các dây cáp này có thể bị hạn chế bởi nhiều yếu tố, bao gồm các điểm gắn trên cần trục và tải trọng, sự hiện diện của các thiết bị hoặc kết cấu khác và chuyển động của tàu hoặc giàn. Những hạn chế này có thể dẫn đến hành vi phi tuyến tính của dây cáp, có thể ảnh hưởng đến hành vi động tổng thể của cần trục và tải trọng được nâng lên [6].

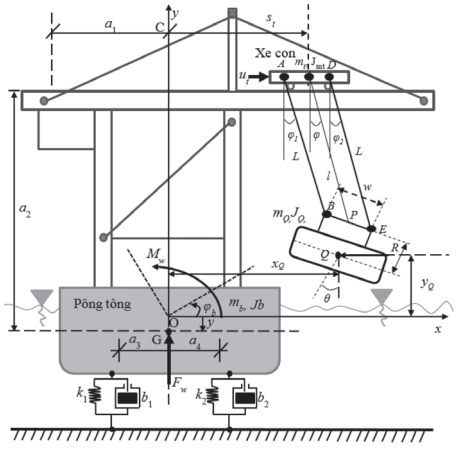
Do đó, việc phân tích động lực học của cần trục nổi với các ràng buộc hình học của dây cáp là một vấn đề phức tạp và đầy thách thức, đòi hỏi sự hiểu biết thấu đáo về hoạt động của cần trục và các bộ phận của nó. Bài báo nghiên cứu này nhằm mục đích trình bày một phân tích chi tiết về hành vi động của cần cẩu nổi với các ràng buộc hình học dây cáp, sử dụng kết hợp các phương pháp phân tích và số [7-10].

Xuất phát từ các hướng nghiên cứu trên, bài báo sẽ trình bày các phân tích động lực học cần trục đặt trên phao nổi khi xem hàng chuyển động song phẳng, các nội dung chính được trình bày như sau: Trong Phần 2, xây dựng mô hình động lực học cần trục đặt trên phao nổi được trình bày; Giải hệ phương trình vi phân chuyển động thu được sẽ được thực hiện trong Phần 3; cuối cùng, Kết luận và hướng phát triển trong tương lai.

2. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC

2.1. Xây dựng mô hình dao động

Trong thực tế, để xem xét dao động của container thì không thể sử dụng mô hình dao động khi xem container là chất điểm. Do đó, tác giả xây dựng mô hình cần trục container khi xem container là vật rắn chuyển động song phẳng trong trường hợp cần trục container đặt trên nền đàn hồi như *Hình 2.1*. Các đáp ứng của hệ sẽ được mô phỏng trong 2 trường hợp là khi tàu không kích động sóng biển và khi tàu chịu kích động sóng biển.



Hình 2.1: Mô hình dao động cần trục container

2.2. Thiết lập phương trình chuyển động

Xét mô hình dao động như *Hình 2.1*, hệ có 4 bậc tự do, nhưng hệ có cấu trúc mạch vòng nên ta chọn hệ tọa độ suy rộng dư là $s_1 = s_t; s_2 = y; s_3 = \varphi_b; s_4 = \theta; s_5 = x_Q, s_6 = y_Q$.

Khi đó, động năng của hệ được tính như sau:

$$T = \frac{1}{2}m_b\dot{y}^2 + \frac{1}{2}J_b\dot{\varphi}_b^2 + \frac{1}{2}m_t(\dot{x}_{m_t}^2 + \dot{y}_{m_t}^2) + \frac{1}{2}J_{m_t}\dot{\varphi}_b^2 + \frac{1}{2}m_Q(\dot{x}_Q^2 + \dot{y}_Q^2) + \frac{1}{2}J_Q\dot{\theta}^2 \quad (1)$$

Thế năng của hệ được tính như sau:

$$\Pi = \frac{1}{2}k_1(y - \Delta y - a_3\varphi_b)^2 + \frac{1}{2}k_2(y - \Delta y - a_4\varphi_b)^2 + m_b g y + m_t g y_{mt} + m_t g y_Q \quad (2)$$

Với:

$$\begin{cases} x_{mt} = (a_1 + s_t)\cos\varphi_b - a_2\sin\varphi_b \\ y_{mt} = y + (a_1 + s_t)\sin\varphi_b + a_2\cos\varphi_b \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \dot{x}_{mt} = \dot{s}_t\cos\varphi_b - (a_1 + s_t)\dot{\varphi}_b\sin\varphi_b - a_2\dot{\varphi}_b\cos\varphi_b \\ \dot{y}_{mt} = \dot{y} + \dot{s}_t\sin\varphi_b + (a_1 + s_t)\dot{\varphi}_b\cos\varphi_b - a_2\dot{\varphi}_b\sin\varphi_b \end{cases} \quad (4)$$

Hàm hao tán được tính như sau:

$$\Phi = \frac{1}{2}b_1(\dot{y} - a_3\dot{\varphi}_b)^2 + \frac{1}{2}b_2(\dot{y} + a_4\dot{\varphi}_b)^2 + \frac{1}{2}b_t\dot{s}_t^2 \quad (5)$$

Phương trình liên kết được xác định như sau:

Từ hình vẽ ta có:

$$\begin{cases} (x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 = L^2 \\ (x_C - x_D)^2 + (y_C - y_D)^2 = L^2 \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} x_A = -a_2\sin\varphi_b + (a_1 + s_t - \frac{d}{2})\cos\varphi_b \\ y_A = y + a_2\cos\varphi_b + (a_1 + s_t - \frac{d}{2})\sin\varphi_b \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} x_B = x_Q + R\sin\theta - \frac{1}{2}W\cos\theta \\ y_B = y_Q + R\cos\theta + \frac{1}{2}W\sin\theta \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} x_D = (a_1 + s_t + \frac{d}{2})\cos\varphi_b - a_2\sin\varphi_b \\ y_D = y + a_2\cos\varphi_b + (a_1 + s_t + \frac{d}{2})\sin\varphi_b \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} x_C = x_Q + R\sin\theta + \frac{W}{2}\cos\theta \\ y_C = y_Q + R\cos\theta - \frac{W}{2}\sin\theta \end{cases} \quad (10)$$

Thay (7), (8), (9) và (10) vào (6) ta được phương trình liên kết:

$$(x_Q + R\sin\theta - \frac{1}{2}W\cos\theta + a_2\sin\varphi_b - (a_1 + s_t - \frac{d}{2})\cos\varphi_b)^2 + (y_Q + R\cos\theta + \frac{1}{2}W\sin\theta - y - a_2\cos\varphi_b - (a_1 + s_t - \frac{d}{2})\sin\varphi_b)^2 = L^2 \quad (11)$$

$$(x_Q + R\sin\theta + \frac{W}{2}\cos\theta - (a_1 + s_t + \frac{d}{2})\cos\varphi_b + a_2\sin\varphi_b)^2 + (y_Q + R\cos\theta - \frac{W}{2}\sin\theta - y - a_2\cos\varphi_b - (a_1 + s_t + \frac{d}{2})\sin\varphi_b)^2 = L^2 \quad (12)$$

Đặt:

$$f_1 = (x_Q + R\sin\theta - \frac{1}{2}W\cos\theta + a_2\sin\varphi_b - (a_1 + s_t - \frac{d}{2})\cos\varphi_b)^2 + (y_Q + R\cos\theta + \frac{1}{2}W\sin\theta - y - a_2\cos\varphi_b - (a_1 + s_t - \frac{d}{2})\sin\varphi_b)^2 - L^2 = 0 \quad (13)$$

$$f_2 = (x_Q + R\sin\theta + \frac{W}{2}\cos\theta - (a_1 + s_t + \frac{d}{2})\cos\varphi_b + a_2\sin\varphi_b)^2 + (y_Q + R\cos\theta - \frac{W}{2}\sin\theta - y - a_2\cos\varphi_b - (a_1 + s_t + \frac{d}{2})\sin\varphi_b)^2 - L^2 = 0 \quad (14)$$

Thế các phương trình (1), (2), (5), (13), (14) vào phương trình Lagrange dạng nhân tử (15)

$$\frac{d}{dt}(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = -\frac{\partial \Pi}{\partial q_k} - \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_k} + Q_k^* - \sum_{i=1}^{2}\lambda_i\frac{\partial f_i}{\partial q_k} \quad (15)$$

ta được hệ phương trình vi phân chuyển động của cơ hệ

$$\begin{cases} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{s}} + \mathbf{\Psi}_s^T\mathbf{\Lambda} = \mathbf{p}_1 \\ \mathbf{f}(\mathbf{s}, t) = \mathbf{0} \end{cases} \quad (16)$$

Trong đó: $\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} & m_{26} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} & m_{36} \\ m_{41} & m_{42} & m_{43} & m_{44} & m_{45} & m_{46} \\ m_{51} & m_{52} & m_{53} & m_{54} & m_{55} & m_{56} \\ m_{61} & m_{62} & m_{63} & m_{64} & m_{65} & m_{66} \end{bmatrix}$ - Ma trận khối lượng suy rộng, các thành phần trong ma trận M được tính như sau:

$$m_{11} = m_t; m_{12} = m_t\sin\varphi_b; m_{13} = -a_2m_t; m_{14} = 0; m_{15} = 0; m_{16} = 0;$$

$$m_{21} = m_t\sin\varphi_b; m_{22} = m_b + m_t; m_{23} = m_t((a_1 + s_t)\cos\varphi_b - a_2\sin\varphi_b);$$
$$m_{24} = 0; m_{25} = 0; m_{26} = 0;$$

$$m_{31} = -m_t(\cos\varphi_b((a_1 + s_t)\sin\varphi_b + a_2\cos\varphi_b) - \sin\varphi_b((a_1 + s_t)\cos\varphi_b - a_2\sin\varphi_b));$$

$$m_{32} = m_t((a_1 + s_t)\cos\varphi_b - a_2\sin\varphi_b);$$
$$m_{33} = J_b + J_{mt} + m_t((a_1 + s_t)\sin\varphi_b + a_2\cos\varphi_b)^2 + m_t((a_1 + s_t)\cos\varphi_b - a_2\sin\varphi_b)^2;$$

$$m_{34} = 0; m_{35} = 0; m_{36} = 0;$$

$$m_{41} = 0; m_{42} = 0; m_{43} = 0; m_{44} = J_Q; m_{45} = 0; m_{46} = 0;$$

$$m_{51} = 0; m_{52} = 0; m_{53} = 0; m_{54} = 0; m_{55} = m_Q; m_{56} = 0;$$

$$m_{61} = 0; m_{62} = 0; m_{63} = 0; m_{64} = 0; m_{65} = 0; m_{66} = m_Q;$$

$\mathbf{\Psi}_s = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} & \phi_{13} & \phi_{14} & \phi_{15} & \phi_{16} \\ \phi_{21} & \phi_{22} & \phi_{23} & \phi_{24} & \phi_{25} & \phi_{26} \end{bmatrix}$ - Ma trận Jacobi, các thành phần trong ma trận Jacobi được tính như sau:

$$\phi_{11} = -2\cos\varphi_b(x_Q + a_2\sin\varphi_b - \frac{w}{2}\cos\theta + R\sin\theta + (s_t + a_1 - \frac{a}{2})\cos\varphi_b) + 2\sin\varphi_b(y - y_Q + a_2\cos\varphi_b - R\cos\theta - \frac{w}{2}\sin\theta + (s_t + a_1 - \frac{d}{2})\sin\varphi_b);$$

$$\phi_{12} = 2y - 2y_Q + 2a_2\cos\varphi_b - 2R\cos\theta - w\sin\theta + 2(s_t + a_1 - \frac{d}{2})\sin\varphi_b;$$

$$\phi_{13} = 2(a_2\cos\varphi_b + (s_t + a_1 - \frac{d}{2})\sin\varphi_b)(x_Q - (s_t + a_1 - \frac{d}{2})\cos\varphi_b + a_2\sin\varphi_b - \frac{w}{2}\cos\theta + R\sin\theta) + 2((s_t + a_1 - \frac{d}{2})\cos\varphi_b - a_2\sin\varphi_b)(y - y_Q + (s_t + a_1 - \frac{d}{2})\sin\varphi_b + a_2\cos\varphi_b - R\cos\theta - \frac{w}{2}\sin\theta);$$

$$\phi_{14} = 2(R\cos\theta + \frac{w}{2}\sin\theta)(x_Q - (s_t + a_1 - \frac{d}{2})\cos\varphi_b + a_2\sin\varphi_b - \frac{w}{2}\cos\theta + R\sin\theta) + 2(R\sin\theta - \frac{w}{2}\cos\theta)(y - y_Q + (s_t + a_1 - \frac{d}{2})\sin\varphi_b + a_2\cos\varphi_b - R\cos\theta - \frac{w}{2}\sin\theta)$$

$$\phi_{15} = 2x_Q - 2(s_t + a_1 - \frac{d}{2})\cos\varphi_b + 2a_2\sin\varphi_b - w\cos\theta + 2R\sin\theta;$$

$$\phi_{16} = 2y_Q - 2y - (s_t + a_1 - \frac{d}{2})\sin\varphi_b - 2a_2\cos\varphi_b + 2R\cos\theta + w\sin\theta;$$

$$\phi_{24} = 2(\frac{w}{2}\cos\theta + R\sin\theta)(y - y_q + (a_1 + \frac{d}{2} + s_t)\sin\varphi_b + a_2\cos\varphi_b - R\cos\theta + \frac{w}{2}\sin\theta)$$
$$+2(\frac{w}{2}\cos\theta + R\sin\theta)(x_q - (a_1 + \frac{d}{2} + s_t)\cos\varphi_b + a_2\sin\varphi_b + R\sin\theta + \frac{w}{2}\sin\theta);$$

$$\phi_{25} = 2x_Q - 2(a_1 + \frac{d}{2} + s_t)\cos\varphi_b + 2a_2\sin\varphi_b + w\cos\theta + 2R\sin\theta;$$

$$\phi_{26} = 2y_q - 2y - 2(a_1 + \frac{d}{2} + s_t)\sin\varphi_b - 2a_2\cos\varphi_b + 2R\cos\theta - w\sin\theta.$$

2.3. Kích động của sóng biển

Giả sử dưới tác động của sóng biển với lực và mô-men kích động được mô tả dưới dạng khai triển Fourier như sau:

$$F_w = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} a_i \cos i\omega_F t + b_i \sin i\omega_F t \quad (17)$$

$$M_w = \frac{c_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} c_i \cos i\omega_M t + d_i \sin i\omega_M t \quad (18)$$

Trong đó: F_w và M_w - Lực và mô-men gây ra dao động cho con tàu; a_0, a_i, b_i, c_0, c_i và d_i - Các hệ số không đổi; w_F và w_m - Tần số cơ bản của sóng biển.

Theo nghiên cứu của nhóm tác giả được trình bày trong công trình [5] thì các thông số kích động sóng được chọn như sau: $a_0 = c_0 = 0\,\text{N},\ \ a_1 = b_1 = 3.10^5\,\text{N},\ c_1 = d_1 = 6.10^5\,\text{Nm}$ $\omega_F = \omega_M = 0.35\,\text{rad/s}.$

3. MÔ PHỎNG

Để tính toán số, giá trị các tham số của hệ được cho như sau [2, 11]: g = 9,81(m/s^2); a_2 = 32(m); $a_3 = a_4$ = 12,5(m); L = 30(m); m_b = 4500000(kg); m_t = 5900(kg); m_C = 10000(kg); J_b = 571875000(kg.m^2); J_{mt} = 41700(kg.m^2); $k_1 = k_2$ = 26250000(N/m); $b_1 = b_2$ = 200(Ns/m); R=2,5(m); w=2,0(m); d=2,5(m);

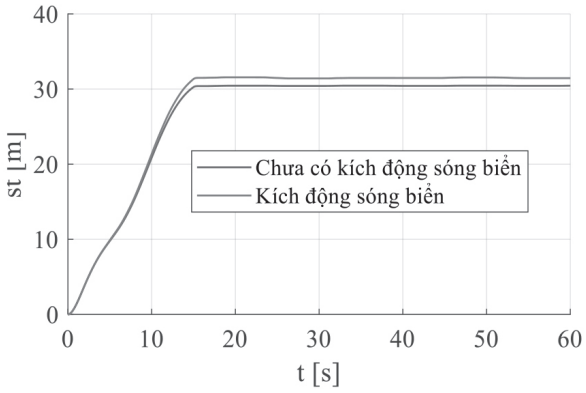
Lực kích động để xe tời chuyển động được mô tả bằng phương trình sau:

$$u(t) = \begin{cases} u_t + (u_{kd} - u_t)(1 - \frac{t}{t_{kd}}), & t < t_{kd} \\ 0 & , t > t_{kd} \end{cases} \quad (19)$$

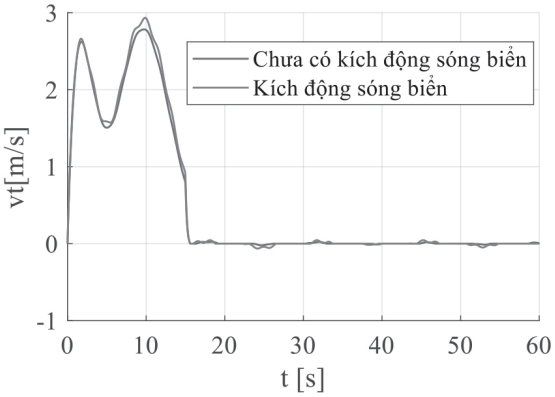
Lực kích động để xe con chuyển động được mô tả theo phương trình (19), kích động sóng lên thân tàu được mô tả theo phương trình sóng (17) và (18). Các đáp ứng động lực học trong trường hợp tàu không chịu kích động sóng biển và tàu chịu kích động sóng biển sẽ được phân tích để xem xét dao động của các phần tử trong 2 trường hợp này.

Dưới kích động của sóng biển, với cùng một lực kích động nhưng vị trí dịch chuyển của xe tời là 32 m so với 30 m khi chưa có kích động của sóng biển. Điều này là do tác động của sóng biển là cho thay đổi quy luật chuyển động của xe tời khi cùng chịu một lực kích động giống nhau. Dịch chuyển thân tàu sẽ làm cho góc lắc cáp tời dao động mạnh hơn được thể hiện trên *Hình 3.3.*

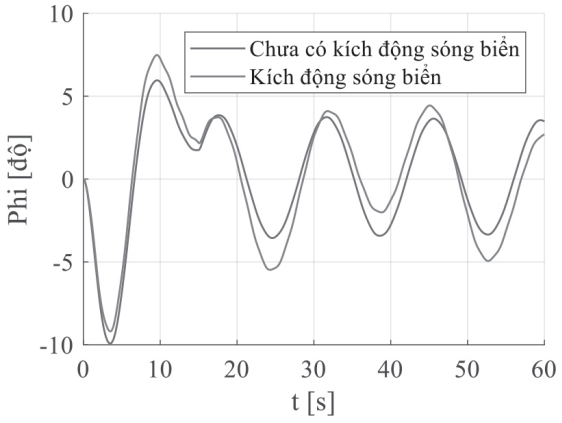
Một điều dễ nhận thấy là khi có kích động của sóng biển thì góc lắc cáp tời, vị trí xe tời, vận tốc xe tời, chiều dài cáp tời đều dao động và khó đạt được trạng thái cân bằng và biên độ dao động lớn hơn so với trường hợp khi chưa có kích động sóng biển. Dịch chuyển và góc lắc thân tàu cũng tăng lên lớn hơn nhiều so với giá trị của nó khi chưa có kích động sóng biển.



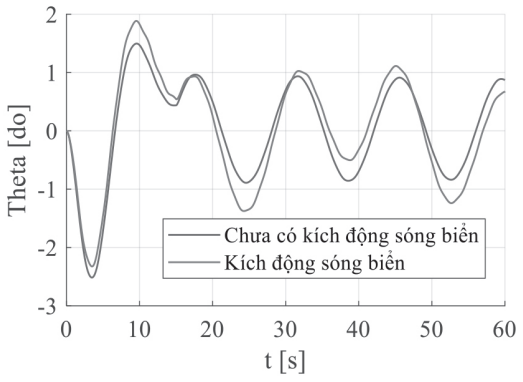
Hình 3.1: Dịch chuyển xe tời



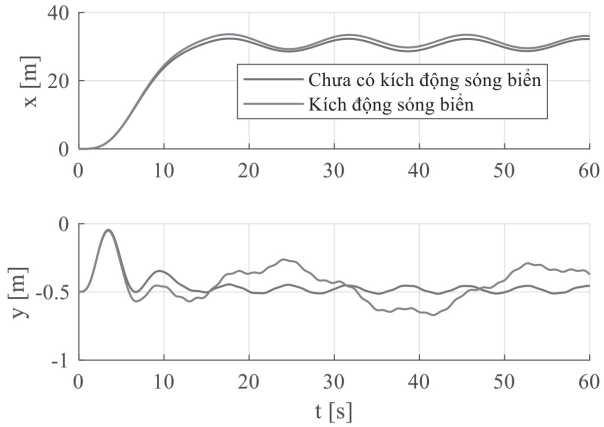
Hình 3.2: Vận tốc xe tời



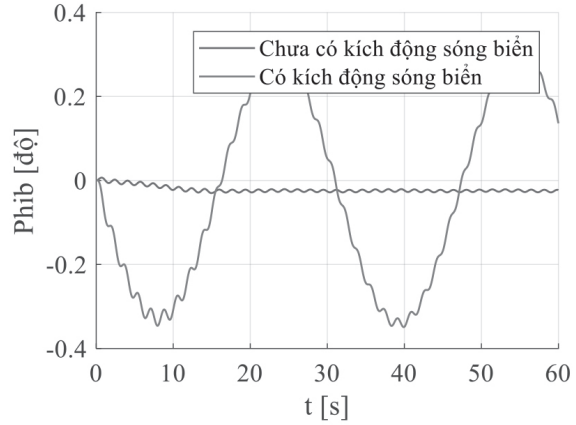
Hình 3.3: Góc lắc cáp tời



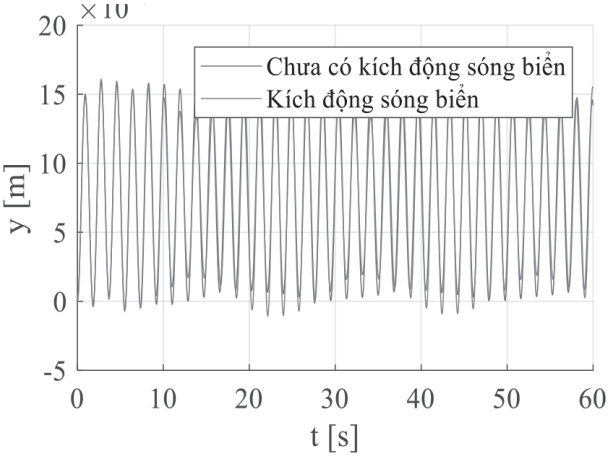
Hình 3.4: Góc xoay hàng



Hình 3.5: Dịch chuyên trọng tâm hàng theo phương x và phương y



Hình 3.6: Góc lắc tàu



Hình 3.7: Dịch chuyển thân tàu

4. KẾT LUẬN

Bằng việc sử dụng phương trình Lagrange dạng nhân tử, bài báo đã thiết lập được hệ phương trình vi phân chuyển động của cần trục đặt trên phao nổi khi xem hàng là vật rắn chuyển động song phẳng. Các kết quả mô phỏng chỉ ra hệ thống làm việc có dao động lớn khi chịu tác động từ sóng biển, đặc biệt hàng hóa dao động mạnh có thể dẫn đến mất an toàn khi làm hàng. Vì vậy, cần có một chiến lược điều khiển tốt nhằm đáp ứng yêu cầu làm hàng nhanh của cần trục.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT22-23.21.

Tài liệu tham khảo

[1]. Akiyama, S., T. Fukuyama and T. Iketani (2004), *Dynamic Response of a Cargo Suspended by a Floating Crane under Sea Waves*, Kajima Technical Research Institute annual report, 52, pp.43-48.

[2]. Nayfeh, A.H., Z.N. Masoud and N.A. Nayfeh (2005), *A delayed-position feedback controller for cranes*, in IUTAM Symposium on Chaotic Dynamics and Control of Systems and Processes in Mechanics, Springer.

[3]. Spathopoulos*, M. and D. Fragopoulos (2004), *Pendulation control of an offshore crane*, International Journal of Control, 77(7), pp.654-670.

[4]. Ismail, R.R., N.D. That and Q. Ha (2015), *Modelling and robust trajectory following for offshore container crane systems*, Automation in Construction, 59, pp.179-187.

[5]. Ellermann, K. and E. Kreuzer (2003), *Nonlinear dynamics in the motion of floating cranes*, Multibody system dynamics, 9(4), pp.377-387.

[6]. Chu, Y., et al. (2014), *Modelling And Simulation Of An Offshore Hydraulic Crane*, in ECMS.

[7]. Li, C. and C. Tao (2009), *On the fractional Adams method*, Computers & Mathematics with Applications, 58(8): pp.1573-1588.

[8]. Modes, P.C. (2014), *Predictor Corrector Methods*.

[9]. Dormand, J., M. El-Mikkawy and P. Prince (1987), *Families of Runge-Kutta-Nystrom Formulae*, IMA Journal of Numerical Analysis, 7(2), pp.235-250.

[10]. Butcher, J. (2007), *Runge-Kutta methods*, Scholarpedia, 2(9), p.3147.

[11]. Van Trieu, P. (2015), *Combined controls of floating container cranes*, in Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS), 2015 International Conference on, IEEE.

Ngày nhận bài: 16/3/2023
Ngày chấp nhận đăng: 27/4/2023
Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Tùng Lâm
TS. Phạm Việt Hưng

Thực nghiệm thuật toán SLAM và cảm biến LIDAR trên robot tự hành

■ **TS. NGUYỄN LÊ THÁI(*); TS. NGUYỄN VŨ ANH DUY; TS. NGUYỄN HỮU THỌ; ThS. NGUYỄN THỊ KIỀU**
KS. ĐẶNG THẾ TIỆP; KS. NGUYỄN VĂN NGHĨA; KS. NGUYỄN TUẤN KIỆT
Trường Đại học Nguyễn Tất Thành
Email: (*)nlthai@ntt.edu.vn

TÓM TẮT: SLAM là thuật toán định vị và vẽ bản đồ được sử dụng rộng rãi trong robot di động. Bài báo trình bày các kết quả vẽ bản đồ theo thời gian thực dựa trên cảm biến Lidar, thuật toán SLAM và robor tự hành. Cảm biến Lidar được sử dụng để đo khoảng cách vật cản xung quanh robot, dữ liệu thu được từ cảm biến Lidar được sử dụng để điều hướng cho robot thông qua bộ điều khiển Raspberry Pi và vẽ bản đồ bằng thuật toán RBPF-SLAM. Các kết quả cho thấy robot hoạt động tốt đối với môi trường trong nhà.

TỪ KHÓA: SLAM, RBPF-SLAM, robot tự hành, lập bản đồ.

ABSTRACT: SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) is an algorithm used for mobile robot positioning and mapping. This paper presents real-time mapping results using a Lidar sensor, SLAM algorithm and Automated Guided Vehicle (AGV) robot. The Lidar sensor measures obstacle's distance around the vehicle and data obtained from the sensor is used for navigation through the Raspberry Pi controller and mapping via the RBPF-SLAM algorithm. The experimental results demonstrate the AGV's reliable indoor operation.

KEYWORDS: SLAM, RBPF-SLAM, automated guided vehicle robot, mapping.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

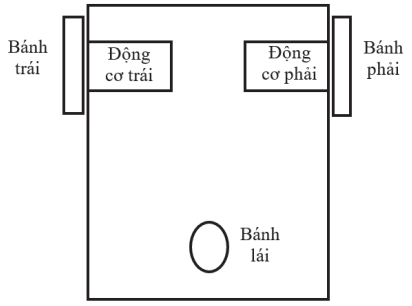
Những năm gần đây, công nghệ robot tự hành đã và đang áp dụng vào cuộc sống hằng ngày của chúng ta và có xu hướng ngày càng gia tăng, như robot giao hàng, robot giám sát, robot cứu hộ… Mặt khác, đối với những môi trường tự nhiên mà không tương tác được trực tiếp với con người như tìm kiếm vật liệu nổ, vận chuyển hàng hóa trong môi trường độc hại… thì robot tự hành là một trong những giải pháp thay thế con người hiệu quả nhất. Thuật toán định vị và lập bản đồ đồng thời SLAM (Simultaneous Localisation and Mapping) đang được sử dụng rộng rãi cho các robot di động ở điều kiện môi trường thiếu sáng và các môi trường không xác định và nó được xem là một trong những yếu tố quan trọng nhất cho việc phát triển và hoàn thiện công nghệ robot di động.

Thuật toán SLAM được đề xuất bởi Cheeseman, Self và Smith tại Hội nghị robot và tự động hóa California năm 1986 [1], các tác giả trong [2-4] lần đầu tiên giới thiệu cách giải bài toán SLAM bằng phương pháp dùng hàm phân bố xác suất. Các tác giả đã sử dụng phân bố xác suất để biểu diễn tiếng ồn và tư thế mà trong quá trình chuyển động của robot gây ra để giải bài toán ước lượng trạng thái và đạt được kết quả khả quan. Trên cơ sở đó, việc nghiên cứu giải quyết bài toán SLAM thông qua phương pháp xác suất đã đạt được sự phát triển nhanh chóng. Các tác giả trong [5, 6] đã áp dụng ý tưởng lọc phần tử để giải quyết vấn đề SLAM và đã đề xuất bộ lọc RBPF (Rao-Blackwellised Particle Filter). Bên cạnh đó, SLAM cũng được nghiên cứu tích cực ở Việt Nam [7, 8] nhưng các nghiên cứu này chỉ tập trung vào việc xây dựng các giải thuật dựa trên mô hình robot di động có sẵn và trình bày các các giải pháp thiết kế mô hình SLAM bằng hệ điều hành ROS.

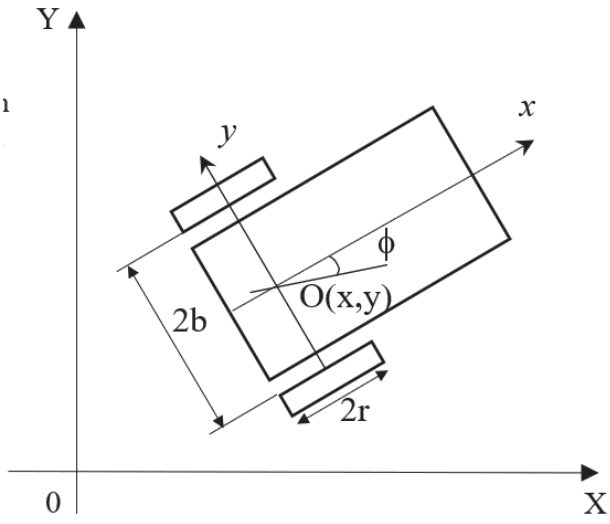
Bài báo này, nhóm nghiên cứu đã thiết kế và chế tạo mô hình robot 3 bánh xe có thể tự di chuyển và tránh vật cản thông qua bộ điều khiển sử dụng Kit Raspberry Pi V4 và cảm biến Lidar 2D RPLIDAR A1M8 360^0. Bản đồ được vẽ bằng thuật toán RBPF-SLAM thông qua dữ liệu thu được từ cảm biến Liadar 2D. Các phần tiếp theo của bài báo như sau: Phần 2 giới thiệu mô hình toán học của Robot tự hành 3 bánh xe. Phần 3 trình bày thuật toán vẽ bản đồ. Phần 4 giới thiệu chi tiết mô hình robot tự hành và các kết quả thực nghiệm. Phần 5 đưa ra các kết luận.

2. MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA ROBOT

Mô hình robot tự hành ba bánh với hai bánh chủ động và một bánh lái như *Hình 2.1* có thể chuyển động thẳng và quay trên mặt phẳng dựa vào mô-men xoắn từ hai cơ cấu chấp hành độc lập được bố trí tại bánh xe robot [9].



Hình 2.1: Cấu tạo của robot 3 bánh



Hình 2.2: Chuyển động của robot 2 bánh

Để xác định phương trình động học của robot, xét mô hình robot di động 2 bánh như *Hình 2.2*. Vị trí và hướng của robot tại một thời điểm bất kỳ được xác định bởi vector q = [x,y,ϕ]^T với (x,y) là vị trí của điểm O, ϕ là hướng của robot. Tốc độ quay của bánh xe bên trái được định nghĩa là $\dot{\phi}_l$ và tốc độ quay của bánh xe bên phải được định nghĩa là $\dot{\phi}_r$. Do đó, ta có phương trình biểu diễn quan hệ giữa vận tốc dài *v*, vận tốc góc ω, vị trí và hướng của robot như phương trình (1).

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\phi & 0 \\ \sin\phi & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} \quad (1)$$

Dễ dàng thấy rằng, khi tốc độ quay của bánh trái $\dot{\phi}_l$ lớn hơn tốc độ quay của bánh phải $\dot{\phi}_r$ thì robot rẽ phải, tương tự tốc độ quay của bánh phải $\dot{\phi}_r$ lớn hơn tốc độ quay của bánh trái $\dot{\phi}_l$ thì robot rẽ trái. Quan hệ giữa vận tốc góc và vận tốc dài của robot được biểu diễn bởi phương trình (2) và (3).

$$v = \frac{r(\dot{\theta}_r + \dot{\theta}_l)}{2} \quad (2)$$

$$\omega = \frac{r(\dot{\theta}_r - \dot{\theta}_l)}{2b} \quad (3)$$

Với *r* là bán kính của bánh xe, 2*b* là khoảng cách của 2 bánh xe như *Hình 2.2*. Khoảng cách giữa 2 bánh xe được đo dọc theo trục quay của bánh xe. Mặc dù khoảng cách này thường không được sử dụng trong thiết kế bộ điều khiển động học của robot nhưng nó là một ràng buộc quan trọng trong quá trình chuyển động của robot, ràng buộc này chính là tính phi đối xứng (non-holomonic) và sự trượt bên của các bánh xe. Do đó, nếu bỏ qua hệ số trượt, ta có phương trình sau:

$$\dot{x}\sin\phi = \dot{y}\cos\phi \quad (4)$$

Giải các phương trình trên và xem xét các điều kiện ràng buộc non-holomonic, ta thu được:

$$\dot{\theta}_r r = \dot{x}\sin\phi + \dot{y}\cos\phi \quad (5)$$

$$\dot{\theta}_l r = \dot{x}\sin\phi + \dot{y}\cos\phi \quad (6)$$

Dựa vào phương trình (5) và (6), nếu biết được tốc độ quay của bánh xe trái và tốc độ của bánh xe phải thì ta xác định được vị trí và hướng của robot.

3. THUẬT TOÁN VẼ BẢN ĐỒ

3.1. Thuật toán SLAM

SLAM là thuật toán định vị và vẽ bản đồ cho robot di động bằng phương pháp lặp dựa trên dữ liệu thu thập từ các cảm biến. Phương trình toán học của thuật toán SLAM được mô tả như sau:

$$P(x_k, m \mid Z_{1:k}, U_{1:k}) \quad (7)$$

$$P(x_{1:k}, m \mid Z_{1:k}, U_{1:k}) \quad (8)$$

Phương trình (7) gọi là SLAM trực tuyến và phương trình (8) là SLAM đầy đủ. SLAM đầy đủ được tính trên toàn bộ đường di chuyển $x_{1:k}$, còn SLAM trực tuyến chỉ tính tại thời điểm x, x là vị trí và hướng của robot, U_k là vector điều khiển, m được định nghĩa là vị trí thứ i, Z_k là quan sát thứ k thông qua cảm biến của robot.

Áp dụng định lý Bayes và giả định rằng mô hình chuyển động của robot là mô hình Markov và các điểm mốc là bất biến theo thời gian. Ta có công phương trình như sau:

$$P(x_k m \mid Z_k, U_k) = \eta . P(z_k \mid x_k, m) \int P(x_k \mid x_{k-1}, u_k)(x_{k-1}, m \mid Z_{k-1}, U_{k-1}) dx_{k-1} \quad (9)$$

Với η là hằng số chuẩn hóa được thiết lập ở trạng thái giả định, để tính toán phương trình xác suất (9) cần phải có mô hình quan sát, thu thập dữ liệu từ các cảm biến của robot và mô hình chuyển động của robot theo công thức (10) và (11).

$$P(x_k \mid x_{k-1}, u_k) \quad (10)$$

$$P(z_k \mid x_k, m) \quad (11)$$

Phương trình (9) cho thấy rằng có 2 bước để thực hiện thuật toán SLAM: (1) cập nhật thời gian (dự đoán), ước lượng trạng thái kết hợp với chuyển động của robot; (2) cập nhật phép đo (hiệu chỉnh) thông qua các cảm biến của robot kết hợp với chuẩn hóa thời gian.

3.2. Thuật toán RBPF-SLAM

Dữ liệu trong bài báo này được thực hiện thông qua cảm biến 2D RPLIDAR A1M8 360^0. Dữ liệu thu được từ cảm biến được định nghĩa $(z_{1:t} = z_1, z_2, ..., z_t)$, trạng thái trước đó $(u_{1:t} = u_1, u_2, ..., u_t)$ trong 1 khoảng thời gian từ 1 đến t được sử dụng để ước lượng xác suất $p(x_{1:k}, m \mid z_{1:t}, u_{1:t-1})$ của tư thế robot $(x_{1:t} = x_1, x_2, ..., x_t)$ và bản đồ của môi trường *m*. Sử dụng định luật Bayes, xác suất có thể được tách thành:

$$p(x_{1:t}, m \mid z_{1:t}, u_{1:t-1}) = p(x_{1:t} \mid z_{1:t}, u_{1:t-1})\, p(m \mid x_{1:t}, z_{1:t}) \quad (12)$$

Với: $p(x_{1:t} \mid z_{1:t}, u_{1:t-1})$ là dữ liệu vị trí và $p(m \mid x_{1:t}, z_{1:t})$ là dữ liệu bản đồ. Quá trình lấy mẫu dựa trên giải thuật RBPF được thực hiện theo các bước như sau:

1) Lấy mẫu: Phần tử $\left(x_t^{(i)}\right)$ được tạo ra từ thành phần kế trước nó $\left(x_{t-1}^{(i)}\right)$ kết hợp với các phần tử liền kề xung quanh.

2) Các trọng số: Trọng số $\omega_t^{(i)}$ của mẫu $\left(x_t^{(i)}\right)$ được tính như sau:

$$\omega_t^{(t)} = \frac{p\left(x_{1:t}^{(i)} \mid z_{1:t}, u_{1:t}\right)}{\pi\left(x_{1:t}^{(i)} \mid z_{1:t}, u_{1:t}\right)} \quad (13)$$

Với π(•) - Một hàm phân bố xác suất.

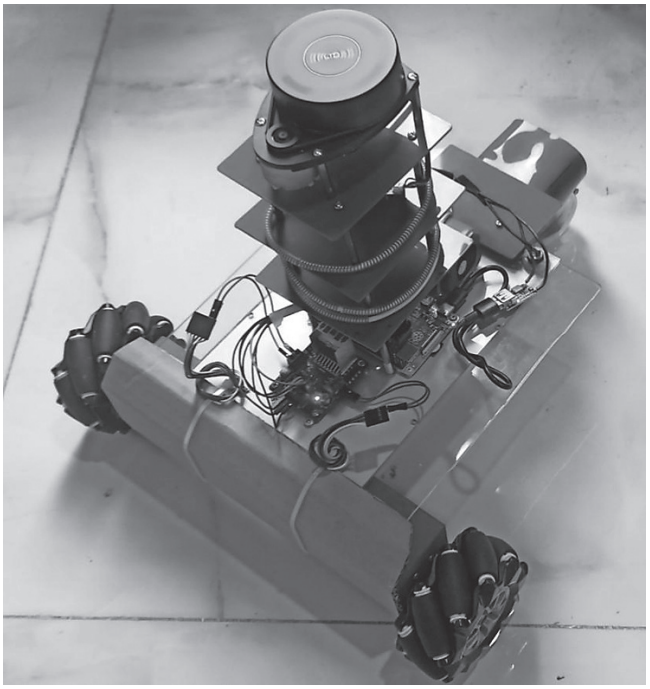
3) Lấy mẫu lại: Tùy thuộc vào giá trị $\omega_t^{(i)}$, các mẫu $\left(x_t^{(i)}\right)$ có giá trị nhỏ hơn $\omega_t^{(i)}$ sẽ được loại bỏ và thay thế bằng cách lấy mẫu lại.

4) Cập nhật bản đồ: Việc cập nhật bản đồ được thực hiện bởi công thức sau:

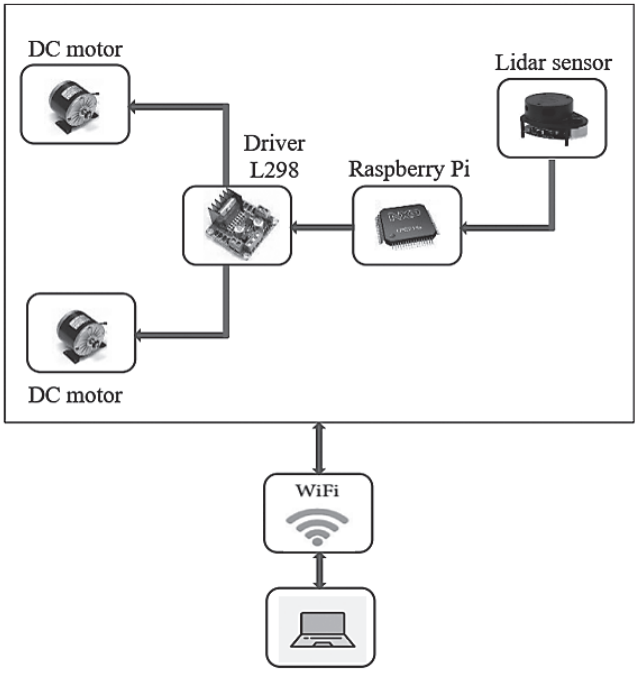
$$\omega_t^{(i)} = \omega_{t-1}^{(i)} \eta \frac{p\left(z_t \mid x_{1:t}^{(i)}, z_{1:t-1}\right) p\left(x_t^{(i)} \mid x_{1:t-1}^{(i)}, u_{1:t-1}\right)}{\pi\left(x_{1:t}^{(i)} \mid z_{1:t}, u_{1:t}\right)} \quad (14)$$

4. THIẾT KẾ MÔ HÌNH VÀ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

4.1. Thiết kế mô hình



Hình 4.1: Mô hình robot



Hình 4.2: Sơ đồ kết nối vật lý của robot

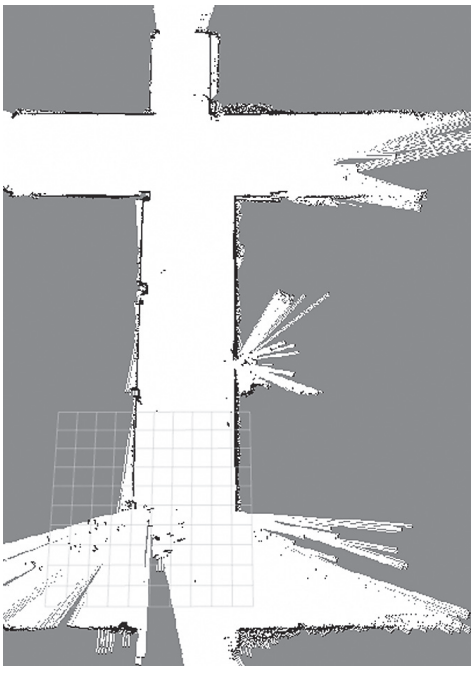
Với Hình 4.1: 1 - Cảm biến Liadar 2D 360^0; 2 - Bánh xe đa hướng gắn theo trục quay của động cơ DC; 3 - Bánh xe lái; 4 - Mô-đun công suất L298; 5 - Bộ điều khiển Raspberry Pi V4.

Phần cứng được thực hiện trong nghiên cứu này bao gồm: Mô-đun điều khiển chính sử dụng Kit vi điều khiển Raspberry Pi V4 lấy dữ liệu khoảng cách từ cảm biến Lidar để điều hướng cho robot và phát dữ liệu về máy tính thông qua kết nối wifi, mô-đun chuyển động dùng 2 động cơ DC để điều khiển tốc độ quay của 2 bánh xe đa hướng thông qua mạch điều khiển công suất L298, mô-đun nguồn Pin dùng để cung cấp năng lượng cho toàn hệ thống và mô-đun cảm biến Lidar dùng để xác định khoảng cách vật cản. Cấu trúc mô hình hệ thống được thể hiện trong *Hình 4.1* và sơ đồ kết nối vật lý được trình bày trong *Hình 4.2*.

4.2. Kết quả thực nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện tại nhà của nhóm nghiên cứu và cơ sở 1165, QL1A, Q.12 của Trường Đại học Nguyễn Tất Thành. *Hình 4.3* cho thấy kết quả được thực hiện tại hành lang khu giảng đường của Trường Đại học Nguyễn Tất Thành trong điều kiện nền lát gạch nên robot dễ dàng tự di chuyển và khu vực ít vật cản và không có người qua lại. Kết quả cho thấy quá trình tự di chuyển và vẽ bản đồ được thực thi nhanh chóng và chính xác. *Hình 4.4* thể hiện kết quả được thực hiện tại nhà trong điều kiện không có người, có nhiều vật cản cho nên quá trình vẽ bản đồ tốn nhiều thời gian hơn.

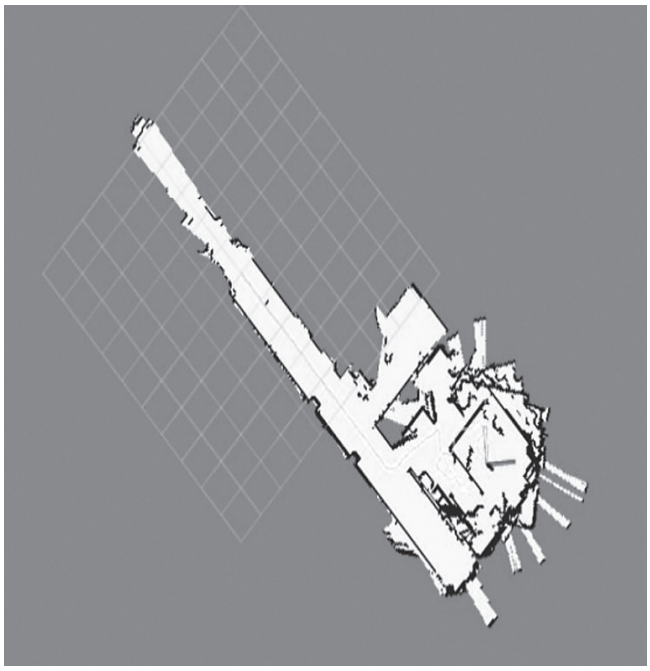
a) - Hình thực tế



b) - Kết quả vẽ bản đồ

Hình 4.3: Kết quả thực nghiệm tại hành lang cơ sở 1165, QL1A,

a) - Hình thực tế



b) - Kết quả vẽ bản đồ

Hình 4.4: Kết quả thực nghiệm tại nhà

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã vẽ thành công bản đồ theo thời gian thực ở môi trường trong nhà thông qua robot tự hành. Robot tự hành được chế tạo hoạt động tốt, thuật toán RBPF-SLAM làm việc ổn định và độ chính xác cao với điều kiện kết nối wifi ổn định. Thông qua các kết quả vẽ bản đồ trong môi trường ít vật cản và môi trường nhiều vật cản cho thấy sản phẩm rất đáng tin cậy.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Nguyễn Tất Thành theo hợp đồng số 2021.01.156/HĐ-KHCN.

Tài liệu tham khảo

[1]. H. Durrant-Whyte (Jul., 1986), *Consistent integration and propagation of disparate sensor observations*, in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom., pp.3-24.

[2]. M. Yang (Jul., 2018), *Overview on issues and solutions of SLAM for mobile robot*, Comput. Syst. Appl., vol.27, no.7, pp.1-10.

[3]. R. Smith, M. Self and P. Cheeseman (Dec. 1987), *Estimating uncertain spatial relationships in robotics*, in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom., pp. 435-461.

[4]. S. Holmes, G. Klein and D. W. Murray (May 2008), *A square root unscented Kalman filter for visual monoSLAM*, in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom., pp.3710-3716.

[5]. A. Doucet (2000), *Rao-blackwellised particle filtering for dynamic Bayesian networks*, in Proc. Conf. Uncer. Artif. Intel.(UAI), pp.176-183.

[6]. F. Dellaert, D. Fox, W. Burgard and S. Thrun (Dec. 1999), *Monte Carlo localization for mobile robots*, in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom., pp.1322-1328.

[7]. A. H. Phan, N. D. Bui, D. Q. H. Tran, D. T. Vu and V. T. T. Nguyen (2020), *Research and development a mapping and navigation simultaneously using ROS system* (in Vietnamese), The 23nd National Conference on Electronics, Communications and Information Technology, pp.42-49.

[8]. M. B. Dinh, V. A. Dang, T. C. Nguyen and X. V. Hoang (2021), *Evaluation and Optimization of Hector SLAM Algorithm for mapping and navigation on Pimouse Robot*, (in Vietnamese), The 24nd National Conference on Electronics, Communications and Information Technology.

[9]. Yun, Xiaoping and Yoshio Yamamoto (1993), *Internal dynamics of a wheeled mobile robot*, Proceedings of 1993 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS›93), vol.2, IEEE, pp.1288-1294.

Ngày nhận bài: 03/5/2023
Ngày chấp nhận đăng: 19/5/2023
Người phản biện: TS. Đỗ Hữu Hoàng
TS. Hồ Thị Mỹ Nữ

Giải pháp sử dụng công cụ auto tuning trong tia để xác định giá trị bộ điều khiển PID cho áp suất nồi hơi tàu thủy

■ **ThS. TRẦN TIẾN LƯƠNG(*); PGS. TS. HOÀNG XUÂN BÌNH**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)luongtt.ddt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Trong bài báo, tác giả giới thiệu về việc sử dụng công cụ tự tổng hợp bộ điều khiển PID trên phần mềm TIA cho PLC Siemens để xác định tham số bộ điều khiển PID cho áp suất của nồi hơi tàu thủy. Trong đó, mô hình nồi hơi sẽ được xây dựng trên phần mềm Matlab và ghép nối thời gian thực với PLC S7-1200 nhằm phục vụ việc xác định giá trị bộ điều khiển PID.

TỪ KHÓA: Tự tổng hợp tham số PID, PID trong TIA, PID_compact, mô hình nồi hơi thời gian thực.

ABSTRACT: In this paper, the author introduces the use of auto tuning tool of PID controller on TIA software for Siemens PLCs to determine parameters of PID controller for steam pressure of ship's boiler. In which, the real-time Boiler model built on Matlab is paired with S7-1200 PLC to determine the PID controller.

KEYWORDS: Auto tuning PID, TIA, PID_compact, real-time boiler model.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật nói chung và kỹ thuật điều khiển nói riêng, các bộ điều khiển PID cũng dần được sử dụng để thay thế cho các bộ điều khiển ON/OFF. Các bộ PID tích hợp trong PLC hiện nay không chỉ điều khiển được đối tượng bám sát với giá trị đặt mà các công cụ phần mềm để lập trình PLC còn cho phép tự động tổng hợp tham số bộ điều khiển PID để có được giá trị bộ PID đáp ứng như mong muốn.

Để thực hiện nghiên cứu khả năng sử dụng tính năng tự tổng hợp tham số bộ PID trong phần mềm lập trình TIA cho PLC của Siemens, ta có thể ghép trực tiếp các PLC như S7-1200, S7-300, S7-400, S7-1500 với các đối tượng nồi hơi thực. Phương pháp này mặc dù mang lại tính thực tế cao nhưng cũng có nhiều rủi ro như tham số bộ PID trong quá trình tổng hợp có thể mất an toàn cho nồi hơi, mất nhiều công sức và thời gian thực hiện.

Một phương pháp khác có thể thực hiện là mô phỏng thời gian thực cho nồi hơi tàu thủy, rồi kết nối mô hình thời gian thực này với các thiết bị điều khiển PLC để thực hiện tính năng tự động tổng hợp tham số. Phương pháp này có ưu điểm là tận dụng được các mô hình nồi hơi đã được xây dựng trên Matlab, giảm thời gian, công sức và chi phí thực hiện.

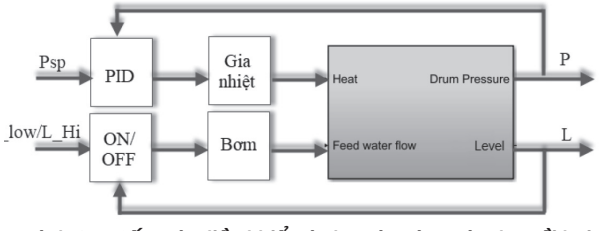
Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một giải pháp mô phỏng nồi hơi thời gian thực trên Matlab và kết nối tín hiệu với PLC. Trên cơ sở đó, tiến hành sử dụng tính năng auto tuning của phần mềm TIA để tổng hợp tham số PID cho bộ điều khiển PLC S7-1200.

Bài báo được tổ chức như sau: Trong phần 2, cấu trúc điều khiển và mô hình nồi hơi được mô tả trên Matlab Simulink. Trong phần 3 là tính năng các bộ điều khiển PID của PLC S7-1200. Kết quả thí nghiệm và nhận xét được nêu trong Phần 4. Bài báo kết thúc với Kết luận.

2. CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN ÁP LỰC HƠI CHO NỒI HƠI TÀU THỦY

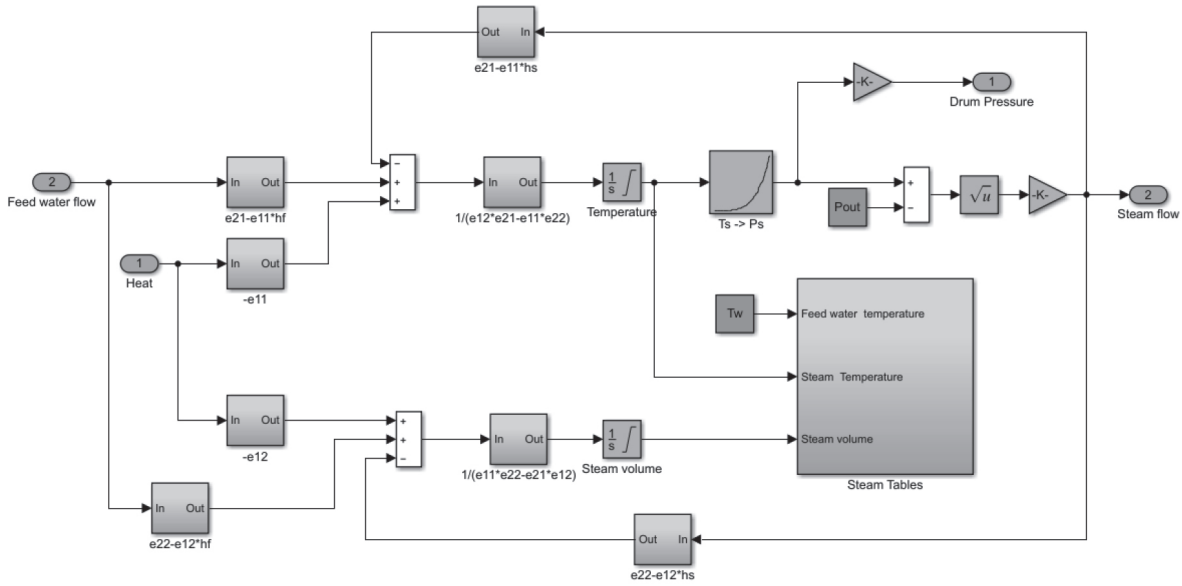
Trong bài báo này, tác giả thực hiện điều khiển áp suất hơi trong nồi hơi. Trong cấu trúc này, áp suất hơi được điều khiển duy trì tại giá trị đặt bởi một bộ điều khiển PID. Thông qua việc thay đổi lượng nhiệt cấp vào nồi hơi, bộ điều khiển PID sẽ điều chỉnh được áp lực hơi trong nồi.

Mức nước nồi hơi được duy trì giữa 2 mức là mức L_low và L_High, nhiệm vụ này được thực hiện độc lập bằng một bộ điều khiển ON/OFF để điều khiển bơm cấp nước cho nồi hơi. Khi mức nước dưới mức thấp bơm sẽ được bật để bơm nước vào, đến khi mức nước đạt trên mức cao thì dừng cấp.



Hình 2.1: Cấu trúc điều khiển áp lực và mức nước cho nồi hơi tàu thủy

Trong bài báo này, tác giả xác định tham số bộ điều khiển PID thông qua tính năng auto tuning của phần mềm lập trình PLC. Vì thế, mô hình toán đối tượng là không cần thiết cho việc tính toán giá trị bộ PID. Do đó, tác giả sử dụng mô hình nồi hơi được cung cấp sẵn trong phần mềm Matlab.



Hình 2.2: Mô hình mô phỏng nồi hơi của Matlab

3. CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN PID HỖ TRỢ BỞI PLC S7-1200

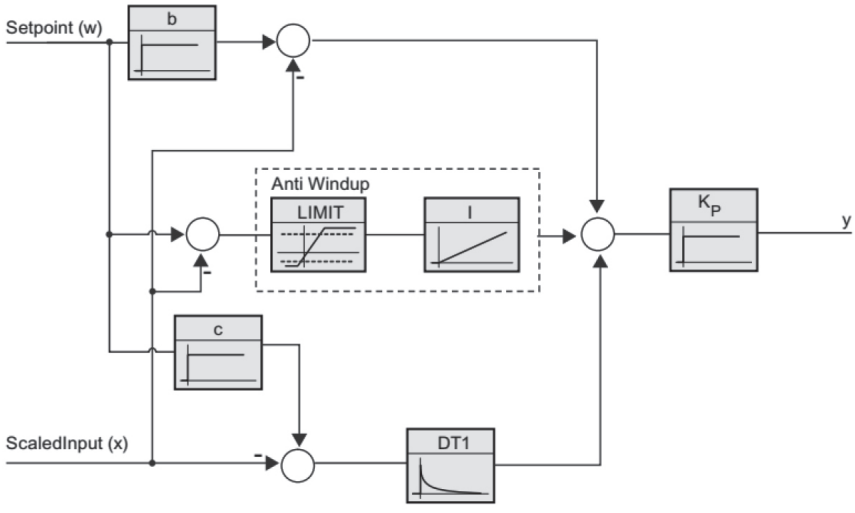
Với một bộ tham số PID thích hợp, đáp ứng của hệ thống với giá trị đặt sẽ trở nên nhanh chóng, ổn định và ít sai lệch. Đầu ra bộ điều khiển PID sẽ được gửi tới để điều khiển các thiết bị chấp hành. Do đó, tín hiệu ra của bộ điều khiển cũng sẽ phải cùng với dạng tín hiệu mà thiết bị chấp hành có thể nhận được. Một số thiết bị chấp hành cho các quá trình thực tế thường thấy như:

- Thiết bị chấp hành điều khiển dòng chảy, dòng lưu lương: van, cửa sập, van cổng...
- Thiết bị chấp hành điều khiển lưu lượng khối lượng: băng tải, băng chuyền...
- Thiết bị chấp hành điều khiển dòng công suất điện: công tắc-tơ, rơ-le, transistor, thysistor, trở nhiệt, biến áp...

Khi đó, tín hiệu điều khiển từ bộ điều khiển tới các thiết bị chấp hành cũng khác nhau.

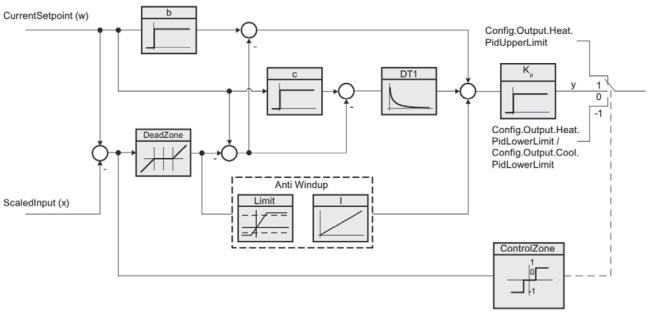
+ Thiết bị chấp hành sử dụng tín hiệu điều khiển tương tự: Đây là những thiết bị chấp hành tác động tỉ lệ với tín hiệu tương tự xuất ra từ bộ điều khiển. Thông qua tín hiệu như 0 - 10 V, 4 - 20 mA thì thiết bị sẽ thay đổi giá trị tương ứng (như góc mở van, lưu lượng, tốc độ...).

+ Thiết bị chấp hành với tín hiệu điều khiển là độ rộng xung: Đầu ra bộ điều khiển là các xung có chu kỳ T và có độ rộng thay đổi. Các thiết bị chấp hành sử dụng tín hiệu xung thường dùng cho các thiết bị gia nhiệt điện trở. Đầu ra xung không phù hợp với các thiết bị chấp hành như van.



Hình 3.1: Cấu trúc khối PID_Compact trong TIA

PLC S7-1200 cung cấp khối PID_Compact là một bộ điều khiển PID tích hợp sẵn trong PLC. Đây là một khối được thiết kế để điều khiển PID cho các đối tượng khác nhau, bộ điều khiển này cũng được tích hợp sẵn với khâu chống tích phân bão hòa.



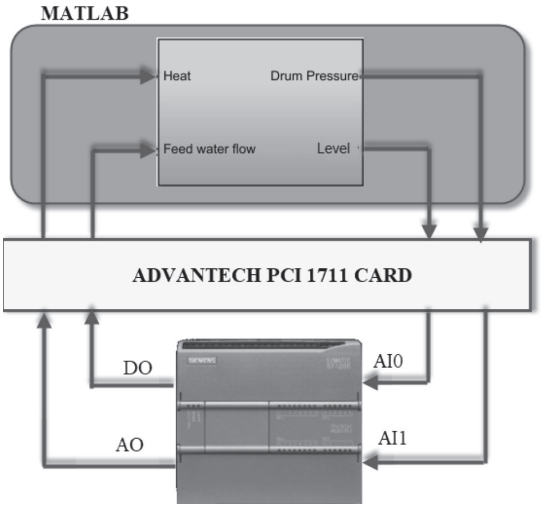
Hình 3.2: Cấu trúc khối PIC_Temp trong TIA

Ngoài ra, để phục vụ mục đích điều khiển tốt hơn với các bộ điều khiển nhiệt độ, TIA cũng cung cấp một khối điều khiển PID khác là PID_Temp. Bộ điều khiển PID_Temp cung cấp thêm một vùng chết (Dead_zone) để hỗ trợ điều khiển với các hệ thống sử dụng thiết bị chấp hành dạng van on/off. Như ta đã biết, khi nhiễu tác động lên quá trình cũng sẽ ảnh hưởng tới đầu ra điều khiển van. Trong trường hợp đó, khi sai lệch điều khiển nằm trong vùng chết (dead zone) thì sẽ không ảnh hưởng tới đầu ra bộ điều khiển, nhờ đó giảm tác động của nhiễu lên đầu ra điều khiển van.

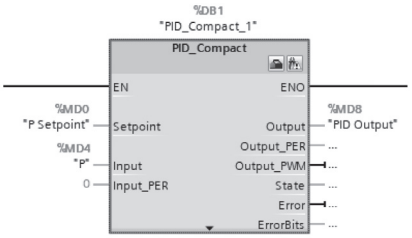
4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Để thực hiện tính năng tự tổng hợp bộ điều khiển, tác giả xây dựng cấu trúc như *Hình 4.1*. Trong đó, mô hình nồi hơi được thực hiện bằng độ mô phỏng thời gian thực trên Matlab. Các tín hiệu trao đổi từ mô hình Matlab với PLC S7-1200 thực hiện nhờ card Advantech PCI 1711. Với hai tín hiệu lấy từ mô hình nồi hơi về PLC là tín hiệu áp suất và tín hiệu mức nước nồi hơi. Hai tín hiệu này qua card PCI 1711 được chuyển thành tín hiệu tương tự từ 0-10V và gửi tới PLC thông qua các đầu vào tương tự.

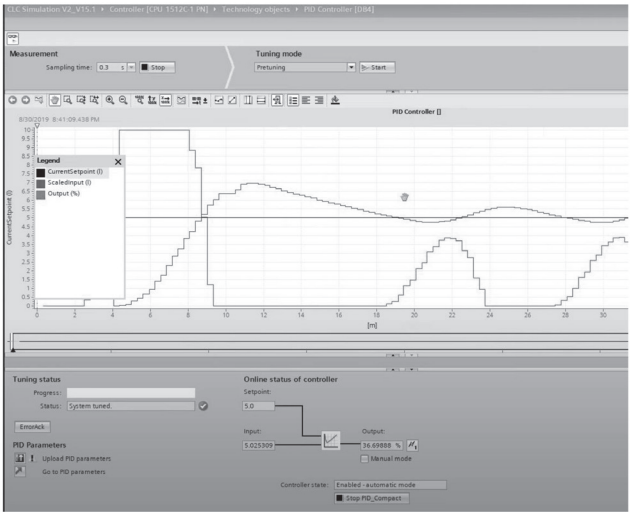
Bộ điều hiển áp suất nồi hơi là bộ PID_Compact trong PLC S7-1200 với đầu ra tương tự từ 0-10V. Tín hiệu này thông qua card PLC 1711 gửi tới chân gia nhiệt cho nồi hơi để duy trì áp suất hơi tại điểm đặt. Riêng tín hiệu của bộ điều khiển bơm cấp nước nồi hơi chỉ là tín hiệu số lên được xuất ra một chân DO và gửi tới mô hình nồi hơi.



Hình 4.1: Cấu trúc thực hiện tổng hợp bộ điều khiển PID cho PLC S7-1200



Hình 4.2: Sơ đồ bộ PID_compact



Hình 4.3: Kết quả đáp ứng áp suất nồi hơi khi sử dụng tính năng auto tune trên TIA

Sau khi kết nối mô hình thời gian thực của nồi hơi với PLC để thực hiện tính năng tự tổng hợp tham số bộ điều khiển. Thông số đã tính toán được bộ điều khiển là bộ PI với tham số Kp = 1,52 và K_I = 0,46. Các tín hiệu áp suất hơi, đầu ra điều khiển, giá trị đặt và đáp ứng hệ thống được mô tả như *Hình 4.3*. Đáp ứng của bộ điều khiển đã duy trì được áp suất nồi hơi tại giá trị đặt 5 bar.

5. KẾT LUẬN

Bộ điều khiển PID được tổng hợp bằng tính năng auto tune của TIA đã cho kết quả đáp ứng tốt; có khả năng bám điểm đặt và chống nhiễu cao. Điều này giúp cho tổng hợp tham số của các bộ điều khiển PID trong PLC một cách nhanh chóng mà ko cần phải có được mô hình toán của đối tượng, đặc biệt là các bộ điều khiển PID cho nồi hơi tàu thủy cũng như cho các đối tượng phức tạp khác.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT22-23.60.

Tài liệu tham khảo

[1]. *SIMATIC S7-1200, S7-1500 PID control (https://support.industry.siemens.com/).*

[2]. *Real time simulation and test (https://www.mathworks.com).*

Ngày nhận bài: 15/3/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2023
Người phản biện: TS. Vương Đức Phúc
ThS. Vũ Ngọc Minh

Nghiên cứu ảnh hưởng góc nghiêng của cánh bánh xe nước trong thủy điện cỡ nhỏ bằng phương pháp mô phỏng CFD

■ **TS. PHẠM MINH NGỌC**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: ngocpm.mtb@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Trong nghiên cứu này, tác giả đề xuất nghiên cứu ảnh hưởng góc nghiêng của cánh bánh xe nước trong việc ứng dụng vào thủy điện cỡ nhỏ. Ngày nay, với sự phát triển của khoa học máy tính, phương pháp mô phỏng CFD ngày càng được áp dụng phổ biến và mang lại hiệu quả cao, tiết kiệm chi phí. Trong nghiên cứu, tác giả thiết kế bánh xe nước có công suất 100 W và tiến hành mô phỏng với các trường hợp góc nghiêng khác nhau từ -200 đến 200 với khoảng thay đổi là 100. Thông qua kết quả mô phỏng CFD với độ tin cậy cao bằng cách loại bỏ các yếu tố ảnh hưởng của sự hội tụ lưới, mô hình dòng rối, đã cho thấy góc nghiêng của cánh bánh xe nước là 0^0 sẽ cho hiệu suất và công suất là cao nhất so với các trường hợp còn lại.

TỪ KHÓA: Bánh xe nước, thủy điện cỡ nhỏ, CFD, góc nghiêng của cánh, mô hình dòng rối.

ABSTRACT: In this study, the authors propose investigating the effect of the blade angle of a water wheel on its application in small-scale hydropower. Nowadays, with the development of computer science, the CFD simulation method is increasingly being widely applied, providing high efficiency and cost-saving benefits. In this research, the authors design the 100W water wheel and simulate different blade angles ranging from -200 to 200 with a 100 interval. Through the CFD simulation results with high reliability by eliminating the influence factors of mesh convergence, turbulence modeling, it is shown that the blade angle of 0^0 yields the highest performance and power compared to other cases.

KEYWORDS: Water wheel, small-scale hydropower, blade angle, turbulence model.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, sử dụng năng lượng tái tạo đang trở thành một xu thế trên toàn cầu bởi những hiệu quả thu được như thân thiện với môi trường, có tính bền vững cao, vô tận về trữ lượng. Một trong số đó là năng lượng thủy điện. Các công trình thủy điện ở Việt Nam hiện đang ứng dụng các loại tua-bin khác nhau phụ thuộc vào cột áp và lưu lượng xả để đạt được hiệu suất làm việc cao nhất. Tuy nhiên, để chế tạo các loại tua-bin này đòi hỏi quy trình thiết kế hình dáng của tua-bin khá phức tạp. Đồng thời, với các công trình thủy điện cỡ nhỏ, thiết kế phức tạp của thiết bị hấp thụ năng lượng sẽ làm tăng chi phí chế tạo cũng như vận hành và sửa chữa. Bên cạnh đó, tua-bin thủy điện dạng bánh xe nước đã được ra đời từ rất lâu [1, 2] nhưng gần đây được các nhà nghiên cứu đặc biệt quan tâm do có cấu trúc đơn giản dễ chế tạo phù hợp với các khu vực xa xôi hẻo lánh, cũng như nơi sản xuất có trình độ công nghệ thấp [3, 4]. Không những vậy, với sự phát triển của khoa học máy tính và việc xuất hiện các công cụ mô phỏng đã tạo điều kiện cho việc giải quyết bài thiết kế tua-bin trở nên tiết kiệm và hiệu quả hơn [5, 6]. Năng lượng được tạo ra bởi bánh xe nước trong quy mô thủy điện cỡ nhỏ cần được tính toán chính xác và mang lại hiệu quả. Do đó, việc nghiên cứu thiết kế của bánh xe nước là cần thiết để nâng cao hiệu suất làm việc.

Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng phương pháp mô phỏng số CFD để đánh giá ảnh hưởng từ góc nghiêng của cánh bánh xe nước cho một trường hợp cụ thể. Mô hình thiết kế của bánh xe nước này sẽ lắp đặt phù hợp tại các khu vực sông của Việt Nam có chiều sâu từ 1,5 - 2 m và có tốc độ dòng chảy vào khoảng 1,5 m/s.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG SỐ

Có nhiều loại bánh xe nước khác nhau, tuy nhiên trong nghiên cứu này, để tận dụng được tối đa nguồn năng lượng từ tốc độ dòng chảy của sông, tác giả lựa chọn bánh xe nước dòng. Bánh xe nước dòng sẽ nhận động năng của dòng nước thay vì thế năng hoặc cả thế năng và động năng của dòng nước để tạo ra công suất. Động năng lý tưởng của dòng nước được xác định bởi công thức sau:

$$E = m \times U = \rho \times v \times U \quad (1)$$

Trong đó: m - Khối lượng của nước (kg); U - Vận tốc của dòng nước (m/s); p - Khối lượng riêng của nước (kg/m^3); v - Độ nhớt động học của nước (m^2/s).

Hình 2.1 mô tả nguyên lý hoạt động của bánh xe nước

dòng. Ở đây, bánh xe nước được chìm một phần trong nước với chiều sâu dòng chảy vào là d_1, khi đó lực tác dụng lên một cánh của bánh xe nước dòng được tính bởi công thức sau:

$$F = 0.5 \times \rho \times C_D \times A \times V_r^2 \quad (2)$$

Khi khối nước chảy qua trong một đơn vị thời gian được xác định bởi công thức: pAU và động năng của khối nước sẽ được xác định bởi công thức:

$$P = 1/2 \rho A U^3 \quad (3)$$

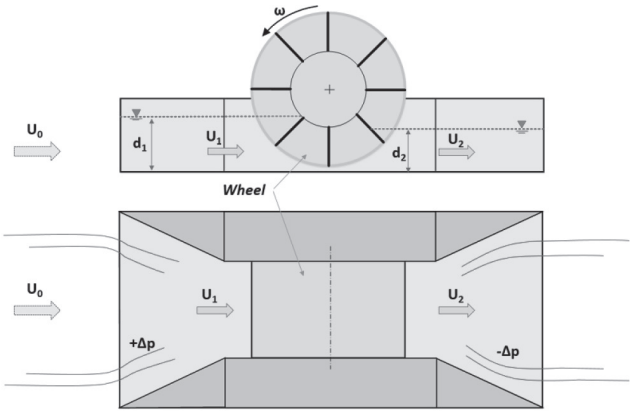
Đây là năng lượng của dòng nước, tuy nhiên chỉ một phần năng lượng này có thể chuyển hóa thành chuyển động quay của bánh xe nước. Vì vậy, năng lượng thu bởi bánh xe nước dòng có thể tính bởi công thức sau:

$$P_{extracted} = C_P 1/2 \rho A U^3 \quad (4)$$

Trong đó: C_p - Hiệu suất của bánh xe nước dòng.

Để đánh giá hoạt động của bánh xe nước dòng tại các vòng quay khác nhau, một giá trị cần được xem xét đó là tỉ số tốc độ tại đầu cánh (Tip-speed-ratio) được tính bởi công thức:

$$\lambda = R\omega / U \quad (5)$$



Hình 2.1: Nguyên lý hoạt động của bánh xe nước dòng

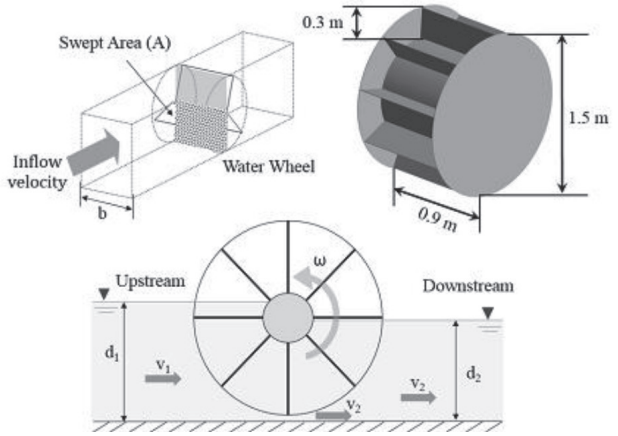
Trong bài báo này, một loạt các giá trị TSR được tính toán với các trường hợp góc nghiêng của cánh bánh xe nước dòng khác nhau, trong khi giữ nguyên vận tốc dòng chảy vào.

Để tính toán và đánh giá hoạt động của bánh xe nước dòng, phương pháp mô phỏng số CFD được áp dụng thay vì sử dụng các công thức toán học giải tích. Phương pháp mô phỏng số CFD sử dụng mô hình toán học, vật lý và kỹ thuật máy tính để mô phỏng dòng chảy của chất lỏng hoặc chất khí. Phương pháp này xuất hiện vào đầu những năm thế kỷ 20 và ngày càng phát triển đã mang lại hiệu quả cao và tiết kiệm chi phí khi thiết kế các thiết bị. Phương pháp này dựa trên chủ yếu 3 định luật bảo toàn bao gồm: bảo toàn khối lượng, bảo toàn mô-men và bảo toàn năng lượng, đồng thời kết hợp cùng phương pháp phần tử hữu hạn hoặc thể tích hữu hạn để xây dựng nên mô hình.

3. THIẾT KẾ VÀ THIẾT LẬP MÔ PHỎNG CFD

3.1. Thiết kế bánh xe nước dòng

Để thực hiện thiết kế bánh xe nước dòng, việc trước tiên cần thực hiện đó là tiến hành khảo sát và tính toán các thông số thiết kế ban đầu. *Hình 3.1* mô tả thiết kế ban đầu của bánh xe nước dòng và *Bảng 3.1* mô tả các thông số của bánh xe nước dòng.



Hình 3.1: Hình dạng thiết kế của bánh xe nước dòng

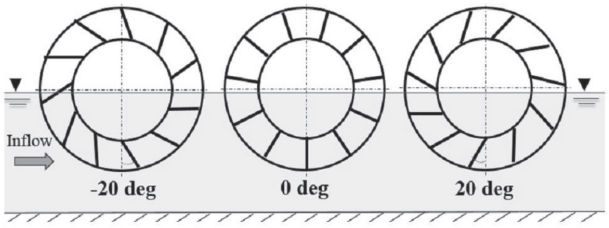
Bảng 3.1. Các thông số thiết kế của bánh xe nước dòng

Thông số	Giá trị
Công suất phát ra, P (W)	100
Đường kính ngoài D (m)	1,5
Chiều rộng của bánh xe nước dòng, b (m)	0,9
Kích thước cánh (m) (Chiều dài x Chiều rộng x Độ dày)	0,3 x 0,9 x 0.006
Hình dạng cánh	Hình chữ nhật

Trong nghiên cứu này, các giá trị góc nghiêng của cánh bánh xe nước dòng được khảo sát với các giá trị liên tục từ -20^0 đến 20^0 với khoảng thay đổi là 10^0. *Bảng 3.2* và *Hình 3.2* mô tả các trường hợp tính toán thay đổi góc nghiêng của cánh.

Bảng 3.2. Các thông số thiết kế của bánh xe nước dòng

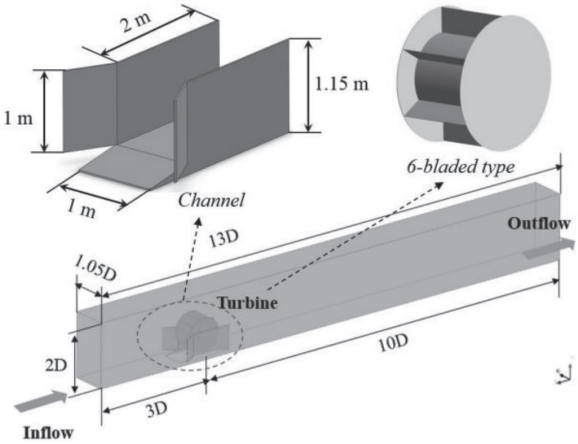
Khe hở đáy (m)	0,15
Số lượng cánh	11
Góc nghiêng của cánh	**-20^0, -10^0, 0^0, 10^0, 20^0**



Hình 3.2: Các góc nghiêng khác nhau của cánh

3.2. Mô phỏng CFD

Mô hình CFD sử dụng trong mô phỏng bánh xe nước dòng được mô tả trong *Hình 3.3.* Khoảng cách từ bánh xe nước dòng tới phía trước và phía sau của miền chất lỏng tính toán lần lượt là 3D và 10D (7, 8). Trong mô hình CFD, các định luật bảo toàn về khối lượng, mô-men và thể tích được sử dụng. Do bánh xe chỉ ngập một phần trong nước, vì vậy mô hình dòng chảy đa pha được áp dụng. Mô hình dòng chảy đa pha sẽ bao gồm nước và không khí.



Hình 3.3: Mô hình CFD cho miền chất lỏng tính toán

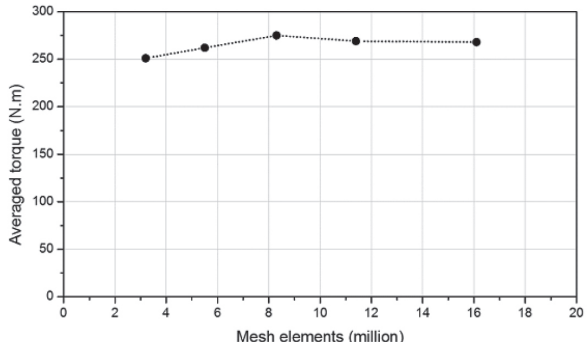
Phương pháp mô phỏng theo thời gian được sử dụng trong mô hình CFD. Ở đây, sau mỗi 144 bước mô phỏng thì bánh xe nước sẽ quay được một vòng.

Các điều kiện biên được sử dụng trong tính toán mô phỏng CFD được thể trong *Bảng 3.3*.

Bảng 3.3. Các điều kiện biên

Mô hình dòng rối	k - ω SST
Dòng vào	Lưu lượng (Q = 0,8 m^3/s)
Dòng ra	Dòng mở (Opening)
Phía trên	Dòng mở (Opening)
Các biên tường (wall)	Tường không trượt
Số bước mô phỏng	144

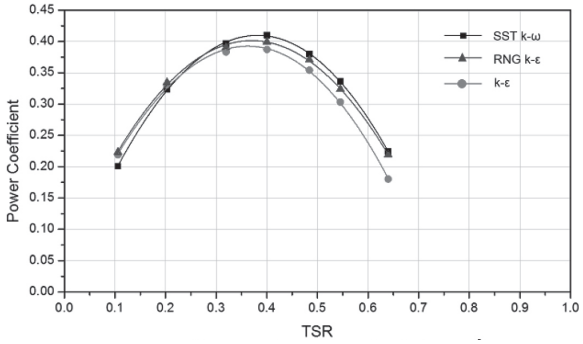
Để tránh ảnh hưởng của lưới miền chất lỏng ảnh hưởng đến kết quả, kiểm tra độ hội tụ của lưới mô phỏng được thực hiện với các kích thước lưới khác nhau (9, 10). Độ hội tụ của lưới được thể hiện trong *Hình 3.4*.



Hình 3.4: Kiểm tra độ hội tụ của lưới mô phỏng

Dựa trên kết quả tính mô-men xoắn của bánh xe nước với các giá trị kích thước lưới khác nhau, có thể thấy rằng kích thước lưới là 11,4 x 10^6 phần tử phù hợp, đáp ứng yêu cầu về sự hội tụ của lưới.

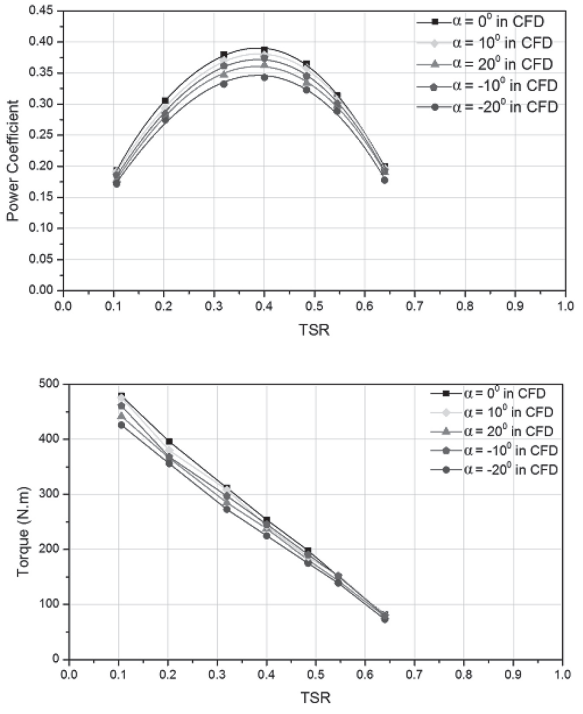
Bên cạnh đó, mô hình dòng rối cũng cần được khảo sát để lựa chọn mô hình dòng rối phù hợp. Trong nghiên cứu này, tác giả đã thực hiện 3 dạng mô hình dòng rối khác nhau bao gồm: k - ω SST, k - ε, RNG k - ε với cùng điều kiện biên và phương pháp số. Qua khảo sát cho thấy mô hình dòng rối k - ω SST sẽ phù hợp cho bài toán mô phỏng bánh xe nước dòng, do ưu điểm của mô hình dòng rối này cho phép dự đoán tốt hơn dòng chảy rối xảy ra tại bề mặt của cánh bánh xe nước. *Hình 3.5* thể hiện sự so sánh giữa các mô hình dòng rối.



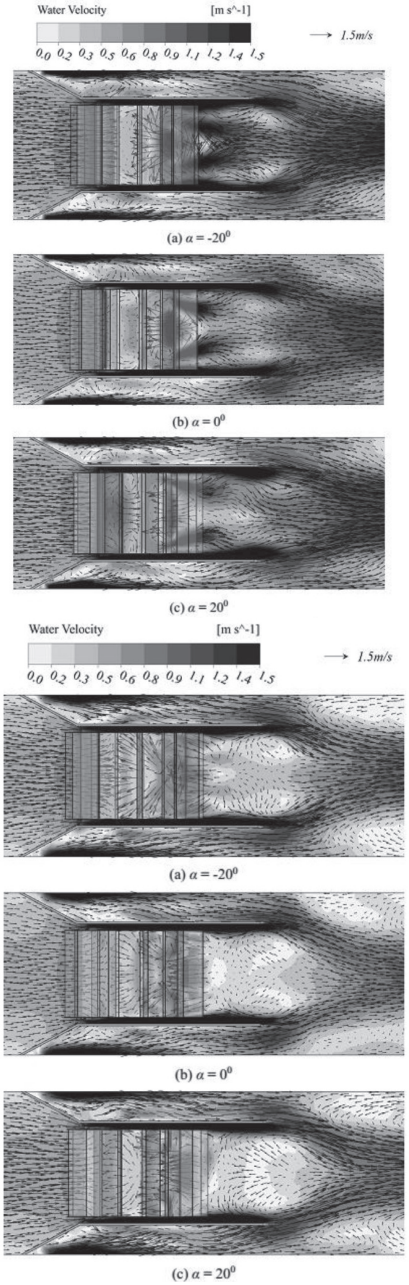
Hình 3.5: So sánh giữa các mô hình dòng rối

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả mô phỏng CFD với các góc nghiêng khác nhau được thể hiện trong *Hình 4.1*. Có thể thấy rằng, với góc nghiêng của cánh bánh xe nước là 0^0 sẽ đạt được hiệu suất cao nhất so với các trường hợp còn lại tại tất cả các giá trị TSR khác nhau. Hiệu suất cao nhất tương ứng tại giá trị TSR = 0,4 và giảm dần tới giá trị TSR = 0,64. Tuy nhiên, với giá trị TSR < 0,4 thì góc nghiêng của cánh là 10^0 sẽ cho hiệu suất của bánh xe nước là cao nhất so với các giá trị góc nghiêng còn lại, ngoại trừ giá trị 0^0. Trong trường hợp TSR >=0,4, góc nghiêng cánh là -10^0 sẽ cho được hiệu suất cao hơn các trường hợp còn lại. Với các giá trị góc nghiêng của cánh là -20^0 và 20^0 đều cho hiệu suất thấp hơn các trường hợp góc nghiêng còn lại. Tuy nhiên, với giá trị góc nghiêng mang giá trị dương sẽ cho hiệu suất cao hơn với các góc nghiêng có giá trị âm.



Hình 4.1: Hiệu suất và mô-men xoắn của bánh xe nước tương ứng với các trường hợp góc nghiêng của cánh bánh xe nước khác nhau



Hình 4.2: Trường vận tốc tại mặt cắt so với đáy của bánh xe nước ở giá trị 0,15 m và 0,35 m

Hình 4.2 mô tả trường vận tốc xung quanh bánh xe nước tại các góc nghiêng khác nhau. Có thể thấy rằng, với các góc nghiêng của cánh là -20^0 và 20^0 thì dòng chảy rối và dòng chảy ngược xuất hiện nhiều tại phía sau của bánh xe nước, điều này dẫn tới làm giảm đáng kể tới công suất và hiệu suất của bánh xe nước.

5. KẾT LUẬN

Bằng việc sử dụng phương pháp mô phỏng CFD, tác giả đã tiến hành mô hình hóa mô phỏng bánh xe nước với các giá trị góc nghiêng của cánh bánh xe nước khác nhau. Quá trình thiết lập mô phỏng được thực hiện mang lại kết quả đáng tin cậy bằng cách loại bỏ ảnh hưởng của lưới miền chất lỏng và mô hình dòng rối. Các giá trị góc nghiêng của cánh được tính toán lần lượt từ -20^0 tới 20^0 với khoảng thay đổi là 10^0. Kết quả mô phỏng cho thấy, với góc nghiêng của cánh là 0^0 sẽ mang lại hiệu suất cao nhất so với các trường hợp còn lại. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, khoảng thay đổi góc nghiêng của cánh là 10^0, vì vậy chưa thể dự đoán được tác động thay đổi của góc nghiêng khi góc nghiêng nằm trong khoảng từ 0^0 đến 10^0. Do đó, chúng tôi sẽ tiếp tục nghiên cứu trong tương lai gần.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT22-23.23.

Tài liệu tham khảo

[1]. Denny, M. (2003), *The efficiency of overshot and undershot waterwheels*, European journal of physics, 25(2), 193.

[2]. Jones, Z. (2005), *Domestic electricity generation using waterwheels on moored barge*, School of the Built Environment, Heriot-Watt University (dissertation).

[3]. Capecchi, D. (2013), *Over and undershot waterwheels in the 18th century*, Science-technology controversy, Advances in Historical Studies, 2(03), 131.

[4]. Quaranta, E., & Revelli, R. (2015), *Performance characteristics, power losses and mechanical power estimation for a breastshot water wheel*, Energy, 87, 315-325.

[5]. Denny, M. (2003), *The efficiency of overshot and undershot waterwheels*, European journal of physics, 25(2), 193.

[6]. Yelguntwar, P., Bhange, P., Lilhare, Y., & Bahadure, A. (2014), *Design, fabrication & testing of a waterwheel for power generation in an open channel flow*, International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology, 2.

[7]. Batten, W. M. J., Weichbrodt, F., Muller, G. U., Hadler, J., Semlow, C., Hochbaum, M... & Frohle, P. (2011, June), *Design and stability of a floating free stream energy converter*, In Proceedings of the 34th World Congress of the International Association for Hydro-Environment Research and Engineering: 33rd Hydrology and Water Symposium and 10th Conference on Hydraulics in Water Engineering, pp.2372-2379.

[8]. Nguyen, M. H., Jeong, H., Kim, B. G., & Yang, C. (2016), *Tidal Farming Optimization around Jangjuk-sudo by Numerical Modelling*, The KSFM Journal of Fluid Machinery, 19(4), 54-62.

[9]. Nguyen, M. H., Hoang, A. D., & Yang, C. J. (2014), *A Study On Performance Of Vane Tidal Turbine: From Concept To Application*, 한국해양환경, 에너지학회 학술대회논문집, 2425-2425.

[10]. Yah, N. F., Oumer, A. N., & Idris, M. S. (2017), *Small scale hydro-power as a source of renewable energy in Malaysia: A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72, 228-239.

Ngày nhận bài: 16/3/2023
Ngày chấp nhận đăng: 27/4/2023
Người phản biện: PGS. TS. Trần Ngọc Tú
TS. Đàm Văn Tùng

Nghiên cứu tính toán động học ngược robot song song

■ **PGS. TS. VŨ LÊ HUY; TS. NGUYỄN ĐÌNH DŨNG(*)**
Trường Đại học Phenikaa
Email: (*)dung.nguyendinh@phenikaa-uni.edu.vn

TÓM TẮT: Bài toán động học ngược robot là cho biết chuyển động mong muốn của khâu thao tác, xác định chuyển động của các khâu dẫn động. Bài toán này thường phải xử lý trong quá trình điều khiển robot. Bài báo này tính toán động học ngược robot song song bằng phương pháp số, sau đó tiến hành mô phỏng số động học ngược robot song song Delta với một bộ số liệu cụ thể. Các kết quả thu được so sánh với một công trình công bố trước đó. Việc đi sâu nghiên cứu, tính toán bài toán động học ngược giúp nâng cao chất lượng điều khiển cho robot.

TỪ KHÓA: Động học ngược, robot song song, phương pháp số.

ABSTRACT: The robot inverse kinematics problem is to indicate the manipulator's desired motion and determine the driving links motion. This problem often has to be solved during robot control. This paper calculates the inverse kinematics of parallel robots by numerical method. Then conduct a numerical simulation of the Delta parallel robot with a specific data set. The obtained results are compared with a previously published work. In-depth research and calculation of the inverse kinematics problem help improve the robot control quality.

KEYWORDS: Inverse kinematics, parallel robots, numerical methods.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

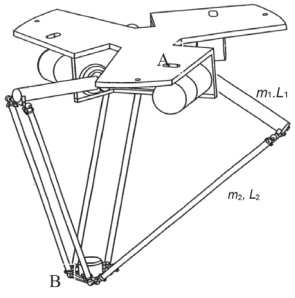
Công nghiệp robot được sử dụng nhiều trong kỹ thuật ô tô, giao thông, vận chuyển, công nghệ hàn, công nghệ đúc, phun phủ kim loại, tháo lắp vận chuyển phôi và lắp ráp sản phẩm. Về mặt cơ học, robot song song là hệ nhiều vật có cấu trúc vòng động học kín, trong đó các khâu được nối với nhau bằng các khớp động. Mặc dù robot song song có cấu trúc động học phức tạp, khó thiết kế và điều khiển, nhưng nó có một số ưu điểm nổi trội so với robot nối tiếp như: chịu được tải trọng lớn, độ cứng vững cao do kết cấu hình học của chúng, có thể thực hiện những thao tác phức tạp và hoạt động với độ chính xác cao. Vì vậy, việc đi sâu nghiên cứu bài toán động học robot song song để tận dụng những ưu điểm của nó là một vấn đề khoa học và có ý nghĩa thực tế.

Một cuộc khảo sát tốt về các phương pháp phân tích động học khác nhau của cả hai loại robot nối tiếp và robot song song được đưa ra bởi Nielsen [1]. Erdman [2] xem xét những tiến bộ đáng chú ý nhất của lĩnh vực này trong 40 năm qua. Bài toán động học robot được chia làm hai bài toán nhỏ là động học ngược và động học thuận. Trọng tâm của hầu hết các bài báo về lĩnh vực này là giải quyết bài toán động học thuận của các robot song song đặc biệt, tiêu biểu là các bệ Stewart và các biến thể của nó [3, 4]. Một số phương pháp số và phương pháp giải tích được đề xuất để giải quyết bài toán này [5]. Các tác giả [6, 7, 8, 9] đã sử dụng phương pháp Denavit-Hartenberg để giải trực tiếp bài toán động học cho một số cấu hình đơn giản của robot song song. Phương pháp tiếp cận bài toán động học ngược thường là nếu không tìm được nghiệm giải tích, phương pháp số có thể được áp dụng. Bài toán động học ngược robot nói chung được đề cập khá kỹ bởi tài liệu [10]. Trong tài liệu này, phương pháp số được sử dụng để giải hệ phương trình liên kết phi tuyến của robot. Trong bài báo này, trình tự giải bài toán động học ngược robot song song được đề cập. Tiếp theo là mô phỏng số bài toán động học ngược robot song song Delta. Các kết quả này được so sánh với công trình khác để kiểm chứng và tăng độ tin cậy và rút ra kết luận.

2. PHƯƠNG PHÁP SỐ GIẢI BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC NGƯỢC ROBOT SONG SONG

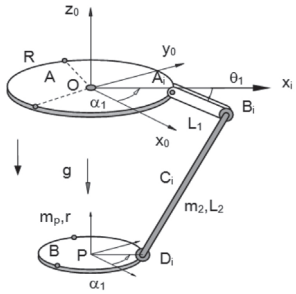
2.1. Mô hình động học robot song song Delta

Robot song song Delta như *Hình 2.1* gồm có: bàn máy cố định A, bàn máy động B. Ba khâu chủ động A_1B_1, A_2B_2, A_3B_3 liên kết với bàn máy cố định bằng các khớp quay và được dẫn động bởi 3 động cơ, các động cơ này gắn chặt với bàn máy cố định A. Ba khâu bị động B_1D_1, B_2D_2, B_3D_3, mỗi khâu là một cấu trúc hình bình hành. Nhờ tính chất của các khâu hình bình hành nên bàn máy động là một vật rắn chuyển động tịnh tiến trong không gian. Như vậy, robot có 3 bậc tự do xác định bởi 3 tọa độ θ_1, θ_2 , θ_3 trong không gian khớp.

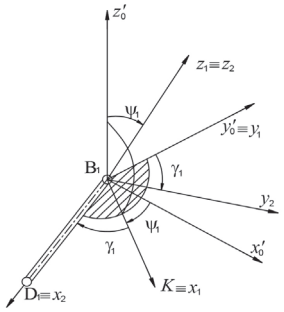


Hình 2.1: Robot song song Delta

Để đơn giản, ta xây dựng mô hình động học của robot dựa trên mô hình thực, nghĩa là ta thay thế các khâu hình bình hành bằng một thanh có chiều dài bằng chiều dài khâu hình bình hành. Các thanh này một đầu được nối với các khâu dẫn động của robot bằng các khớp Cardan tại B_i và đầu còn lại được nối với bàn máy động bằng các khớp cầu D_i như *Hình 2.2.*



Hình 2.2: Mô hình động học robot Delta



Hình 2.3: Tọa độ suy rộng định vị khâu B_1D_1

Từ mô hình động học của robot *(Hình 2.2)* ta xây dựng các hệ tọa độ khảo sát như sau: chọn hệ tọa độ cố định $Ox_0y_0z_0$ gắn với bàn máy cố định, với gốc O là tâm bàn máy cố định. Trục Oz_0 hướng thẳng đứng lên trên, trục Ox_0 đi qua A_1 (tâm động cơ dẫn động) của chân 1, trục Oy_0 được chọn sao cho hệ $Ox_0y_0z_0$ thuận.

Chọn lần lượt 3 hệ trục tọa độ cố định $Ox_iy_iz_i$ (i=1, 2, 3) để khảo sát các chân $A_1B_1D_1$, $A_2B_2D_2$, $A_3B_3D_3$ của robot. Trong đó, trục Oz_i trùng với Oz_0, trục Ox_i đi qua điểm A_i, trục Oy_i được chọn sao cho hệ trục $Ox_iy_iz_i$ thuận. Như vậy, cùng với hệ tọa độ cố định $Ox_0y_0z_0$ ban đầu kí hiệu là (R_0), ta có thêm 3 hệ tọa độ cố định $Ox_iy_iz_i$ (i=1, 2, 3) kí hiệu là (R'_0), (R''_0), (R_0'''). Như vậy, các hệ (R'_0), (R''_0), (R_0''') được tạo ra khi quay hệ (R_0) quanh trục Oz_0 một góc α_i (trong đó α_i lần lượt là 0^0, 120^0, 240^0).

Từ phân tích chuyển động các khâu của robot ở trên ta chọn các tọa độ suy rộng như sau:

$$\mathbf{s}=\begin{bmatrix}\mathbf{q}_a^T & \mathbf{q}_p^T & \mathbf{x}^T\end{bmatrix}^T;\ \mathbf{q}_a=\begin{bmatrix}\theta_1 & \theta_2 & \theta_3\end{bmatrix}^T;\mathbf{q}_p=\begin{bmatrix}\psi_1 & \psi_2 & \psi_3 & \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3\end{bmatrix}^T;\mathbf{x}=\begin{bmatrix}x_P & y_P & z_P\end{bmatrix}^T \quad (1)$$

Trong đó: $\mathbf{q}_a$, $\mathbf{q}_p$, x lần lượt là tọa độ suy rộng độc lập của các khớp chủ động (active joints) và tọa độ suy rộng của các khớp bị động (passive joints) và tọa độ tâm P của bàn máy động B (chính là tọa độ thao tác).

Ta xét 3 vòng kín độc lập là $OA_1B_1D_1PO$, $OA_2B_2D_2PO$ và $OA_3B_3D_3PO$. Với mỗi vòng kín ta sẽ thiết lập được 3 phương trình liên kết, như vậy với 3 vòng, ta sẽ có 9 phương trình liên kết độc lập như sau:

$$\begin{aligned}
f_1&=x_P-\left(R-r+L_1\cos\theta_1+L_2\cos\psi_1\cos\gamma_1\right)\cos\alpha_1+L_2\sin\gamma_1\sin\alpha_1=0\\
f_2&=y_P-\left(R-r+L_1\cos\theta_1+L_2\cos\psi_1\cos\gamma_1\right)\sin\alpha_1-L_2\sin\gamma_1\cos\alpha_1=0\\
f_3&=z_P+L_1\sin\theta_1+L_2\sin\psi_1\cos\gamma_1=0\\
f_4&=x_P-\left(R-r+L_1\cos\theta_2+L_2\cos\psi_2\cos\gamma_2\right)\cos\alpha_2+L_2\sin\gamma_2\sin\alpha_2=0\\
f_5&=y_P-\left(R-r+L_1\cos\theta_2+L_2\cos\psi_2\cos\gamma_2\right)\sin\alpha_2-L_2\sin\gamma_2\cos\alpha_2=0\\
f_6&=z_P+L_1\sin\theta_2+L_2\sin\psi_2\cos\gamma_2=0\\
f_7&=x_P-\left(R-r+L_1\cos\theta_3+L_2\cos\psi_3\cos\gamma_3\right)\cos\alpha_3+L_2\sin\gamma_3\sin\alpha_3=0\\
f_8&=y_P-\left(R-r+L_1\cos\theta_3+L_2\cos\psi_3\cos\gamma_3\right)\sin\alpha_3-L_2\sin\gamma_3\cos\alpha_3=0\\
f_9&=z_P+L_1\sin\theta_3+L_2\sin\psi_3\cos\gamma_3=0
\end{aligned} \quad (2)$$

2.2. Phương pháp số giải bài toán động học ngược

Các phương trình liên kết của robot đã thiết lập được viết lại dưới dạng vector như sau:

$$\mathbf{f}(\mathbf{s})=\mathbf{f}(\mathbf{q},\mathbf{x})=\mathbf{0} \quad (3)$$

Trong đó: $\mathbf{f}\in\mathbb{R}^r,\ \mathbf{q}\in\mathbb{R}^n,\ \mathbf{x}\in\mathbb{R}^m$

Nội dung của bài toán động học ngược: Cho trước quy luật chuyển động của khâu thao tác x = x(t) cần phải tìm quy luật chuyển động của các khớp dẫn động: tọa độ, vận tốc và gia tốc. Với các robot song song và các robot chuỗi phức tạp, người ta thường sử dụng phương pháp số cho kết quả chính xác tùy ý. Phương pháp giải tích thường gặp khó khăn và liên quan đến bài toán chọn nghiệm từ các bộ nghiệm, bởi hệ phương trình động học liên quan đến các hàm lượng giác. Ở đây, phương pháp số Newton-Raphson được áp dụng để giải bài toán động học ngược.

** Thiết lập công thức tính vận tốc và gia tốc suy rộng:*

Đạo hàm (3) theo thời gian ta nhận được:

$$\dot{\mathbf{f}}=\mathbf{J}_q\dot{\mathbf{q}}+\mathbf{J}_x\dot{\mathbf{x}}=0 \quad (4)$$

Trong đó, các ma trận $\mathbf{J}_q$, $\mathbf{J}_q$ xác định như sau:

$$\mathbf{J}_q=\frac{\partial\mathbf{f}}{\partial\mathbf{q}}\in\mathbb{R}^{r\times r},\ \mathbf{J}_x=\frac{\partial\mathbf{f}}{\partial\mathbf{x}}\in\mathbb{R}^{r\times m} \quad (5)$$

Trong bài báo này chỉ xét trường hợp r = n. Nếu ma trận $\mathbf{J}_q$ không suy biến, từ (4) ta rút ra được biểu thức xác định các vận tốc suy rộng:

$$\dot{\mathbf{q}}=-\mathbf{J}_q^{-1}\mathbf{J}_x\dot{\mathbf{x}} \quad (6)$$

Tiếp tục đạo hàm (6) ta nhận được:

$$\ddot{\mathbf{f}}=\dot{\mathbf{J}}_q\dot{\mathbf{q}}+\mathbf{J}_q\ddot{\mathbf{q}}+\dot{\mathbf{J}}_x\dot{\mathbf{x}}+\mathbf{J}_x\ddot{\mathbf{x}}=0 \quad (7)$$

Trong đó: $\dot{\mathbf{J}}_q=\frac{d}{dt}\mathbf{J}_q,\ \dot{\mathbf{J}}_x=\frac{d}{dt}\mathbf{J}_x$

Từ (7) suy ra biểu thức xác định các gia tốc suy rộng:

$$\ddot{\mathbf{q}}=-\mathbf{J}_q^{-1}\left(\dot{\mathbf{J}}_q\dot{\mathbf{q}}+\dot{\mathbf{J}}_x\dot{\mathbf{x}}+\mathbf{J}_x\ddot{\mathbf{x}}\right) \quad (8)$$

Các công thức (6) và (8) cho phép ta xác định được vector vận tốc suy rộng và vector gia tốc suy rộng nếu như biết được q(t) và x(t), $\dot{\mathbf{x}}(t)$, $\ddot{\mathbf{x}}(t)$ tại thời điểm khảo sát. Bây giờ ta sẽ trình bày thuật toán tìm q(t). Giả sử robot làm việc trong khoảng thời gian từ t=0 (s) đến t=T(s). Chia khoảng thời gian (0, T) làm N khoảng bằng nhau, với thời gian của mỗi khoảng là: $\Delta t=\frac{T}{N}$

Ta ký hiệu: $t_{k+1}=t_k+\Delta t$ với k=0, 1,..., N-1

Áp dụng khai triển Taylor q(t) ở lân cận giá trị t_k và lấy xấp xỉ ta được:

$$\mathbf{q}(t_{k+1})\approx\mathbf{q}(t_k)+\dot{\mathbf{q}}(t_k)\Delta t+\frac{1}{2}\ddot{\mathbf{q}}(t_k)(\Delta t)^2 \quad (9)$$

Trong các tài liệu tính toán động học robot [10] các vô cùng bé bậc 2 thường được bỏ qua và lấy theo công thức:

$$\mathbf{q}(t_{k+1})\approx\mathbf{q}(t_k)+\dot{\mathbf{q}}(t_k)\Delta t \quad (10)$$

Làm xấp xỉ ban đầu cho phép lặp Newton - Raphson. Trong bài báo này, xấp xỉ bậc 2 vẫn được tính đến, bỏ qua vô cùng bé bậc 3 và lấy công thức (9) làm xấp xỉ ban đầu cho phép lặp Newton - Raphson để giải phương trình (3).

3. MÔ PHỎNG SỐ BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC NGƯỢC ROBOT SONG SONG

Để có thể so sánh và đối chiếu, bộ số liệu của robot và chuyển động của khâu thao tác được lấy theo tài liệu [11] như sau:

Bảng 3.1. Các tham số robot theo tài liệu [11]

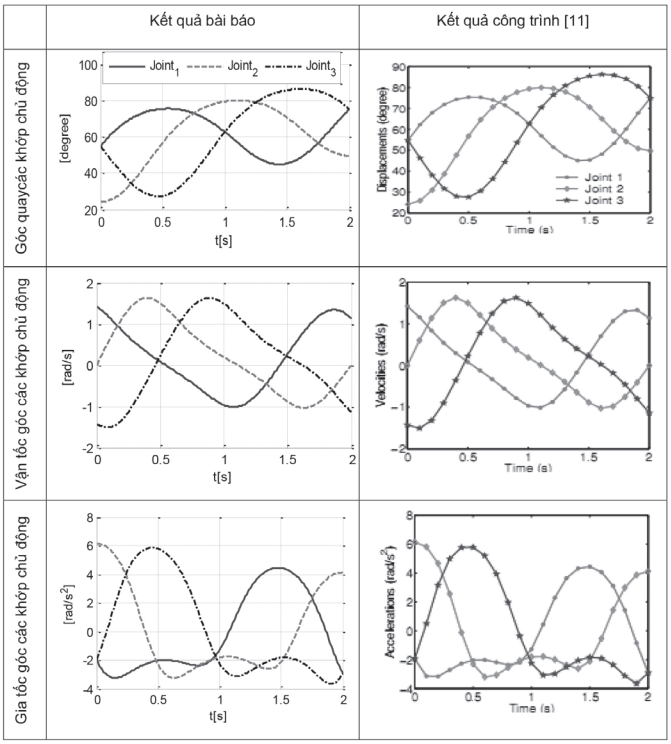
L_1	L_2	R	r	α_1	α_2	α_3	m_1	m_2	m_P
0,2 (m)	0,2 (m)	0,16 (m)	0,12 (m)	0 (rad)	π/2 (rad)	π (rad)	0,3 (kg)	0,1 (kg)	0,4 (kg)

Quy luật chuyển động của khâu thao tác (tâm P của bàn máy động):

$$x_P=-0.1\sin(\pi t);\ y_P=0.1\cos(\pi t);\ z_P=-0.29+0.05\cos(\frac{\pi}{2}t)\ (m)$$

Các kết quả mô phỏng số bài toán động học ngược như trong bảng so sánh:

Bảng 3.2. So sánh kết quả bài toán động học ngược với tài liệu [11]



Nhận xét: Bảng trên cho ta thấy kết quả bài toán động học ngược của bài báo hoàn toàn trùng khớp với kết quả của tài liệu [11]. Điều đó khẳng định sự tin cậy của mô hình và phương pháp trình bày trong bài báo này.

4. KẾT LUẬN

Trong điều khiển và thiết kế robot thường phải tính toán động học ngược. Việc tính toán động học ngược robot với độ chính xác cao sẽ giúp nâng cao chất lượng điều khiển và thiết kế cho robot làm việc ổn định, tối ưu… Bài báo này xây dựng mô hình động học robot song song Delta. Từ đó, lý thuyết về phương pháp số được xây dựng để tính toán vị trí, vận tốc, gia tốc cho bài toán động học ngược. Mô phỏng số được tiến hành với cùng bộ số liệu của một công trình công bố trước đó để đối sánh kết quả. Các kết quả thể hiện sự trùng khớp về mặt đồ thị thể hiện tính đúng đắng của phương pháp và chính xác của mô phỏng số. Việc tính toán chính xác bài toán động học ngược robot giúp nâng cao chất lượng điều khiển và thiết kế cho robot.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nielsen J, Roth B (1999), *On the Kinematic Analysis of Robotic Mechanisms*, The International Journal of Robotics Research. 18(12):1147-1160.

[2]. Arthur G. Erdman (1993), *Modern Kinematic - Developments in the Last Forty Year*, John Wesley & Sons, Int.

[3]. M.L. Husty (1996), *An algorithm for solving the direct kinematics of general stewart-gough platforms*, Mech. Mach. Theory, 31(4).

[4]. R. Kamra, D. Kohli and A.K. Dhingra (1998), *Displacement analysis of a 6-dof parallel manipulator with 3r3p and 4r2p chains*, In Proc. of DETC 98, New York: American Society of Mechanical Engineer.

[5]. T.Y. Lee and J.K. Shim (2001), *Algebraic elimination-based real-time forward kinematics of the 6-6 stewart platform with planar base and platform*, In Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.1301-1306.

[6]. Merlet J.P. (1992), *Direct kinematics and assembly modes of parallel manipulators*, International Journal of Robotics Research 11(2), 150-162.

[7]. Innocenti, C. and V. Parenti-Castelli (1993), *Closed form direct position análisis of a 5-5 parallel mechanism*, ASME Transaction, Journal of mechanical design 120, 73-99.

[8]. Angeles, J. and C.S López-Cajún (1992), *The design of isotropic manipulator architectures in the presence of redundancies*, International Journal of Robotic Research 11, 196-201.

[9]. Ait-Ahmed, M. and M. Renaud (1993), *Polinomyal representation of the direct kinematics of a 6 dof parallel manipulator*, In: Proc. of Int. Symp, On Intelligent robotics, (Bangalore, Ed.). vol.1.

[10]. Nguyễn Văn Khang (2017*), Động lực học hệ nhiều vật* (in lần thứ 2), NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[11]. Yangmin Li, Qingsong Xu (2007), *Kinematic analysis of a 3-PRS parallel manipulator*, Robotics and Computer-Intergrated Manufacturing, vol.23, Issue 4, pp,395-408.

Ngày nhận bài: 18/6/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2023
Người phản biện: TS. Vũ Thị An Ninh
TS. Đinh Thế Hưng

Nghiên cứu thực nghiệm mô-đun đàn hồi tĩnh và cường độ kéo uốn của bê tông nhựa sử dụng nhựa đường biến tính graphen oxit

■ **ThS. NCS. HOÀNG THỊ HƯƠNG GIANG(*); PGS. TS. NGUYỄN HOÀNG LONG; TS. LÝ HẢI BẰNG**
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
Email: (*)gianghth@utt.edu.vn

TÓM TẮT: Việc sử dụng vật liệu nano để biến tính nhựa đường nhằm nâng cao hiệu suất của nó đang là một lĩnh vực ngày càng được quan tâm. Gần đây, graphen oxit (GO) được phát hiện là vật liệu nano tiềm năng để cải thiện hiệu suất của chất kết dính (CKD) nhựa đường, từ đó nâng cao các đặc tính cơ học của bê tông nhựa (BTN). Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm chỉ tiêu mô-đun đàn hồi tĩnh và cường độ kéo uốn của BTN sử dụng nhựa đường biến tính GO (BTN_GO). Đây là hai chỉ tiêu cơ bản sử dụng trong thiết kế kết cấu áo đường mềm theo TCCS 38:2022/TCĐBVN. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc sử dụng nhựa đường biến tính GO trong BTN_GO có thể đạt mức cải thiện 34% mô-đun đàn hồi tĩnh và 20% cường độ kéo uốn so với BTN thông thường. Các kết quả ban đầu này là tiền đề cho việc triển khai nghiên cứu xác định các chỉ tiêu cơ lý khác của BTN_GO.

TỪ KHÓA: Bê tông nhựa, nhựa đường biến tính, graphen oxit (GO), mô-đun đàn hồi tĩnh, cường độ kéo uốn.

ABSTRACT: The use of nanomaterials to modify asphalt to improve its performance is an area of increasing interest. Recently, graphene oxide (GO) was shown as a potential nanomaterial to improve the performance of asphalt binders, thereby enhancing the mechanical properties of asphalt concrete (AC). This paper presents the preliminary results of the static elastic modulus and flexural strength of AC using GO-modified asphalt (AC_GO), which are two important criteria used in the design of flexible pavement according to TCCS 38:2022/TCĐBVN. The findings show that the use GO-modified asphalt in AC could increase up to 34% the static elastic modulus and 20% the flexural strength compared with conventional AC. These preliminary results are the premise for further in-depth study to determine other mechanical properties of AC_GO.

KEYWORDS: Asphalt concrete (AC), modified asphalt, graphene oxide (GO), static elastic modulus, flexural strength.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

BTN là vật liệu được sử dụng rộng rãi trong xây dựng đường bộ do độ bền cao và tính kinh tế. Vật liệu này được tạo thành từ cốt liệu và CKD nhựa đường. Tuy nhiên, trong nhiều năm trở lại đây, BTN truyền thống đang phải đối mặt với nhiều thách thức bao gồm nhiệt độ cao, sự gia tăng của tải trọng và lưu lượng xe cộ, điều này dẫn đến các dạng hư hỏng như hằn lún vệt bánh xe, lún sụt, nứt nẻ [1].

Để cải thiện chất lượng mặt đường BTN, việc sử dụng nhựa đường biến tính các phụ gia đã và đang là xu hướng phát triển ở nhiều nước trên thế giới. Có thể kể đến các nhóm phụ gia dùng trong cải biến nhựa đường như nhóm polyme, nhóm phi polyme và nhóm tạo phản ứng hóa học [2, 3]. Nhìn chung, các vật liệu này đáp ứng được hầu hết các yêu cầu về hiệu suất như ổn định ở nhiệt độ cao để tránh hằn lún, đủ khả năng chống nứt do mỏi, ổn định ở nhiệt độ thấp để tránh nứt do nhiệt. Hơn nữa, thành phần nhựa đường rất phức tạp và bao gồm nhiều phân tử hữu cơ, có thể phản ứng với nhiều loại chất điều chỉnh khác nhau. Do đó, việc nghiên cứu tác động và cơ chế biến đổi của các loại phụ gia mới trên nhựa đường không ngừng phát triển và luôn nhận được sự quan tâm lớn của các nhà khoa học.

Trong suốt thập kỷ qua, với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ nano, vật liệu nano ngày càng được sử dụng nhiều hơn trong cải biến nhựa đường. Nhiều loại vật liệu có kích thước nano đã được nghiên cứu để thay đổi tính chất cơ lý của nhựa đường. Các vật liệu nano đã được nghiên cứu để cải tiến nhựa đường có thể kể đến nanoclay, nanometals (ZnO, Al_2O_3, Fe_2O_3), sợi nano và nanosilica [4]. Gần đây, có nhiều mối quan tâm đến vật liệu nano graphen oxit (GO) trong cải thiện các đặc tính của nhựa đường, từ đó nâng cao các đặc tính cơ lý của BTN. Các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm của Zhu [5], Lin [6], Adnan [7] và Fakhri [8] nhằm đánh giá tính năng của hỗn hợp BTN sử dụng CKD nhựa đường biến tính GO đã được thực hiện. Kết quả thử nghiệm cho thấy, việc bổ sung GO cải thiện các đặc tính cơ học của BTN như độ ổn định Marshall, khả năng chống hằn lún vệt bánh xe, mô-đun đàn hồi, độ bền kéo và khả năng kháng ẩm.

Trong nghiên cứu này, để đánh giá khả năng sử dụng GO trong việc nâng cao hiệu suất làm việc của BTN trong điều kiện Việt Nam, hai chỉ tiêu cơ bản được lựa chọn đưa vào nghiên cứu thực nghiệm là mô-đun đàn hồi tĩnh (E) và

cường độ chịu kéo uốn (R_{ku}). Các mẫu BTN được chế bị trong phòng thí nghiệm, sau đó tiến hành thử nghiệm theo tiêu chuẩn tương ứng để xác định hai chỉ tiêu trên. Cuối cùng, kết quả thử nghiệm của các mẫu BTN sử dụng nhựa đường biến tính GO (ký hiệu BTN_GO) và BTN đối chứng sử dụng nhựa đường 60/70 (BTN_60/70) được phân tích và so sánh.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

Việc xác định E và R_{ku} của BTN_GO được thực hiện tại Phòng Thí nghiệm LAS-XD72 thuộc Trường Đại học Công nghệ GTVT theo trình tự sau:

- Thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý của các vật liệu cấu thành nên BTN_GO: Nhựa đường biến tính GO (N_GO), cốt liệu và bột khoáng;
- Thiết kế thành phần hỗn hợp BTN_GO và BTN_60/70 theo phương pháp Marshall;
- Thí nghiệm xác định E và R_{ku} của BTN_GO và BTN_60/70;

Thiết kế thực nghiệm và phân tích thống kê được thực hiện bằng phần mềm Minitab 19 với độ tin cậy 95%, mức ý nghĩa α = 5%. Phân tích phương sai ANOVA (Analysis Of Variance) được sử dụng để kiểm định giả thuyết trung bình bằng nhau của từ ba nhóm mẫu trở lên với khả năng sai lầm là 5%. Phân tích hậu định (post-hoc) cũng được sử dụng để kiểm tra sự khác biệt cụ thể giữa các nhóm mẫu về ý nghĩa thống kê của chỉ tiêu thí nghiệm.

2.1. Lựa chọn và xác định các chỉ tiêu cơ lý của các vật liệu chế tạo BTN_GO

2.1.1. Cốt liệu và bột khoáng

Trong nghiên cứu này, đá dăm và cát xay dùng để chế tạo ra hỗn hợp BTN được lấy tại mỏ đá Sunway, xã Phú Lãm, huyện Quốc Oai, Hà Nội. Bột khoáng lấy từ mỏ đá Kiện Khê - Hà Nam. Các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu và bột khoáng được thể hiện chi tiết ở *Bảng 2.1* và đáp ứng các yêu cầu theo Quyết định số 858/QĐ-BGTVT và TCVN 8820:2011.

Bảng 2.1. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu và bột khoáng

Cốt liệu	Tỷ trọng		Cường độ nén của đá của đá gốc	Hàm lượng hạt thoi dẹt (%)	Hàm lượng chung bụi, bùn, sét (%)	Độ mài mòn LA (%)	Độ hút nước, (%)	Độ dính bám của đá
	Khối	Biểu kiến						
Đá dăm - D_{max} 19	2,914	2,952	134,7	9,3	0,15	9,5	0,442	Cấp 4
Đá dăm - D_{max} 12.5	2,902	2,938	134,7	10,5	0,32	9,7	0,64	Cấp 4
Cát nghiền - D_{max} 4.75	2,853	2,915	134,7	-	0,41	-	0,75	Cấp 4
Bột khoáng	2,733	2,733	105,9	-	-	-	-	

2.1.2. Chất kết dính

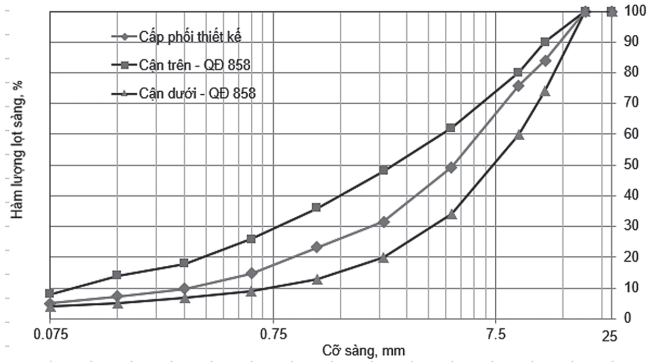
Nghiên cứu sử dụng nhựa đường 60/70 làm CKD cho BTN_60/70, và N_GO làm CKD cho BTN_GO. Nhựa đường 60/70 được cung cấp bởi Công ty TNHH Nhựa đường Petrolimex. GO (có dạng bột, màu đen, 5-10 lớp) được cung cấp bởi Công ty TNHH Tandem Graphen Technology Trung Quốc. N_GO_1%, N_GO_1,5% và N_GO_2% tương ứng với tỷ lệ 1%, 1,5% và 2% GO theo khối lượng nhựa đường, là loại đã được nghiên cứu trong tài liệu [9]. Một số chỉ tiêu cơ lý của CKD được tổng hợp trong *Bảng 2.2*:

Bảng 2.2. Các chỉ tiêu cơ lý cơ bản của CKD

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Loại CKD				Tiêu chuẩn thí nghiệm
			Nhựa đường 60/70	N_GO 1%	N_GO 1,5%	N_GO 2%	
1	Độ kim lún ở 25°C	0,1 mm	63,4	56,0	54,6	53,1	TCVN 7495:2005
2	Điểm hóa mềm	°C	49,6	52,8	53,2	53,6	TCVN 7497:2005
3	Độ kéo dài ở 25°C	cm	140	121	115	108	TCVN 7496:2005
4	Độ nhớt ở 135°C (nhớt kế Brookfield)	Pa.s	0,351	0,453	0,461	0,473	TCVN 11196:2017
5	Nhiệt độ bắt lửa	°C	310	295	291	287	TCVN 7498:2005
6	Độ dính bám với đá	cấp	3	3	4	4	TCVN 7504:2005
7	Khối lượng riêng	g/cm³	1,032	1,032	1,032	1,032	TCVN 7501:2005
8	Lượng tổn thất sau khi gia nhiệt 5h ở 163°C	%	0,250	0,241	0,235	0,231	ASTM D 1754

2.2. Thiết kế thành phần cấp phối BTN_60 và BTN_GO

Trong nghiên cứu này, đối tượng nghiên cứu là BTN chặt có kích cỡ hạt danh định lớn nhất là 12,5 mm (tương đương với BTNC 16 theo TCVN 13567:2022) với 1 tỷ lệ phối trộn cho cả 4 CKD là nhựa đường 60/70, N_GO_1%, N_GO_1,5%, và N_GO_2%. Việc tính toán thiết kế thành phần cấp phối đảm bảo yêu cầu về thành phần hạt theo Quyết định số 858/QĐ-BGTVT năm 2014 về đường cong cấp phối, hàm lượng lọt sàng 2,36 mm nhỏ hơn 38% và hàm lượng đá dăm (cốt liệu lớn hơn 4,75 mm) trên 50%. Kết quả tính toán thành phần cấp phối được thể hiện trong *Hình 2.1*.



Hình 2.1: Đường cong cấp phối của hỗn hợp BTN_60/70 và BTN_GO

Hỗn hợp BTN_GO được chế tạo theo trình tự sau:

- Bước 1: Chế tạo N_GO theo [9].
- Bước 2: Căn cứ vào kết quả xác định nhiệt độ trộn và đầm nén cho hỗn hợp BTN_GO ở nghiên cứu [9], nghiên cứu này lựa chọn nhiệt độ trộn và đầm nén đối với hỗn hợp BTN_GO lần lượt là 155°C và 145°C.

Đối với BTN_60/70, công tác chế tạo hoàn toàn tương tự như BTN_GO chỉ khác bước chế tạo CKD, nhiệt độ trộn và đầm mẫu được lấy tương ứng là 150°C và 140°C [9].

Thiết kế hàm lượng nhựa tối ưu theo TCVN 8820-2011 và được tổng hợp trong *Bảng 2.3*.

Bảng 2.3. Kết quả xác đính hàm lượng CKD của BTN_60/70 và BTN_GO

TT	Loại BTN	Giá trị trung bình các đặc trưng thể tích	
		Hàm lượng CKD (%)	Độ rỗng dư V_a (%)
1	BTN_60/70	4,6	4,56
2	BTN_GO_1%	4,6	4,54
3	BTN_GO_1,5%	4,6	4,53
4	BTN_GO_2%	4,6	4,50
Giới hạn cho phép theo 858/QĐ-BGTVT		-	**4,0 ÷ 6,0**

2.3. Kế hoạch thí nghiệm

E và R_{ku} là những chỉ tiêu cơ bản sử dụng trong thiết kế kết cấu áo đường mềm, được xác định theo của TCCS 38:2022/TCĐBVN.

E được thí nghiệm theo mô hình thí nghiệm nén từ biến tĩnh. Mẫu BTN được chế bị bằng đầm xoay, dạng hình trụ có đường kính (D) và chiều cao (H) bằng 100 mm, chịu tác dụng của tải trọng dài hạn đáp ứng ứng suất nén trong mẫu BTN đạt mức 0,5 MPa. Thí nghiệm sử dụng thiết bị Cooper có buồng ổn nhiệt để duy trì nhiệt độ thí nghiệm. Trước khi thí nghiệm, mẫu được đặt trong buồng bảo ôn có nhiệt độ bằng nhiệt độ thí nghiệm ít nhất trong 2h. Sau đó, mẫu được nén dọc trục nở hông tự do, gia tải bằng tải trọng tĩnh. Xây dựng đồ thị tương quan giữa biến dạng và thời gian để xác định chính xác thời điểm ghi nhận biến dạng ứng với tốc độ tăng/giảm biến dạng dưới 0,01 mm/phút và xác định biến dạng đàn hồi của mẫu thí nghiệm.

R_{ku} là một thông số phản ánh khả năng chịu lực của BTN. Chỉ tiêu này có thể được xác định gián tiếp thông qua thử nghiệm cường độ ép chẻ (R_{ke}) theo công thức (hệ số tương quan thực nghiệm). Mẫu được chế bị theo phương pháp Marshall. Trước khi tiến thành thí nghiệm, mẫu được bảo dưỡng trong bể nước ổn nhiệt ở nhiệt độ thí nghiệm ít nhất trong 30 phút nhưng không quá 60 phút trước khi đưa vào máy nén để ép chẻ. Thí nghiệm được thực hiện trên máy nén Marshall, lực nén theo phương đường sinh gây ra trên mẫu với tốc độ 50,8 mm/phút cho đến khi mẫu bị phá hoại. Độ lớn của lực tại thời điểm mẫu bị phá hoại (P) được sử dụng để tính toán R_{ke}.

Trong nghiên cứu này, E của hỗn hợp BTN được xác định ở 3 trạng thái nhiệt độ 15^{0}C, 30^{0}C và 60^{0}C, R_{ku} được xác định ở 15^{0}C theo TCCS 38:2022/TCĐBVN. Kế hoạch thí nghiệm hai chỉ tiêu này được thể hiện ở *Bảng 2.4*, một số hình ảnh quá trình làm thí nghiệm được thể hiện ở *Hình 2.2*.

Bảng 2.4. Kế hoạch thí nghiệm E và R_{ku} của BTN

Loại BTN	Số mẫu thí nghiệm E			Số mẫu thí nghiệm R_{ku}
	15^{0}C	30^{0}C	60^{0}C	15^{0}C
BTN_60/70	6	6	6	6
BTN_GO_1%	6	6	6	6
BTN_GO_1,5%	6	6	6	6
BTN_GO_2%	6	6	6	6
Tổng số mẫu	**72**			**24**

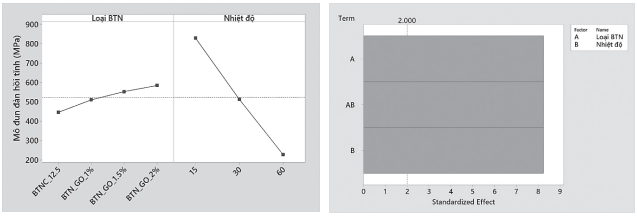
Hình 2.2: Thí nghiệm E (a) và R_{ku} (b) của BTN

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

3.1. Kết quả thí nghiệm E

Kết quả thí nghiệm E được kiểm tra và đảm bảo độ chụm theo Tiêu chuẩn ASTM C670-10. Sử dụng phần mềm Minitab 19 thiết kế thí nghiệm tổng quát. Phân tích phương sai ANOVA cho thấy các kết quả thí nghiệm đảm bảo ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 95% với hệ số p-value << 0,05 và hệ số xác định điều chỉnh = 99,91%.

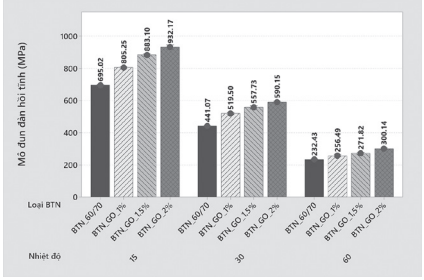
Hình 3.1a hiển thị các yếu tố ảnh hưởng đến E. Có thể nhận thấy cả hai yếu tố: loại BTN và nhiệt độ thử nghiệm đều có ảnh hưởng đến E bởi các đoạn thẳng dốc. Ngoài ra, nhiệt độ thử nghiệm có thể ảnh hưởng lớn hơn loại BTN vì các đoạn thẳng của biến này có độ dốc lớn hơn. Biểu đồ Pareto *Hình 3.1b* cho thấy đường tham chiếu (đường thẳng đứng) đều cắt qua tất cả các hàng giữa A, B và AB. Những hàng này là đặc trưng cho loại BTN, nhiệt độ thử nghiệm và tích của chúng, điều này thể hiện loại BTN và nhiệt độ thử nghiệm ảnh hưởng đến E có ý nghĩa thống kê.



a) *b)*

Hình 3.1: Các yếu tố ảnh hưởng đến E (a) và biểu đồ Pareto (b)

Giá trị E của các loại BTN ở các nhiệt độ thử nghiệm khác nhau được thể hiện trong *Hình 3.2*. Như vậy, việc sử dụng N_GO trong BTN đã làm tăng đáng kể E ở cả ba nhiệt độ thử nghiệm. Tuy nhiên, tác dụng điều chỉnh của GO ở 15^{0}C là lớn nhất, tiếp theo là 30^{0}C và cuối cùng là 60^{0}C. BTN_GO_2% thể hiện hiệu suất cải thiện cao nhất ở cả ba nhiệt độ so với các tỷ lệ GO khác. Cụ thể, giá trị E của BTN_GO_2% tăng 34,12%, 33,80% và 29,13% tương ứng ở các nhiệt độ 15^{0}C, 30^{0}C và 60^{0}C so với mẫu ĐC.

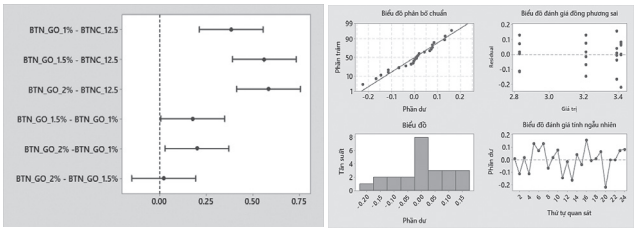


Hình 3.2: E ở các nhiệt độ khác nhau của các loại BTN (độ tin cậy 95%)

3.2. Kết quả thí nghiệm R_{ku}

Tương tự như E, kết quả thí nghiệm R_{ku} được chứng minh là đảm bảo độ chụm, phân tích ANOVA đảm bảo ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 95%. Kết quả phân tích phương sai ANOVA cho thấy các biến đều có hệ số p-value << 0,05; hệ số xác định điều chỉnh $R^2_{đc}$ = 83,29%.

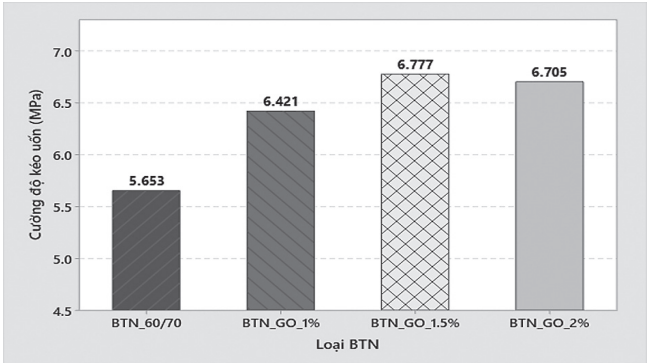
Phân tích hậu định theo chuẩn Tukey ở *Hình 3.3a* cho thấy, 5 cặp trong tổng số 6 cặp so sánh có sự khác biệt (không cắt qua gốc 0) có ý nghĩa thống kê, cặp so sánh còn lại là BTN_GO_2% và BTN_GO_1.5% không phát hiện sự khác biệt. Biểu đồ phần *Hình 3.3b* cho thấy phần dư tuân theo quy luật phân bố chuẩn, các giá trị ngẫu nhiên không theo quy luật và phân bố đều hai bên qua đường "0", do đó thỏa mãn các điều kiện áp dụng phương pháp thống kê thực nghiệm.



a) *b)*

Hình 3.3: Phân tích hậu định (a) và phân tích điều kiện áp dụng phương pháp thống kê (b) R_{ke}

Kết quả thử nghiệm được hiển thị trong *Hình 3.4* cho thấy, GO cải thiện R_{ku} ở 15^{0}C. So sánh với BTN_60/70, các giá trị R_{ku} của mẫu BTN_GO_1%, BTN_GO_1,5% và BTN_GO_2% tăng lần lượt 13,59%, 19,88% và 18,61%. Hiệu quả này có thể là do sự phân tán đồng đều của GO trong ma trận CKD nhựa đường, làm tăng sự liên kết giữa các hạt cốt liệu và N_GO. BTN_GO_1,5% cho hiệu suất cải thiện R_{ku} tốt nhất so với các tỷ lệ GO khác.



Hình 3.4: Kết quả thử nghiệm R_{ku} các loại BTN (độ tin cậy 95%)

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở các kết quả thí nghiệm được phân tích thống kê đảm bảo mức độ tin cậy 95%, một số kết luận được rút ra từ nghiên cứu:

- E của BTN_GO cao hơn đáng kể BTN_60/70 ở cả ba nhiệt độ thử nghiệm. Hiệu quả cải thiện của GO ở 15^{0}C là lớn nhất, tiếp theo là 30^{0}C và 60^{0}C. BTN_GO_2% thể hiện hiệu suất cải thiện cao nhất ở cả ba nhiệt độ so với các tỷ lệ GO khác. Các giá trị này tăng lần lượt 34,12%, 29,27% và 23,81% ở các nhiệt độ 15^{0}C, 30^{0}C và 60^{0}C so với mẫu đối chứng.

- R_{ku} của BTN_GO tăng so với BTN_60/70 từ 13,59% đến 19,88%. Trong đó, mẫu BTN_GO_1,5% cải thiện tốt nhất R_{ku} với mức tăng 19,88% so với mẫu đối chứng.

Có thể sơ bộ kết luận rằng việc thêm GO vào BTN giúp tăng cường độ của BTN ở các nhiệt độ thông qua chỉ tiêu E và R_{ku}, tuy nhiên cần các nghiên cứu tiếp theo để đánh giá GO qua các chỉ tiêu khác của BTN.

Tài liệu tham khảo

[1]. Z. Liu, X. Gu, X. Dong, B. Cui, D. Hu (2023), *Mechanism and performance of graphene modified asphalt: An experimental approach combined with molecular dynamic simulations*, Case Studies in Construction Materials, 18, e01749.

[2]. S. Yan, Q. Dong, X. Chen, C. Zhou, S. Dong, X. Gu (2022), *Application of waste oil in asphalt rejuvenation and modification: A comprehensive review*, Construction and Building Materials, 340, 127784.

[3]. H.R. Radeef, N.A. Hassan, H.Y. Katman, M.Z.H. Mahmud, A.R.Z. Abidin, C.R. Ismail (2022), *The mechanical response of dry-process polymer wastes modified asphalt under ageing and moisture damage*, Case Studies in Construction Materials. 16, e00913.

[4]. S. Wu, O. Tahri (2021), *State-of-art carbon and graphene family nanomaterials for asphalt modification*, Road Materials and Pavement Design, 22, 735-756.

[5]. J. Zhu, K. Zhang, K. Liu, X. Shi (2019), *Performance of hot and warm mix asphalt mixtures enhanced by nano-sized graphene oxide*, Construction and Building Materials, 217, 273-282.

[6]. M. Lin, Z.L. Wang, P.W. Yang, P. Li (2019), *Micro-structure and rheological properties of graphene oxide rubber asphalt*, Nanotechnology Reviews. 8, 227-235.

[7]. A.M. Adnan, X. Luo, C. Lü, J. Wang, Z. Huang (2020), *Improving mechanics behavior of hot mix asphalt using graphene-oxide*, Construction and Building Materials, 254, 119261.

[8]. M. Fakhri (2021), *The effects of nano zinc oxide (ZnO) and nano reduced graphene oxide (RGO) on moisture susceptibility property of stone mastic asphalt (SMA)*, Case Studies in Construction Materials, 15, e00655.

[9]. Tạp chí GTVT (2023), *Nghiên cứu một số chỉ tiêu cơ lý của nhựa đường biến tính graphene oxit*, số tháng 4.

Ngày nhận bài: 29/6/2023
Ngày chấp nhận đăng: 14/7/2023
Người phản biện: TS. Nguyễn Thu Trang
TS. Lê Thanh Hải

Phân tích tai nạn hàng hải trên thế giới và đánh giá các xu hướng nghiên cứu

■ **TS. CỔ TẤN ANH VŨ**
Học viện Hàng không Việt Nam
■ **TS. PHẠM NGUYÊN ĐĂNG KHOA**(*)
Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh
Email: (*)khoapnd@ut.edu.vn

TÓM TẮT: Tai nạn hàng hải đã và đang là mối quan tâm lớn trong suốt lịch sử ngành Hàng hải và thế giới, gây ra những hậu quả tàn khốc đối với cuộc sống con người và môi trường. Đại dương rộng lớn, điều kiện thời tiết khó lường dẫn đến sự cố như va chạm tàu, tràn dầu, thảm họa hàng hóa... Những tai nạn này đã tác động sâu rộng, ảnh hưởng đến nền kinh tế, hệ sinh thái và cộng đồng sống dựa vào của các nước ven biển. Nắm bắt được nguyên nhân và hậu quả của tai nạn hàng hải là điều cần thiết để nâng cao an toàn và ngăn ngừa thảm họa trong tương lai. Bài báo phân tích những dữ liệu thống kê từ thực tế và theo dõi hàng trăm bài báo liên quan nhằm đưa ra một cái nhìn toàn diện đối với vấn đề này.

TỪ KHÓA: Tai nạn hàng hải, sự cố hàng hải, thống kê dữ liệu, phân tích dữ liệu, xu hướng nghiên cứu.

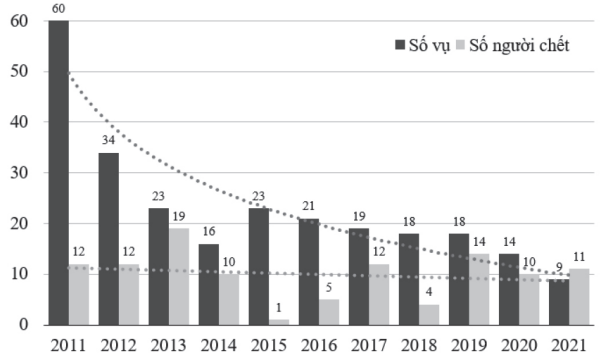
ABSTRACT: Maritime accidents have been a significant concern throughout maritime history, causing devastating consequences for both human life and the environment. The vast oceans and unpredictable weather conditions have led to incidents such as ship collisions, oil spills, cargo disasters, and more. These accidents can have far-reaching implications, affecting the economy, ecosystems, and communities that rely on the seas and oceans for their livelihood. Understanding the causes and consequences of maritime accidents is essential for improving safety measures and preventing future disasters. The authors analyzes statistical data from reality and observes hundreds of related articles to give a comprehensive view of this issue.

KEYWORDS: Maritime accidents, maritime incidents, data statistics, data analysis, research trends.

1. THỐNG KÊ VÀ ĐÁNH GIÁ VỀ TAI NẠN HÀNG HẢI TẠI VIỆT NAM VÀ TRÊN THẾ GIỚI

** Tại Việt Nam:*

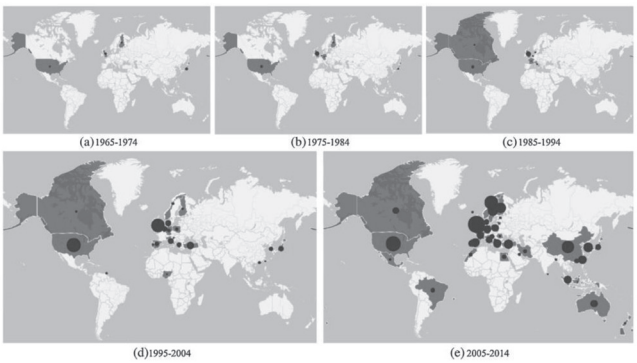
Hình 1.1 đã đưa ra khá đầy đủ về bức tranh tai nạn hàng hải tại Việt Nam suốt thập kỷ gần đây. Số vụ tai nạn hàng hải đã giảm mạnh một cách rõ rệt từ 60 vụ năm 2011 xuống còn xấp xỉ 10 vụ vào năm 2021. Tuy đã giảm thiệt hại về người nhưng vẫn chưa cải thiện rõ rệt và thế giới vừa phải trải qua một khoảng thời gian dịch bệnh Covid-19 diễn biến phức tạp trong mấy năm gần đây, làm suy giảm kinh tế toàn cầu và ngành Hàng hải cũng bị ảnh hưởng nhiều. Do đó, khi dịch bệnh Covid-19 đã dần được đẩy lùi, sự khôi phục về kinh tế kéo theo sự vực dậy trở lại của ngành Hàng hải nên cần phải chú ý các biện pháp để phòng cũng như khắc phục hậu quả của tai nạn hàng hải có thể xảy.



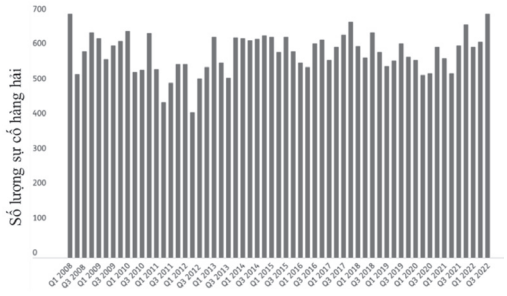
Hình 1.1: Tai nạn hàng hải tại Việt Nam 10 năm trở lại đây

** Trên thế giới:*

Hình 1.2 mô tả thống kê chi tiết các khu vực công bố các nghiên cứu liên quan đến tai nạn hàng hải 50 năm qua theo các giai đoạn khác nhau.



Hình 1.2: Khu vực công bố các nghiên cứu liên quan đến tai nạn hàng hải 50 năm qua



Hình 1.3: Đồ thị số lượng sự cố hàng hải trên thế giới từ năm 2008 đến 2022

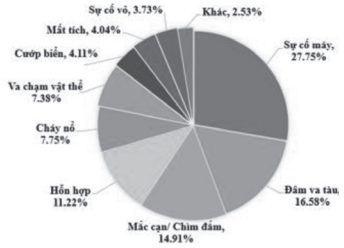
Giai đoạn trước năm 2000, phân tích số liệu thống kê nhận xét rằng: Số vụ tai nạn liên tục giảm mạnh qua từng năm do sự khắc phục của các bên liên quan thông qua bài học và kinh nghiệm từ các vụ tai nạn điển hình. Trong hai thập kỷ gần đây, mức độ tai nạn hàng hải luôn ở mức độ khó lường, một phần do sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ, các nỗ lực nghiên cứu không ngừng nhằm tăng cường hiệu quả vận tải của ngành Hàng hải đã khiến những vụ tai nạn hàng hải thời gian gần đây càng ngày càng phức tạp và xuất phát từ sự chủ quan của con người. Theo số liệu Lloyd's List, năm 2023, điều thật sự đáng quan ngại là giai đoạn khoảng 10 năm trở lại đây, tần suất tai nạn hàng hải luôn duy trì ở mức tương đối đồng đều, chi tiết được mô tả trong đồ thị *Hình 1.3*.

Nhóm nghiên cứu đã phân loại các sự cố hàng hải theo số liệu thống kê từ năm 1990 đến năm 2021, được mô tả chi tiết trong *Hình 1.4* và nhận xét rằng:

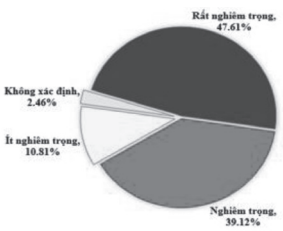
- Các sự cố về máy tàu là nguyên nhân chính gây cản trở rất lớn tới hoạt động khai thác của tàu biển khi chiếm phần lớn nhất nguyên nhân gây ra tai nạn hàng hải, chiếm đến 27,75%, từ đó giúp cơ sở đào tạo, huấn luyện hàng hải, đơn vị sản xuất và chế tạo, công ty khai thác tàu biển đã chú ý hơn tới khả năng vận hành khai thác của thuyền viên, chất lượng sản xuất máy tàu biển hay quản lý, đảm bảo chất lượng bảo dưỡng các tàu có thời gian hoạt động lâu năm đã xuống cấp.

- Đâm va giữa các tàu và mắc cạn chìm đắm là các yếu tố nghiêm trọng tiếp theo gây ra tai nạn hàng hải, nhất là đâm va tàu, chiếm 16,58% và thường là nguyên nhân chính gây ra thiệt hại nghiêm trọng cho bản thân con tàu; mắc cạn hay chìm đắm là nguyên nhân chính ảnh hưởng tới các thiệt hại về kinh tế hay môi trường. Không khó để tìm ví dụ điển hình liên quan đến hai yếu tố này mà hậu quả là khôn lường, như sự hủy hoại về môi trường, tràn dầu, kìm hãm kinh tế, gần đây nhất như tàu Ever Given mắc cạn tại kênh đào Suez năm 2021.

- Tổng hợp nhiều yếu tố dẫn đến tai nạn hàng hải cũng chiếm một số lượng đáng kể trong báo cáo về sự cố hàng hải, chiếm đến 11,22%. Cùng với mắc cạn, đâm va và sự cố máy tàu được xem như là 4 nguyên nhân chủ yếu dẫn đến các sự cố hàng hải. Ngoài ra, các yếu tố khác tuy số lượng ít hơn nhưng cũng chiếm một đóng góp đáng kể, bao gồm: cháy nổ chiếm 7,75%, tàu va chạm với các vật thể trôi nổi, các công trình biển chiếm 7,38%, cướp biển chiếm 4,11%, mất tích chiếm 4,04%, sự cố vỏ và các yếu tố khác chiếm khoảng 6%.

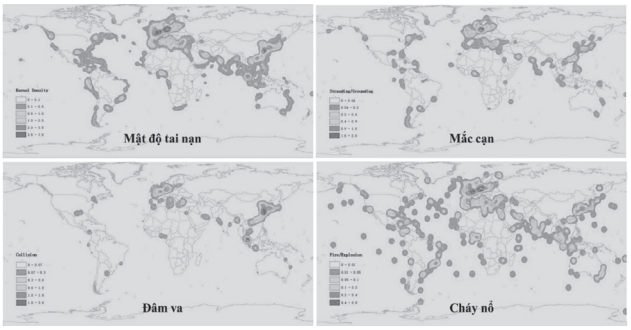


Hình 1.4: Tỷ lệ phần trăm phân loại sự cố hàng hải



Hình 1.5: Tỷ lệ phần trăm mức độ nghiêm trọng của các vụ tai nạn hàng hải

Mặt khác, một vấn đề đặc biệt cần quan tâm đó là phân loại mức độ nghiêm trọng của các vụ tai nạn hàng hải. Nhóm nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu tai nạn hàng hải trong giai đoạn từ năm 2000 đến năm 2021 và phân loại dựa trên Nghị quyết MSC-MEPC.3/Circ.3 ngày 18/12/2008 của Tổ chức Hàng hải Thế giới IMO, đã mô tả chi tiết theo đồ thị *Hình 1.5*.



Hình 1.6: Phân bố tai nạn hàng hải trên thế giới

Nhận xét: Hầu hết tai nạn hàng hải xảy ra chiếm đến gần một nửa là các tai nạn rất nghiêm trọng, tỷ lệ 47,61%, tiếp theo là các tai nạn nghiêm trọng tỷ lệ 39,12%. Tai nạn ít nghiêm trọng và không xác định chiếm phần nhỏ, tỷ lệ lần lượt là 10,81% và 2,46%. Từ kết quả phân tích này, cho thấy mức độ đặc biệt nghiêm trọng của các tai nạn hàng hải và sự cảnh báo mạnh mẽ của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) dành cho các bên liên quan đối với vấn đề tai nạn hàng hải, đặc biệt là trong bối cảnh phát triển mạnh mẽ về khoa học công nghệ và diễn biến phức tạp của nền kinh tế thế giới hiện tại và tương lai.

Hình 1.6 mô tả phân bố tai nạn hàng hải trên thế giới, từ đó nhận xét: Tai nạn hàng hải thường xuyên xảy ra tại khu vực vùng biển gần quốc gia có ngành Hàng hải phát triển và tuyến đường hàng hải quan trọng của thế giới. Tuy nhiên, nếu mắc cạn và đâm va thường xảy ra tại khu vực biển ngã ba Trung - Hàn - Nhật và vùng biển châu Âu. Đây là điểm nóng xảy ra sự cố hàng hải, do đó cháy nổ có thể xảy ra tại bất cứ vị trí nào trên vùng biển khắp thế giới.

2. ĐÁNH GIÁ CÁC XU HƯỚNG NGHIÊN CỨU VỀ TAI NẠN HÀNG HẢI

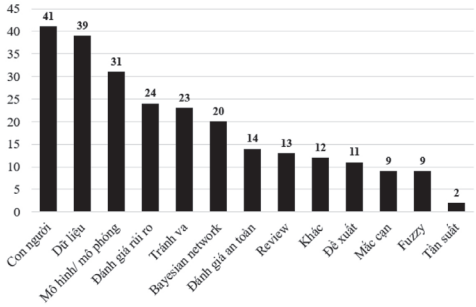
Nhóm nghiên cứu đã thu thập, thống kê công trình được công bố trong giai đoạn hơn 20 năm trở lại đây, thời điểm mà khoa học kỹ thuật đã thật sự bước vào chu kỳ phát triển mạnh mẽ tại Việt nam và trên thế giới. Tuy nhiên, điều đáng tiếc là các công trình khoa học công bố quốc tế liên quan đến vấn đề

này của các nhà khoa học Việt Nam chưa nhiều. Thực hiện tổng hợp hơn 250 bài báo tiếng Anh từ những tạp chí uy tín quốc tế trong lĩnh vực hàng hải và chủ yếu sử dụng hai từ khóa là maritime accidents và maritime incidents, để lọc ra những bài báo tập trung vào vấn đề tai nạn hàng hải. Các tạp chí chủ yếu tìm kiếm dựa trên mức độ uy tín theo chỉ số ảnh hưởng và mức độ đóng góp, bao gồm Ocean Engineering (OE), Safety Science (SS), The Journal of Navigation (JN), Reliability Engineering & System Safety (RESS), Maritime Policy & Management (MPM), Marine Policy (MP), WMU Journal of Maritime Affairs (WMU), Accident Analysis & Prevention (AAP), trong suốt giai đoạn từ 2015 - 2022, được mô tả chi tiết trong *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Các nghiên cứu về tai nạn hàng hải giai đoạn 2015 - 2022

Tạp chí	Ocean Engineering	Safety Science	The Journal of Navigation	Reliability Engineering & System Safety	Maritime Policy & Management	Marine Policy	WMU Journal of Maritime Affairs	Accident Analysis & Prevention
2015	2	7	2	1	2	0	1	3
2016	2	6	4	3	1	0	1	0
2017	4	2	5	2	2	1	1	0
2018	9	5	3	4	3	1	1	0
2019	4	9	4	0	1	4	1	3
2020	9	8	9	3	6	1	2	0
2021	18	7	6	8	3	4	0	0
2022	21	8	7	11	7	3	3	0
Tổng	69	52	40	32	25	14	10	6
1965-2015	17	57	61	25	32	23	25	23

Vấn đề nghiên cứu về tai nạn hàng hải không phải mới, nhưng những năm gần đây, các nhà khoa học mới thật sự mang đến nhiều sự quan tâm dành cho vấn đề này, sự phát triển mạnh mẽ về số lượng công trình nghiên cứu được công bố trong tạp chí quốc tế uy tín đã minh chứng cho điều đó. Các hướng nghiên cứu gần đây đã được thống kê và mô tả chi tiết trong *Hình 2.1*.



Hình 2.1: Phân loại hướng nghiên cứu tai nạn hàng hải

Trong những năm gần đây, số lượng nghiên cứu về tai nạn hàng hải tăng nhanh, trong 8 năm gần đây, số lượng nghiên cứu về lĩnh vực này là 248 công trình xấp xỉ bằng với số lượng nghiên cứu suốt nửa thế kỷ trước đó là 263 công trình (theo kết quả mô tả chi tiết *Bảng 2.1*). Điều này cho thấy tính thời sự của vấn đề và sự quan tâm của các nhà nghiên cứu khoa học lĩnh vực này.

Mặc dù một số tạp chí đã chuyển hướng mục tiêu nghiên cứu chính như *MP*, *WMU*, *AAP*, khiến số lượng nghiên cứu về vấn đề này không còn nhiều như trước nhưng một số tạp chí khác vẫn duy trì mức độ nghiên cứu hoặc thậm chí là tăng mạnh về số lượng trong những năm gần đây như *SS*, *JN*, *RESS*, điển hình là tạp chí *OE*.

Có thể nhận xét rằng, vấn đề về con người, sử dụng dữ liệu và biện pháp phòng ngừa tai nạn, nhiều nhất là phòng ngừa va chạm đang là xu hướng nghiên cứu phát triển nhất ở trong lĩnh vực này và cũng là mục tiêu khó giải quyết nhất. Mặc dù nguyên nhân dẫn đến tai nạn là đa dạng và khác nhau, nhưng nguyên nhân sâu xa nhất chiếm phần lớn tai nạn hàng hải là yếu tố lỗi con người. Bên cạnh đó, sự chuyển dịch liên tục của thế giới như chiến tranh, chính trị, xung đột tôn giáo, đói nghèo, di dân bất hợp pháp... cũng ảnh hưởng đáng kể tới tai nạn hàng hải, sự nguy hiểm của tàu vượt biên trái phép, tàu phạm pháp tập trung nhiều tại vùng biển lân cận quốc gia phát triển làm mất an toàn chung tại khu vực giao thông hàng hải đông đúc đó, điều đó phần nào giải thích tai nạn hàng hải tại khu vực biển châu Âu cao bậc nhất trên thế giới.

3. KẾT LUẬN

Dữ liệu thu thập, thống kê, nghiên cứu và đánh giá trên đây của nhóm nghiên cứu đã đáp ứng được mục tiêu của bài báo là mang tới cái nhìn toàn diện về vấn đề tai nạn hàng hải toàn cầu. Bài báo đã phân tích sự liên quan giữa sự cố hàng hải và tai nạn hàng hải, nguyên nhân và xu hướng chuyển dịch các tai nạn hàng hải, phân bổ khu vực thường xuyên xảy ra và hình thức chủ yếu của tai nạn hàng hải; đồng thời phân tích xu hướng nghiên cứu về vấn đề này trên thế giới và các mục tiêu nghiên cứu chủ yếu trong lĩnh vực này trong thời gian qua, từ đó cho thấy sự quan tâm của quốc tế cũng như Việt Nam đối với vấn đề có thể nói là đặc biệt nghiêm trọng này trong lĩnh vực hàng hải.

Kết quả nghiên cứu góp phần giải thích rõ hơn tầm quan trọng của các tai nạn hàng hải, cập nhật tính thời sự của vấn đề, đồng thời cũng mang tới cho các nhà nghiên cứu, nhà khoa học và độc giả bức tranh tổng thể về tai nạn hàng hải thời gian vừa qua tại Việt Nam và trên thế giới.

Tài liệu tham khảo

[1]. Bộ GTVT (2020), *Thông tư số 01/2020/TT-BGTVT Quy định về báo cáo và điều tra tai nạn hàng hải*.

[2]. IMO (2008), *Nghị quyết MSC-MEPC.3/Circ.3*.

[3]. Maritime Insights & Intelligence Limited (2023), *Lloyd's Lists*.

[4]. Meifeng Luo, Sung-Ho Shin (2019), H*alf-century research developments in maritime accidents: Future directions*, Accident Analysis & Prevention, vol.123, pp.448-460.

[5]. *Số liệu tổng hợp từ 250 bài báo quốc tế uy tín.*

[6]. *Số liệu tổng hợp từ các báo cáo của Cục Hàng hải Việt Nam.*

[7]. Vũ Đăng Thái (2023), *Rủi ro hàng hải: Tổng quan và xu hướng nghiên cứu*, Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 75.

[8]. Yang Zhang., et al. (2021), *Spatial patterns and characteristics of global maritime accidents*, Reliability Engineering & System Safety, vol.206, 107310.

Ngày nhận bài: 01/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 08/8/2023
Người phản biện: PGS. TS. Phan Văn Hưng
TS. Trịnh Xuân Tùng

Nghiên cứu bộ điều khiển trượt thích nghi mạng nơ-ron cho hệ thống tự động lái tàu thủy tự hành dựa trên luật học tham số nhỏ nhất

■ **PGS. TS. NGUYỄN VĂN SƯỚNG(*); ThS. PHẠM QUANG THỦY; ThS. PHẠM VĂN LUÂN**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)nguyenvansuong@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Nghiên cứu này đề xuất một hệ thống điều khiển kết hợp giữa điều khiển trượt nâng cao, mạng nơ-ron nhân tạo kết hợp với luật học tham số nhỏ nhất giúp tiết kiệm quá trình học của mạng nơ-ron và duy trì hiệu quả điều khiển hệ thống lái tàu thủy tự hành. Bên cạnh đó, bộ điều khiển cũng giải quyết được bài toán yếu tố bất định trong mô hình động học tàu thủy.

TỪ KHÓA: Tàu thủy tự hành, điều khiển trượt, mạng nơ-ron RBF, luật học tham số nhỏ nhất.

ABSTRACT: This study proposes a control system that combines advanced sliding control, artificial neural network combined with the minimum parameter learning law to save the learning process of the neural network and maintain control efficiency for steering system of autonomous ships. Besides, the proposed controller also deals with the problem of uncertaity of ship dynamic model.

KEYWORDS: Autonomous ships, sliding mode control, RBF neural network, minimum parameter learning.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, những nghiên cứu về tàu thủy tự hành không người lái đã thu hút được sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu, nhiều quốc gia trên thế giới như một lĩnh vực hot về đóng tàu và vận tải hàng hải. Trong tương lai, các tàu thủy tự hành không người lái có thể thực hiện các nhiệm vụ quan trọng như: tìm kiếm cứu nạn ở các vùng biển có thời tiết khắc nghiệt, thực hiện các công việc ngầm dưới mặt nước phức tạp, bảo vệ môi trường biển… Để có thể điều khiển được các tàu thủy tự hành cần thiết phải có hệ thống lái tàu có đủ hiệu quả cần tính toán đến các yếu tố ngoại cảnh, độ sâu, lực cản…, do vậy nghiên cứu và phát triển các hệ thống lái luôn nhận được sự quan của các nhà nghiên cứu.

Xét về lý thuyết, để thiết kế được hệ thống lái tàu tự động cần thiết phải biết được mô hình toán của đối tượng điều khiển (tàu thủy tự hành không người lái). Từ mô hình toán sẽ phát sinh ra các bài toán khác nhau về tự động điều khiển, có thể thấy trong các nghiên cứu sau:

Cho đến nay, bộ điều khiển PID [1, 2] được đề xuất nhiều nhất cho hệ thống lái tàu thủy tự hành, ưu điểm của hệ thống điều khiển là đơn giản, dễ hiệu chỉnh. Tuy nhiên, bộ điều khiển PID cho chất lượng điều khiển không tốt khi tham số của mô hình đối tượng thay đổi.

Để khắc phục hạn chế của hệ thống điều khiển PID, chúng tôi đề xuất một bộ điều khiển trượt kết hợp với mạng nơ-ron nhân tạo và thuật toán luật học tham số nhỏ nhất cho hệ thống lái tàu tự hành không người lái. Ưu điểm của hệ thống điều khiển đề xuất được chỉ ra như sau:

- Thứ nhất, điều khiển trượt được sử dụng làm bộ điều khiển trung tâm. Ưu điểm của bộ điều khiển này là đảm bảo tính ổn định cho hệ thống và đảm bảo tính bền vững của hệ thống khi hệ thống có nhiễu ngoài tác dụng.

- Thứ hai, mạng nơ-ron thích nghi được tích hợp vào bộ điều khiển trượt để giải quyết bài toán với mô hình toán học động học tàu thủy có các thành phần bất định không rõ ràng.

- Thứ ba, luật học tham số nhỏ nhất được sử dụng để huấn luyện mạng nơ-ron thích nghi online. Luật học này góp phần làm giảm tải khối lượng làm việc của mạng nơ-ron, từ đó tiết kiệm thời gian và chi phí xây dựng hệ thóng điều khiển.

Như vậy có thể thấy rằng, việc nghiên cứu đề xuất bộ điều khiển trong đề tài này có những ý nghĩa nhất định về mặt khoa học trong việc xây dựng hoàn thiện các hệ thống tự động lái tàu thủy tự hành.

2. MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC CỦA TÀU THỦY TỰ HÀNH

Theo [1], mô hình toán học của hệ thống lái tàu thủy tự

hành được mô tả theo hệ thức dưới đây:

$$\begin{cases}\dot{\psi}(t)=r(t)\\ \dot{r}(t)=-\dfrac{K(t)}{T(t)}H(\mathrm{r})+\dfrac{K(t)}{T(t)}.\delta(t)+d(t)\end{cases} \quad (1)$$

Trong đó:

$H(\mathrm{r})=\alpha(t)r(t)+\beta(t)r^3(t)$ là hệ số Norrbin.

Mô hình (1) thể hiện mối quan hệ động học giữa góc bẻ bánh lái (δ) và góc hướng mũi tàu (Ψ). $K(t)$, $T(t)$ là các hệ số của mô hình, $d(t)$ là nhiễu bên ngoài tác động.

Viết lại mô hình toán học (1) dưới dạng sau:

$$\begin{cases}\dot{\psi}(t)=r(t)\\ \dot{r}(t)=f(t)+g(t).\delta(t)+d(t)\end{cases} \quad (2)$$

Trong đó:

$$\begin{cases}f(t)=-\dfrac{K(t)}{T(t)}.H(\mathrm{r})\\ g(t)=\dfrac{K(t)}{T(t)}\end{cases} \quad (3)$$

Mục tiêu của bài toán là thiết kế một bộ điều khiển để đầu ra của hệ thống (hướng mũi tàu thực tế) bám theo đầu ra (hướng cài đặt cho trước) khi có yếu tố mô hình $f(t)$ bất định.

3. BỘ ĐIỀU KHIỂN TRƯỢT THÍCH NGHI MẠNG NƠ-RON DỰA TRÊN LUẬT HỌC THAM SỐ NHỎ NHẤT

Gọi sai số và đạo hàm sai số giữa hướng mũi tàu mong muốn và hướng mũi tàu thực tế như sau:

$$\begin{cases}e(t)=\psi_d(t)-\psi(t)\\ \dot{e}(t)=\dot{\psi}_d(t)-\dot{\psi}(t)=\\ \ddot{e}(t)=\ddot{\psi}_d(t)-\dot{r}(t)\end{cases} \quad (4)$$

Mặt trượt được thiết kế theo hệ thức:

$$s(t)=\dot{e}(t)+c.e(t) \quad (5)$$

Đạo hàm mặt trượt được xác định theo hệ thức:

$$\dot{s}(t)=\ddot{e}(t)+c.\dot{e}(t) \quad (6)$$

Hàm lyapunop được chọn để ổn định hệ thống:

$$V(s)=\frac{1}{2}s^2(t) \quad (7)$$

Lấy đạo hàm hàm ổn định theo thời gian và thay các thành phần trong mô hình toán học của tàu vào, ta được:

$$\dot{V}(s)=s(t).\dot{s}(t)=s(t).\left(\ddot{\psi}_d(t)-f(t)-g(t).\delta(t)-d(t)+c.\dot{e}(t)\right) \quad (8)$$

Lựa chọn tín hiệu điều khiển của bộ điều khiển trượt như sau:

$$\delta(t)=\frac{1}{g(t)}.\left(\ddot{\psi}_d(t)-f(t)+c.\dot{e}(t)+\lambda.\mathrm{sign(s(t))}\right) \quad (9)$$

Thay tín hiệu điều khiển vào hàm ổn định Lyapunop ta được:

$$\dot{V}(s)=s(t).\dot{s}(t)=s(t).\left(-d(t)-\lambda.\mathrm{sign(s(t))}\right)\le D|s(t)|-\lambda|s(t)| \quad (10)$$

Chọn λ= D + ε hệ thống sẽ ổn định.

Để giải quyết bài toán khi tham số mô hình toán của hệ thống điều khiển tàu thủy tự hành bị thay đổi theo thời gian, tức là khi đó hàm f(t) trong tín hiệu điều khiển trượt sẽ không biết và chúng có thể được xấp xỉ bằng một mạng nơ-ron cơ sở xuyên tâm RBF, khi đó luật điều khiển được thể hiện qua hệ thức:

$$\delta(t)=\frac{1}{g(t)}.\left(\ddot{\psi}_d(t)-\hat{f}(t)+c.\dot{e}(t)+\lambda.\mathrm{sign(s(t))}\right) \quad (11)$$

$$\delta(t)=\frac{1}{g(t)}.\left(\ddot{\psi}_d(t)-\hat{\mathrm{W}}.h(t)+c.\dot{e}(t)+\lambda.\mathrm{sign(s(t))}\right) \quad (12)$$

Trong đó: $\hat{f}(t)$ - Hàm xấp xỉ thành phần bất định f(t) do mạng nơ-ron RBF tạo ra.

Luật cập nhật mạng nơ-ron thích nghi được thể hiện qua hệ thức sau:

$$\dot{\hat{\mathrm{W}}}=\gamma.s(t).h(t) \quad (13)$$

Trong hệ thức (13), việc tính toán luật thích nghi được thông qua các giá trị trọng số, do đó việc tính toán sẽ phức tạp, do đó luật học tham số nhỏ nhất được đề xuất để làm giảm khối lượng tính toán:

Cụ thể, tham số $\hat{\phi}=\left\|\hat{\mathrm{W}}\right\|^2$ được đề xuất đơn giản hóa việc tính toán tham số mạng nơ-ron.

Khi đó, luật điều khiển được đề xuất theo hệ thức dưới đây:

$$\delta(t)=\frac{1}{g(t)}.\left(\ddot{\psi}_d(t)-\frac{1}{2}\mathrm{s(t)}\hat{\phi}.h^T(t).h(t)+c.\dot{e}(t)+\lambda.\mathrm{sign(s(t))}\right) \quad (14)$$

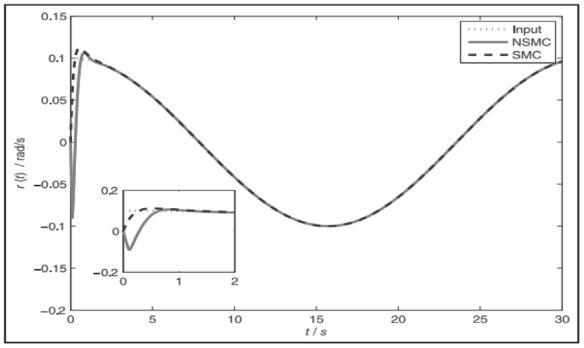
Luật cập nhật tham số học nhỏ nhất theo hệ thức:

$$\dot{\hat{\phi}}=\frac{\gamma}{2}\mathrm{s}^2(\mathrm{t}).h^T(t).h(t)-\xi.\gamma.\hat{\phi} \quad (15)$$

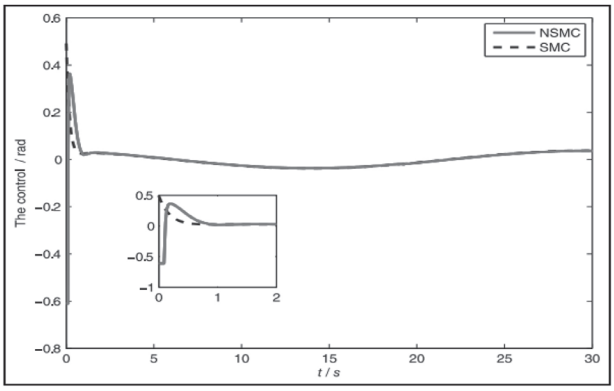
4. MÔ PHỎNG SỐ

Mô phỏng số được thực hiện với 2 trường hợp khác nhau, có nhiễu và không có nhiễu tác dụng, cụ thể như sau:

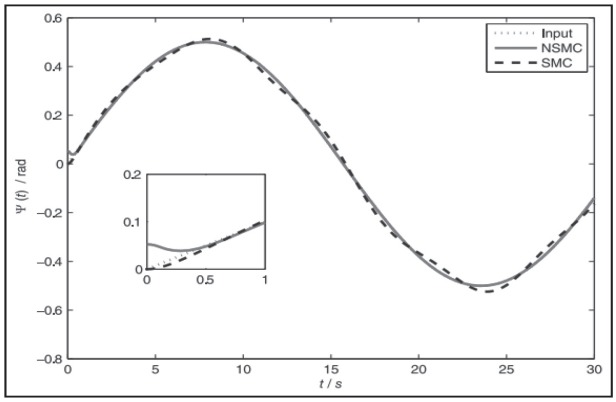
Tham số mô hình động lực học tàu thủy được cài đặt như sau: K(t) = 0,366, T(t) = 0,24, α(t) = 0,35 and β(t) = 0,3. Mạng nơ-ron gồm 2 đầu vào, 5 nút ẩn, giá trị ban đầu của trọng số là 0,1. Hàm hướng cài đặt = 0,5.sin (0.2.t) để hệ thống bám theo, hàm nhiễu tác dụng được thể hiện theo hệ thức $d(t)$ = 0,35.sin (0,8.t). Kết quả mô phỏng số được thể hiện qua các hình dưới đây.



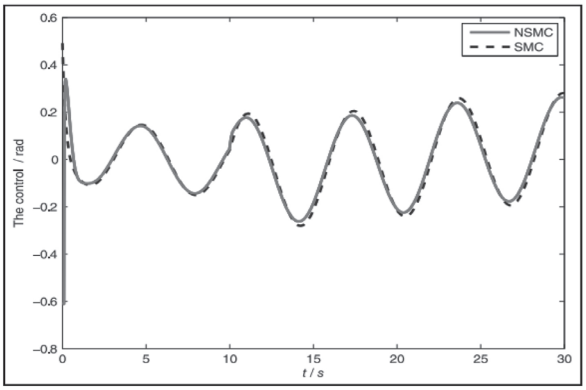
Hình 4.1: Kết quả bám theo hướng cài đặt khi không có nhiễu tác động



Hình 4.2: Tín hiệu điều khiển khi không có nhiễu tác động



Hình 4.3: Kết quả bám theo hướng cài đặt khi có nhiễu tác động



Hình 4.4: Tín hiệu điều khiển khi có nhiễu tác động

Từ các kết quả, có thể thấy rằng bộ điều khiển đề xuất có hiệu quả tốt trong việc điều khiển tàu thủy tự hành không người lái. Trong tương lai, các nghiên cứu chuyên sâu hơn sẽ được thực hiện trên thực nghiệm.

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã đề xuất một bộ điều khiển trượt mạng nơ-ron thích nghi cho hệ thống lái tàu thủy tự hành. Luật học tham số nhỏ nhất được sử dụng để cập nhật mạng nơ-ron giúp tiết kiệm thời gian và khối lượng tính toán. Kết quả mô phỏng số trên MATLAB đã chỉ ra tính khả thi của hệ thống đề xuất. Trong thời gian tiếp theo, chúng tôi sẽ thực hiện các nghiên cứu trên thực nghiệm mô hình tàu thực.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT.22-23.01.

Tài liệu tham khảo

[1]. TS. Nguyễn Văn Sướng (2021), *Tự động điều khiển tàu thủy*, NXB. Hàng hải.

[2]. Katsuhiko Ogata (2002), *Modern Control Engineering*, Aeeizh Publisher.

Ngày nhận bài: 15/3/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2023
Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Thái Dương
TS. Lương Tú Nam

Thực nghiệm so sánh hiệu suất bộ lọc bù và bộ lọc Kalman ước lượng góc nghiêng sử dụng MPU6050 cho quadrotor

■ **TS. DƯƠNG MẠNH HÙNG**
Học viện Kỹ thuật Quân sự
Email: duonghunghvkt@gmail.com

TÓM TẮT: Để điều khiển quadcopter bay ổn định, cần thiết kế một bộ lọc có hiệu suất tốt để ước lượng các tham số trạng thái mô tả chuyển động của thân quadrotor trong điều kiện ảnh hưởng của rung động và các nhiễu động ngẫu nhiên khác. Trong bài báo này, hai bộ lọc: Bộ lọc bù và bộ lọc Kalman được nghiên cứu để so sánh hiệu suất. Các thực nghiệm trên mô hình quadrotor sử dụng đơn vị đo lường quán tính IMU-MPU6050 thực thi trên vi điều khiển STM32F303CC có chi phí thấp và phổ biến thị trường. Các kết quả thực nghiệm ước lượng góc nghiêng trong điều kiện tĩnh và điều kiện ảnh hưởng của rung động do các cánh quạt của 4 động cơ quadrotor khi bay nhằm xác nhận hiệu quả của bộ lọc bù và bộ lọc Kalman.

TỪ KHÓA: Quadrotor, ước lượng góc nghiêng, bộ lọc Kalman, bộ lọc bù, IMU, MPU6050.

ABSTRACT: In order to control the quadcopter stably, it is necessary to design a good performance filter to estimate state parameters describing the movement of the quadrotor body under the effects of vibrations and other random disturbances. In this paper, two filters: the complementary filter and the Kalman filter are studied to compare the performance. Experiments on quadrotor model using IMU-MPU6050 inertia measurement unit implemented on STM32F303CC microcontroller are low cost and popular in the market. The experimental results estimate the attitude angle under static conditions and under the influence of vibrations caused by the propellers of the four quadrotor motors in flight to confirm the efficiency of the complementary filter and the Kalman filter.

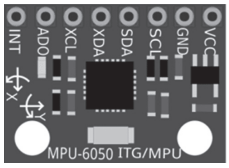
KEYWORDS: Quadrotor, tilt estimate, Kalman filter, complementary filter, IMU, MPU6050.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bộ lọc Kalman và bộ lọc bù (complementary filter) là những bộ lọc phổ biến để xác định góc nghiêng của thiết bị bay không người lái (UAV). Ước lượng góc cho UAV là ước lượng gián tiếp qua cảm biến, cảm biến phổ biến nhất trên UAV là cảm biến vi cơ điện tử (MEMS): cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển, từ kế. Dữ liệu thu được từ các cảm biến được xử lý bởi các bộ lọc kỹ thuật số. Ứng dụng của bộ lọc Kalman ước lượng góc nghiêng cho quadrotor dựa trên cảm biến MEMS là phổ biến. Trong [12, 2] đã phát triển bộ lọc Kalman vô hướng (UKF) và kiểm chứng thuật toán qua mô phỏng. Các ứng dụng của bộ lọc bù trong điều hướng UAV có thể được tìm thấy trong các nghiên cứu [3, 5]. So sánh hiệu suất hai bộ lọc khi phân tích hoạt động với góc nhìn của lý thuyết lọc được thực hiện trong [7] nhưng chưa có kết luận rõ ràng. Trong nghiên cứu [4] so sánh hiệu suất hai bộ lọc khi ước lượng góc nghiêng thực nghiệm trên robot hai bánh tự cân bằng, tuy nhiên chưa đưa ra kết luận so sánh về hai bộ lọc trên đối tượng đó. Trong [8] đã thực nghiệm so sánh hai bộ lọc trong điều kiện tĩnh cho kết quả khả quan hơn khi chỉ rõ ưu, nhược điểm của của mỗi bộ lọc, bộ lọc Kalman cho độ chính xác cao hơn trong khi bộ lọc bù thực hiện đơn giản hơn.

Hình 1.1: Mô hình quadrotor

Từ các thảo luận trong các nghiên cứu trên, tác giả bài báo thấy cần làm rõ hơn vấn đề khi ứng dụng hai bộ lọc trên UAV mà đối tượng cụ thể là mô hình quadrotor. Để điều khiển và ổn định quadrotor *(Hình 1.1)* khi bay, cần phải ước lượng góc nghiêng cho kênh điều khiển góc nhằm cân bằng và ổn định quadrotor trong không gian. Khi quadrotor bay, do kết cấu của quadrotor và cánh quạt tạo lực khí động của 4 động không cân bằng tuyệt đối nên trên quadrotor có sự rung động, ngoài ra ảnh hưởng của nhiễu khí động (gió) trong điều bay là không thể tránh khỏi cũng gây ra các rung động. Do đó, thuật toán ước lượng góc nghiêng cần phải đảm bảo tốt trong điều kiện rung động, nội dung bài báo thực hiện thực nghiệm so sánh hiệu suất của bộ lọc bù và bộ lọc Kalman trong điều kiện rung động trên mô hình quadrotor sử dụng cảm biến MPU6050 *(Hình 1.2)* thực thi trên vi điều khiển STM32F303CCT6 phổ biến và chi phí thấp.



Hình 1.2: MPU6050

2. THUẬT TOÁN ƯỚC LƯỢNG GÓC NGHIÊNG SỬ DỤNG BỘ LỌC KALMAN VÀ BỘ LỌC BÙ SỬ DỤNG ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG QUÁN TÍNH MPU6050

2.1. Đọc dữ liệu từ đơn vị đo lường quán tính MPU6050

Để phân tích dữ liệu từ mô-đun MPU6050, dữ liệu thô cần được chuyển đổi thành các đơn vị góc tương ứng với thành phần góc nghiêng (*roll* và *pitch*). Dữ liệu thô nhận được từ (MPU6050) được lấy mẫu để tính sai số tĩnh, các mẫu dữ liệu sử dụng cần được bù sai số tĩnh và hiệu chỉnh theo độ nhạy cho mỗi phép đo như sau:

$$a = (a_{meas} - a_{bias})/s_a \quad (1)$$

Trong đó: a_{meas} - Gia tốc đo được; a_{bias} - Sai số tĩnh; S_a - Độ nhạy của cảm biến gia tốc được chỉ rõ trong tài liệu kỹ thuật của MPU6050. Góc nghiêng (*roll*, *pitch*) được tính toán như sau:

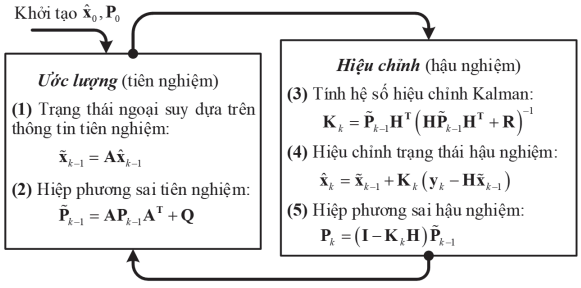
$$\varphi = \mathbf{atan2}(a_y, a_z);\ \theta = \mathbf{atan2}(a_x, a_z) \quad (2)$$

Dữ liệu đối với con quay hồi chuyển cũng nhận được theo cách tương tự, đầu ra con quay hồi chuyển có đơn vị là độ/s, với hệ số độ nhạy là s^{φ}_{gyr}, s^{θ}_{gyr}.

$$\dot{\varphi} = (\dot{\varphi}_{new} - \dot{\varphi}_{bias})/s^{\varphi}_{gyr};\ \dot{\theta} = (\dot{\theta}_{new} - \dot{\theta}_{bias})/s^{\theta}_{gyr} \quad (3)$$

Trong đó: $\dot{\varphi}_{new}$, $\dot{\theta}_{new}$ - Vận tốc góc nghiêng (*roll*, *pitch*) cập nhật từ cảm biến con quay hồi chuyển tích hợp trong MPU6050; $\dot{\varphi}_{bias}$, $\dot{\theta}_{bias}$ - Sai số tĩnh;

Do tính chất thăng giáng của phép đo gia tốc từ gia tốc kế, dữ liệu gia tốc sau khi cập nhật từ (1) cần được đưa qua bộ lọc Kalman [6] làm trơn nhằm loại bỏ thành phần nhiễu thăng giáng. Sơ đồ thực hiện bộ lọc Kalman rời rạc thể hiện trên *Hình 2.1*.

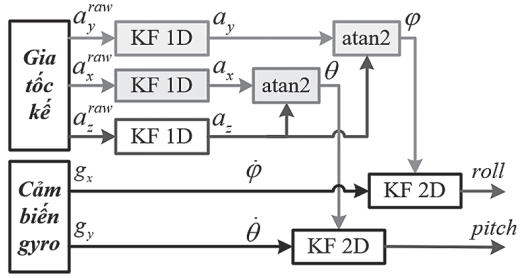


Hình 2.1: Bộ lọc Kaman rời rạc

Tham số nhiễu của bộ lọc Kalman làm trơn được xác định bằng thực nghiệm thống kê phương sai Allan [11] trên mô hình thực nghiệm nhận được: $R_{ax} \approx 0.000119$; $R_{ay} \approx 0.0000947$; $R_{az} \approx 0.0002598$, với R_{ax}, R_{ay}, R_{az} tương ứng là phương sai nhiễu quan sát của các thành phần gia tốc theo các trục x, y, z của hệ tọa độ cảm biến.

2.2. Thuật toán ước lượng góc nghiêng sử dụng bộ lọc Kalman

Bộ lọc Kalman nói chung là một bộ ước lượng tuyến tính, có khả năng tối thiểu hiệp phương sai của sai số [6].



Hình 2.2: Sơ đồ thực hiện ước lượng góc nghiêng sử dụng thuật toán lọc Kalman 2D

Các phương trình của bộ lọc trong vòng lặp tính toán (đệ quy), tương đối dễ dàng thực thi trên bộ vi xử lý thông dụng hiện nay. Sơ đồ thực hiện bộ lọc Kalman hai thành phần được đề xuất *(Hình 2.2)* với đầu vào gồm vị trí góc nghiêng đo được từ các thành phần gia tốc và vận tốc góc nghiêng từ cảm biến con quay hồi chuyển. Các phương trình bộ lọc Kalman (KF 2D):

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{H}\mathbf{x}_k + \mathbf{r}_k \quad \textit{Phương trình quan sát} \quad (4)$$

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{A}\mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{q}_{k-1} \quad \textit{Phương trình động học} \quad (5)$$

Trong đó: $\mathbf{y}_k = [y^a_k \quad y^g_k]^{\mathrm{T}}$; y^a_k, y^g_k - Phép đo cập nhật từ gia tốc kế và con quay hồi chuyển với thời gian lấy mẫu Δt; $\mathbf{x}_k = [\alpha_k \quad \dot{\alpha}_k]^{\mathrm{T}}$ - Trạng thái vị trí góc và vận tốc góc;

$$\mathbf{r}_k = \begin{bmatrix} R_\alpha & 0 \\ 0 & R_{\dot{\alpha}} \end{bmatrix};\ \mathbf{q}_k = \begin{bmatrix} Q_\alpha & 0 \\ 0 & Q_{\dot{\alpha}} \end{bmatrix};\ \mathbf{H} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},\ \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix};$$

R_α, $R_{\dot{\alpha}}$ - Phương sai nhiễu quan sát; Q_α, $Q_{\dot{\alpha}}$ - Phương sai nhiễu động học; H, A - Ma trận quan sát và động học;

- B1) Các phương trình trạng thái ngoại suy tiên nghiệm:

$$\tilde{\mathbf{x}}_{k-1} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}_{k-1} \qquad \tilde{\alpha}_k = \hat{\alpha}_{k-1} + \Delta t.\hat{\dot{\alpha}}_{k-1};\qquad \tilde{\dot{\alpha}}_k = \hat{\dot{\alpha}}_{k-1} \quad (6)$$

- B2) Các phương trình hiệp phương sai tiên nghiệm:

$$\tilde{\mathbf{P}}_{k-1} = \mathbf{A}\mathbf{P}_{k-1}\mathbf{A}^{\mathrm{T}} + \mathbf{Q};\ \tilde{\mathbf{P}}_{k-1} = \begin{bmatrix} \tilde{p}^{(1)}_{k-1} & \tilde{p}^{(2)}_{k-1} \\ \tilde{p}^{(3)}_{k-1} & \tilde{p}^{(4)}_{k-1} \end{bmatrix};\ \mathbf{P}_{k-1} = \begin{bmatrix} p^{(1)}_{k-1} & p^{(2)}_{k-1} \\ p^{(3)}_{k-1} & p^{(4)}_{k-1} \end{bmatrix}; \quad (7)$$

Trong đó: $\tilde{p}^{(1)}_{k-1} = p^{(1)}_{k-1} + \Delta t(p^{(2)}_{k-1} + p^{(3)}_{k-1} + \Delta t * p^{(4)}_{k-1}) + Q_\alpha$; $\tilde{p}^{(2)}_{k-1} = p^{(2)}_{k-1} + \Delta t.p^{(4)}_{k-1}$; $\tilde{p}^{(3)}_{k-1} = p^{(3)}_{k-1} + \Delta t.p^{(4)}_{k-1}$; $\tilde{p}^{(4)}_{k-1} = p^{(4)}_{k-1} + Q_{\dot{\alpha}}$.

- B3) Hệ số hiệu chỉnh Kalman:

$$\mathbf{K}_k = \tilde{\mathbf{P}}_{k-1}\mathbf{H}^{\mathrm{T}}\left(\mathbf{H}\tilde{\mathbf{P}}_{k-1}\mathbf{H} + \mathbf{R}\right)^{-1} \qquad \mathbf{K}_k = \begin{bmatrix} K^{(1)}_k & K^{(2)}_k \\ K^{(3)}_k & K^{(4)}_k \end{bmatrix} \quad (8)$$

Trong đó:

$K^{(1)}_k = \tilde{p}^{(1)}_{k-1}.q^{(1)}_{k-1} + \tilde{p}^{(2)}_{k-1}.q^{(3)}_{k-1}$; $K^{(2)}_k = \tilde{p}^{(1)}_{k-1}.q^{(2)}_{k-1} + \tilde{p}^{(2)}_{k-1}.q^{(4)}_{k-1}$;

$K^{(3)}_k = q^{(1)}_{k-1}.\tilde{p}^{(3)}_{k-1} + q^{(3)}_{k-1}.\tilde{p}^{(4)}_{k-1}$; $K^{(4)}_k = \tilde{p}^{(3)}_{k-1}.q^{(2)}_{k-1} + \tilde{p}^{(4)}_{k-1}.q^{(4)}_{k-1}$;

$\mathbf{D} = \tilde{p}^{(1)}_{k-1}.\tilde{p}^{(4)}_{k-1} + \tilde{p}^{(1)}_{k-1}.R_{\dot{\alpha}} - \tilde{p}^{(2)}_{k-1}.\tilde{p}^{(3)}_{k-1} + \tilde{p}^{(4)}_{k-1}.R_\alpha + R_\alpha.R_{\dot{\alpha}}$;

$q^{(1)}_k = (\tilde{p}^{(4)}_{k-1} + R_\alpha)/\mathbf{D}$; $q^{(2)}_k = -\tilde{p}^{(2)}_{k-1}/\mathbf{D}$; $q^{(3)}_k = -\tilde{p}^{(3)}_{k-1}/\mathbf{D}$; $q^{(4)}_k = (\tilde{p}^{(1)}_{k-1} + R_{\dot{\alpha}})/\mathbf{D}$.

- B4) Hiệu chỉnh trạng thái hậu nghiệm:

$$\hat{\mathbf{x}}_k = \tilde{\mathbf{x}}_{k-1} + \mathbf{K}_k(\mathbf{y}_k - \mathbf{H}\tilde{\mathbf{x}}_{k-1}) \quad (9)$$

Trong đó: $\hat{\alpha}_k = \tilde{\alpha}_k + K^{(1)}_k(y^a_k - \tilde{\alpha}_k) + K^{(2)}_k(y^g_k - \tilde{\dot{\alpha}}_k)$;

$\hat{\dot{\alpha}}_k = \tilde{\dot{\alpha}}_k + K^{(3)}_k(y^a_k - \tilde{\alpha}_k) + K^{(4)}_k(y^g_k - \tilde{\dot{\alpha}}_k)$.

- B5) Hiệu chỉnh trạng thái hậu nghiệm:

$$\mathbf{P}_k = (\mathbf{I} - \mathbf{K}_k\mathbf{H})\tilde{\mathbf{P}}_{k-1} \quad (10)$$

Trong đó: $p^{(1)}_k = (1 - K^{(1)}_k)\tilde{p}^{(1)}_{k-1} - K^{(2)}_k\tilde{p}^{(3)}_{k-1}$;

$p^{(2)}_k = (1 - K^{1}_k)\tilde{p}^{(2)}_{k-1} - K^{(2)}_k\tilde{p}^{(4)}_{k-1}$; $p^{(3)}_k = -K^{(3)}_k\tilde{p}^{(1)}_{k-1} + (1 - K^{(4)}_k)\tilde{p}^{(3)}_{k-1}$;

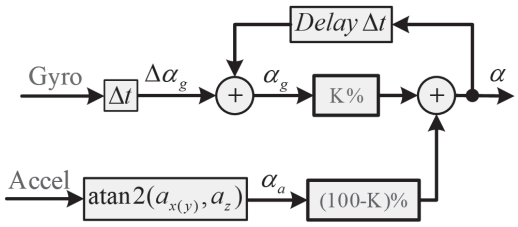
$p^{(4)}_k = -K^{(3)}_k\tilde{p}^{(2)}_{k-1} + (1 - K^{(4)}_k)\tilde{p}^{(4)}_{k-1}$.

(các chỉ số (1), (2), (3), (4) là các ký hiệu cho các tham số khác nhau).

Vòng lặp được thực hiện từ B1 đến B5. Với mục đích thực thi trên vi điều khiển thông dụng STM32F303CCT6, các phép toán ma trận cần được chuyển đổi tách ra thành các phương trình tính toán riêng lẻ tương ứng với từng bước ở trên. Các thành phần phương sai nhiễu quan sát được xác định bằng thực nghiệm thống kê phương sai Allan [11] trên mô hình thực nghiệm nhận được phương sai quan sát kênh góc roll: $R_\varphi \approx 0,0000338$; $R_\varphi \approx 0,0000796$, kênh góc pitch: $R_\theta \approx 0,000042$; $R_\theta = 0,0000119$;

2.3. Thuật toán ước lượng góc nghiêng sử dụng bộ lọc bù (complementary filter)

Nếu chỉ sử dụng riêng lẻ con quay hồi chuyển hoặc gia tốc kế để ước lượng góc nghiêng sẽ cung cấp thông tin không hiệu quả và thiếu tin cậy. Bởi con quay hồi chuyển phản ứng tốt với chuyển động góc và không chịu tác động của sự thay đổi gia tốc, nhưng có nhược điểm là sai số tích tích lũy theo thời gian, vì vậy nó không thích hợp trong thời gian dài để tính toán góc nghiêng. Sử dụng gia tốc kế ước lượng góc nghiêng tốt trong điều kiện tĩnh, nhưng nó bị sai lệch thông tin do gia tốc xuất hiện thành phần phi trọng lực khi thiết bị chuyển động ảnh hưởng đến đo bám góc khi thiết bị chuyển động [10]. Dựa trên các đặc điểm của hai cảm biến trên, phương pháp lọc bù được áp dụng để kết hợp các ưu điểm của hai cảm biến. Gia tốc kế và con quay hồi chuyển được sử dụng trong hệ thống INS làm cơ sở để phân biệt định hướng đối với hệ quy chiếu vật thể nhất định. Sơ đồ thực hiện thuật toán lọc bù thể hiện trên *Hình 2.3*.



Hình 2.3: Sơ đồ thực hiện bộ lọc bù

Trong nghiên cứu [1], khi lựa chọn phần trăm (K) lớn, dữ liệu được tạo ra bởi con quay hồi chuyển, trong khi phần trăm (100-K) nhỏ dành cho dữ liệu gia tốc kế. Vì dữ liệu của con quay hồi chuyển chứa sai số tích lũy, nên một tỷ lệ nhỏ của dữ liệu gia tốc kế sẽ loại bỏ sai số tích lũy đó. Mặt khác, rung động do 4 động cơ cánh quạt của quadrotor hoạt động ảnh hưởng đến gia tốc kế khi này ảnh hưởng là rất ít vì tỷ lệ phần trăm rất thấp, hầu như không ảnh hưởng đến góc nghiêng ở đầu ra của bộ lọc. Trong [1] sử dụng thuật toán GWO để xác định tỷ lệ tối ưu (K = 98%) với hai hàm mục tiêu là: độ trễ dịch pha và nhiễu tạp do gia tốc kế tạo ra nhận được tín hiệu đầu ra có độ trễ rất nhỏ tốt hơn so với tín hiệu nhận được từ khi sử dụng riêng lẻ con quay hồi chuyển hoặc gia tốc kế. Phương trình thực hiện thuật toán lọc bù cho góc roll (ϕ) và góc pitch (θ) sử dụng phương pháp tích phân rời rạc [9] như sau:

$$\varphi_k = 0.98 * \{\varphi_{k-1} + [(\omega_k^x + \omega_{k-1}^x)/2](t_k - t_{k-1})\} + 0.02 * \text{atan2}(a_{yk}, a_{zk}) \quad (11)$$

$$\theta_k = 0.98 * \{\theta_{k-1} + [(\omega_k^y + \omega_{k-1}^y)/2](t_k - t_{k-1})\} + 0.02 * \text{atan2}(a_{xk}, a_{zk}) \quad (12)$$

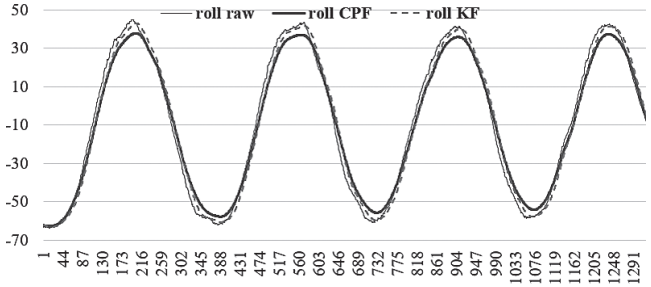
3. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

Mô hình thực nghiệm quadrotor được thiết lập trên giá thử, trục quay cố định gắn với trục *x* của quadrotor, qua đó thực nghiệm ước lượng góc roll. Cảm biến quán tính IMU được nhúng trên quadrotor bao gồm gia tốc kế ba trục và con quay hồi chuyển ba trục sử dụng MPU6050 và vi điều khiển hiệu suất cao STM32F303CCT6, các linh kiện này phổ biến và có chi phí thấp. Các cảm biến MEMS MPU6050 được kết nối với vi điều khiển STM32 thông qua giao thức I2C. Dữ liệu thô từ MPU6050 đưa qua bộ lọc thông thấp kỹ thuật số đã được tích hợp bên trong để lọc tín hiệu đầu vào, dữ liệu được lấy mẫu ở tần số 1 Khz và được truyền lên máy tính qua giao thức truyền thông USB tích hợp trong IC STM32F303CCT6.

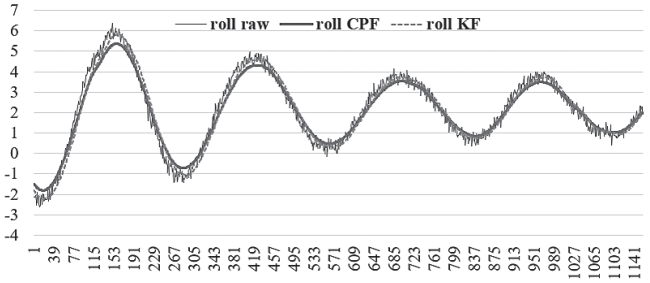
Tiến hành thực nghiệm trong hai chế độ: Chế độ tĩnh (các động cơ cánh quạt của quadrotor không hoạt động) và chế độ ảnh hưởng của rung động (các động cơ cánh quạt của quadrotor hoạt động với tốc độ tương đương với khi quadrotor bay - nghĩa là lực khí động tạo được đủ lực nâng mô hình quadrotor).

Trên *Hình 3.1a* là kết quả thực nghiệm ước lượng kênh góc roll trong chế độ tĩnh gồm dữ liệu thô (đường nét liền mảnh), dữ liệu ước lượng đầu ra bộ lọc Kalman (đường nét đứt đậm) và bộ lọc bù (đường nét liền đậm). Kết quả thực nghiệm cho thấy, với tham số của hai bộ lọc thiết lập ở phần trên, dữ liệu bộ lọc Kalman bám sát với dữ liệu thô, còn dữ liệu liệu bộ lọc bù có độ bám trễ hơn so với bộ lọc Kalman. Tuy nhiên, dữ liệu đầu ra của hai bộ lọc và dữ liệu thô cùng hội tụ đến một giá trị trong chế độ xác lập *(Hình 3.1b)*. Kết quả thực nghiệm trong chế độ tĩnh cho thấy hiệu suất của hai bộ lọc là tương đồng, điểm khác biệt chủ yếu giữa hai bộ lọc như sau:

- Bộ lọc Klaman cho độ chính xác bám động tốt hơn so với bộ lọc bù;
- Bộ lọc bù có độ trễ bám động lớn hơn so với bộ lọc Kalman;
- Hai bộ lọc có độ chính xác như nhau trong chế độ xác lập.

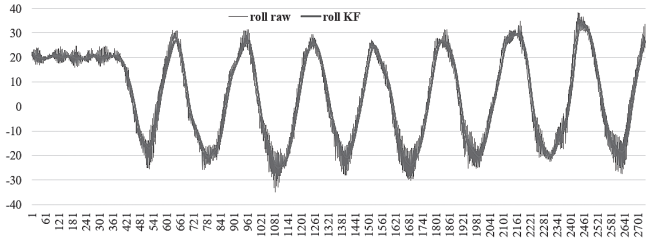


a) - Biên độ góc roll thay đổi

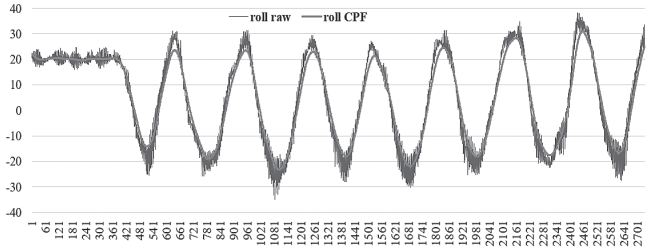


b) - Biên độ góc roll giảm dần xác lập

Hình 3.1: Đồ thị dữ liệu thực nghiệm kênh góc roll trong chế độ tĩnh (trục tung - góc roll (độ), trục hoành - mẫu dữ liệu)

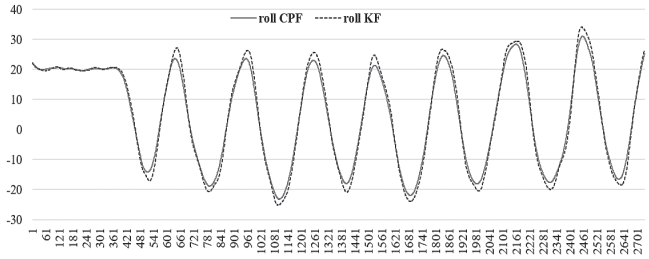


a) - Bộ lọc Kalman ước lượng góc roll



b) - Bộ lọc bù ước lượng góc roll

Hình 3.2: Đồ thị dữ liệu thực nghiệm kênh góc roll sử dụng bộ lọc Kalman, bộ lọc bù và dữ liệu thô (trục tung - góc roll (độ), trục hoành - mẫu dữ liệu)



Hình 3.3: Đồ thị dữ liệu thực nghiệm kênh góc roll sử dụng bộ lọc Kalman và bộ lọc bù (trục tung - góc roll (độ), trục hoành - mẫu dữ liệu)

Dữ liệu thực nghiệm trong chế độ rung động thể hiện trên *Hình 3.2* và *Hình 3.3*, dữ liệu thô do ảnh hưởng bởi rung động có biên độ dao động khá lớn, tuy nhiên các kết quả nhận được sau khi được lọc bởi hai bộ lọc nhận được cho hiệu suất tốt. Đặc điểm hiệu suất của hai bộ lọc tương đồng với dữ liệu thực nghiệm trong chế độ tĩnh.

4. KẾT LUẬN

Các kết quả thực nghiệm ước lượng góc nghiêng sử dụng bộ lọc Kalman và bộ lọc bù cho hiệu suất tương đồng, bộ lọc Kalman có độ chính xác bám động tốt hơn trong khi bộ lọc bù có độ trễ so với bộ lọc Kalman khi đánh giá theo quá trình quá độ, tuy nhiên một thực tế là bộ lọc bù có khối lượng tính toán thấp hơn so với bộ lọc Kalman, do vậy bộ lọc bù phù hợp thực thi trên các vi điều khiển thông dụng. Kết quả nghiên cứu của bài báo cũng tương đồng với kết quả thảo luận trong nghiên cứu [4], tuy nhiên về độ chính xác của hai bộ lọc nhận được trong quá trình xác lập là tương đương. Vấn đề độ trễ của bộ lọc bù phụ thuộc vào hệ số bù *K (Hình 2.3)*, việc lựa chọn hệ số bù K tối ưu đã được thảo luận trong nghiên cứu [1], tuy nhiên với mỗi đối tượng cụ thể hệ số bù *K* cần được lựa chọn khác nhau theo động học của đối tượng nghiên cứu, vấn đề này sẽ được thảo luận trong nghiên cứu tiếp sau của nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

[1]. Ahmed Al-baghdadi, Abduladhem Abdulkareem Ali (December 2019), *An Optimized Complementary Filter For An Inertial Measurement Unit Contain MPU6050 Sensor*, Iraqi Journal for Electrical And Electronic Engineering.

[2]. Ahmed Abdulmahdi Abdulkareem Alawsi, Basil H Jasim, Safanah Mudheher Raafat (28 November 2019), *Nonlinear estimation of quadcopter states using unscented Kalman filter*, Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN).

[3]. Cao, D.; Qu, Q.; Li, C.; He, C. (11/2009), *Research of Attitude Estimation of UAV Based on Information Fusion of Complementary Filter*, In Proceedings of the Fourth International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology, Seoul, Korea, 24-26, pp.1290-1293.

[4]. Chudzik, S. (2021), *Intertial Sensors in the Stabilization System of the Balancing Vehicle*, Int. J. Electron. Telecommun, 67, 241-246.

[5]. Euston, M.; Coote, P.; Mahony, R.; Kim, J.; Hamel, T. (September 2008), *A Complementary Filter for Attitude Estimation of a Fixed-Wing UAV*, In Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Nice, France, 22-26, pp.340-345.

[6]. G. Welch and G. Bishop (February 2009), *An Introduction to the Kalman Filter*, University of North Carolina at Chapel Hill Department of Computer Science Chapel Hill, NC 27599-3175.

[7]. Higgins, W.T.A. (1975), *Comparison of Complementary and Kalman Filtering*, IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., AES-11, 321-325.

[8]. Haider, M.H.; Islam, T.; Islam, M.S.; Shajid-Ul-Mahmud, M. (2017), *Comparison of Complementary and Kalman Filter Based Data Fusion for Attitude Heading Reference System*, AIP Conf. Proc., 1919, 020002.

[9]. K. S. and O. Camacho (2007), *Implementing Positioning Algorithms Using Accelerometers*, Free. Semicond.

[10]. Kevin Murrant (2012), *Attitude and Heading Reference System for Small Unmanned Aircraft Collision Avoidance Maneuvers*, Memorial University of Newfoundland, 22-46.

[11]. Jintao Li and Jeancheng Fang (2013), *Not Fully Overlapping Allan Variance and Total Variance for Inertial Sensor Stochastic Error Analysis*, IEEE Transaction and Measurement, vol.62, no.10, pp.2659-2672.

[12]. Jing-JingXiong, En-HuiZheng (November, 2015), *Optimal Kalman Filter for state estimation of a quadrotor UAV*, Optik Volume 126, Issue 21, pp.2862-2868.

Ngày nhận bài: 02/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2023
Người phản biện: TS. Nguyễn Trung Tấn
TS. Nguyễn Đình Dũng

Nghiên cứu chế tạo thiết bị chuyển đổi giao thức cho chuẩn tín hiệu truyền dữ diệu NMEA0183 trên tàu biển

■ **TS. NGUYỄN ĐÌNH THẠCH**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: thachnd.ddt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Với sự phát triển của khoa học kĩ thuật, các trang thiết bị nghi khí hàng hải và vô tuyến hiện đại được trang bị rất nhiều trên tàu nhằm nâng cao hiệu quả khi khai thác và đảm bảo an toàn hàng hải. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo và thử nghiệm thiết bị chuyển đổi giao thức cho chuẩn tín hiệu truyền dữ liệu NMEA0183 trên tàu biển. Các thuật toán xử lý và kết quả chế tạo, thử nghiệm cũng được đề cập trong bài báo.

TỪ KHÓA: La bàn điện, hệ thống lái tự động, chuẩn dữ liệu hàng hải NMEA0183, vi điều khiển, phần mềm 232Analyzer.

ABSTRACT: With the development of science and technology, modern radio and marine equipment are often equipped on ships to improve operating efficiency and ensure maritime safety. This paper presents the research, manufacture and testing results of protocol converters for standard data transmission signal NMEA0183 on ships. The processing algorithms and results of fabrication and testing are also mentioned in the article.

KEYWORDS: Electronic compass, autopilot, marine data standard NMEA 0183, microcontroller, 232Analyzer software.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để tạo ra chuẩn truyền dữ liệu chung cho các thiết bị truyền thông thuộc ngành Hàng hải, vào năm 1980, một nhóm các nhà bác học thuộc các nghành công nghiệp khác nhau đã phối hợp tạo ra một chuẩn truyền dữ liệu NMEA-0183. Ngày nay, chuẩn NMEA-0183 được sử dụng hầu hết trong các thiết bị hàng hải, chuẩn này được thiết kế cho việc truyền dữ liệu một chiều giữa các thiết bị talker (thiết bị phát) và các thiết bị listener (thiết bị thu) theo kiểu liên kết điểm - điểm hoặc điểm - đa điểm. Các thiết bị này sử dụng giao diện truyền nối tiếp không đồng bộ. Tất cả các dữ liệu của chuẩn NMEA được truyền đi, theo giao thức từng khuôn câu lệnh và tất cả các ký tự đều được mã hóa theo bảng mã hóa tiêu chuẩn ASCII. Mỗi một bức điện đều bắt đầu bằng một ký tự dolar "$" và kết thúc với <CR><LF>. Định dạng câu lệnh chung của Talker có dạng như sau:

$TTSSS,d1.d2,…,*HH<CR><LF>.

Hai ký tự đầu tiên "TT" theo sau ký tự $ là nhận dạng của thiết bị Talker. Ba ký tự tiếp theo "SSS" là nhận dạng của bức điện, tiếp sau đó là các trường dữ liệu, mà mỗi trường dữ liệu được cách nhau bởi một dấu phẩy ",", các trường dữ liệu này xác định một ý nghĩa duy nhất cho mỗi loại bức điện, theo sau các trường dữ liệu này là hai ký tự kiểm tra tổng "HH" cho bức điện, trường kiểm tra tổng này sẽ kiểm tra tổng cho tất cả các ký tự nằm ở giữa ký tự $ và dấu *. Mục đích của việc kiểm tra tổng nhằm phát hiện xem bức điện thư được có bị lỗi hay không, tuy nhiên một số thiết bị phát gói tin NMEA0183 đi không có trường kiểm tra tổng. Kết thúc câu lệnh là ký tự xuống dòng <CR> và ký tự về đầu dòng <LF>.

Chuẩn về giao thức của bức điện NMEA0183 là như vậy. Tuy nhiên, câu lệnh cùng loại của một số hãng có sự khác nhau về trường dữ liệu, điều này dẫn đến việc không thể ghép nối chúng với nhau thông qua chuẩn NMEA0183 được. Trên tàu biển, để có thể lái được tự động thì hệ thống lái tự động phải được kết nối với la bàn điện. Tín hiệu NMEA0183 về hướng của con tàu từ la bàn điện sẽ được gửi đến hệ thống lái tự động. Trên cơ sở đó, hệ thống lái tự động sẽ đưa ra các thuật toán bẻ lái để lái con tàu đi theo hướng đặt trước. Hiện nay, trên đội tàu biển của Việt Nam được trang bị nhiều loại hệ thống lái tự động, phần lớn trong những loại này là hệ thống lái tự động PT500 của hãng Yokogawa (Nhật Bản). Tuy nhiên, hệ thống lái tự động này chỉ kết nối được với la bàn điện loại CMZ-900 cũng cùng của hãng Yokogawa mà không kết nối được với bất kỳ một la bàn nào của hãng khác. Điều này gây ra nhiều khó khăn cho chủ tàu, lãng phí về mặt kinh tế đối với những con tàu hiện đang có sẵn la bàn điện khác loại CMZ-900. Để khắc phục được khó khăn trên và để kết nối được giữa la bàn của hãng khác với hệ thống lái tự động thì cần

phải có một thiết bị trung gian làm nhiệm vụ "phiên dịch" chuyển đổi giao thức bức điện NMEA0183 của các la bàn khác loại thành bức điện NMEA0183 giống như của la bàn CMZ-900, sau đó mới đưa vào hệ thống lái tự động PT500. Xuất phát từ những lý do trên, việc nghiên cứu chế tạo và thử nghiệm thành công thiết bị chuyển đổi giao thức cho tín hiệu NMEA0183 của la bàn khác loại thành tín hiệu NMEA0183 của la bàn CMZ-900 mang ý nghĩa rất lớn, góp phần tăng tính cạnh tranh và nội địa hóa sản phẩm công nghệ nước nhà.

Bài báo gồm 4 phần. Phần 1 là Đặt vấn đề; Phần 2 trình bày Cơ sở phân tích cho việc chuyển đổi giao thức bức điện NMEA0183 của la bàn điện; Phần 3 là Cấu trúc thiết bị; Phần 4 đưa ra Kết quả thử nghiệm đối với thiết bị; Phần 5 là một số kết luận.

2. CƠ SỞ PHÂN TÍCH, TÍNH TOÁN CHO VIỆC CHUYỂN ĐỔI GIAO THỨC BỨC ĐIỆN NMEA0183 CỦA LA BÀN ĐIỆN

2.1. Cấu trúc bức điện NMEA0183 của la bàn điện

Trên tàu biển, dữ liệu về hướng mũi tàu của la bàn điện sẽ được đóng gói thành bức điện NMEA0183 trước khi truyền đi cho các hệ thống khác. Cấu trúc bức điện của các loại la bàn có dạng chung như sau:

T_1T_2HDT,$D_1D_2D_3.D_4$,T*<CR><LF>

Bức điện trên sẽ được phát đi liên tục theo chu kỳ, chu kỳ này có thời gian từ 0,1s đến 2s tùy theo từng loại la bàn. Khởi đầu bức điện là ký tự "$", tiếp theo sau là hai ký tự "T_1T_2". Hai ký tự này là nhận dạng của loại la bàn. Sau hai ký tự trên là ba ký tự "HDT". Ba ký tự cố định này là nhận dạng của bức điện, thể hiện đây là bức điện mang thông tin về góc của hướng mũi tàu so với hướng bắc thật. Tiếp theo sau là dấu "," rồi đến trường dữ liệu "$D_1D_2D_3.D_4$" thể hiện giá trị góc hướng mũi tàu (tính theo độ) so với hướng bắc thật. Trong đó, ba ký tự "$D_1D_2D_3$" nhận giá trị từ 000 đến 359, Ký tự D_1 nhận giá trị từ 0 đến 9. Tiếp theo sau là dấu "," rồi đến ký tự "T' và ký tự "*". Kết thúc bức điện là hai ký tự điều khiển xuống dòng và lùi về đầu dòng <CR><LF>. Bức điện thu được dưới đây là của la bàn SIMRAD/ RGC-80/85.

$AGHDT,268.2,T*

Dữ liệu về góc hướng mũi tàu so với hướng bắc thật trong bản tin thu được ở trên là 268,2 độ.

2.2. Cấu trúc bức điện NMEA0183 của la bàn điện CMZ-900

Dữ liệu về hướng mũi tàu của la bàn điện CMZ-900 sẽ được đóng gói thành bức điện NMEA0183 với cấu trúc bức điện có dạng như sau:

$HEHRC$D_1D_2D_3D_4D_5$,$XB_1B_2B_3$*$H_1H_2$<CR><LF>

Khác với cấu trúc bức điện của la bàn thông thường, cấu trúc bức điện của la bàn CMZ-900 bao gồm ngoài trường dữ liệu về hướng mũi tàu còn có trường dữ kiệu về tốc độ quay trở của tàu. Khởi đầu bức điện luôn luôn là 5 ký tự cố định "$HEHRC", tiếp theo sau đó là 5 ký tự "$D_1D_2D_3D_4D_5$"thể hiện giá trị của góc hướng mũi tàu so với hướng bắc thật. Theo sau các ký tự này là dấu "," sau đó đến ký tự "X", ký tự này thể hiện dấu của giá trị tốc độ quay trở của tàu và nó cũng thể hiện chiều quay của tàu. Ký tự "X" là dấu cách khi hướng mũi tàu quay theo chiều kim đồng hồ, "X" là dấu "-" khi hướng mũi tàu quay ngược chiều kim đồng hồ.

2.3. Tính toán, chuyển đổi trường dữ liệu hướng mũi tàu và tốc độ quay trở

Dữ liệu hướng mũi tàu trong bức điện của la bàn CMZ-900 thể hiện ở 5 ký tự "$D_1D_2D_3D_4D_5$" không có dấu chấm thập phân. Ví dụ, hướng mũi tàu là 268,2 độ thì "$D_1D_2D_3D_4D_5$"=26820, hướng mũi tàu là 38,5 độ thì "$D_1D_2D_3D_4D_5$"=03850. Như vậy, "$D_1D_2D_3D_4D_5$" được tính bằng cách lấy hướng mũi tàu thu được sau đó nhân với 100.

Đơn vị đo tốc độ quay trở của tàu là độ/phút. Như vậy, tốc độ quay trở (ROT) sẽ được tính như sau:

$$ROT = \frac{HD_C - HD_L}{T} \quad (1)$$

Trong đó:

HD_C - Hướng mũi tàu thu được tại thời điểm hiện tại;

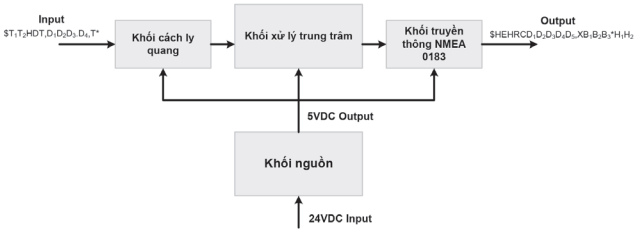
HD_L - Hướng mũi tàu thu được tại thời điểm trước đó;

T - Khoảng thời gian tính theo phút giữa hai lần thu.

3. CẤU TRÚC CỦA THIẾT BỊ

3.1. Sơ đồ khối của thiết bị

Trên cơ sở các nghiên cứu, bài báo đưa ra sơ đồ khối của thiết bị như *Hình 3.1*.

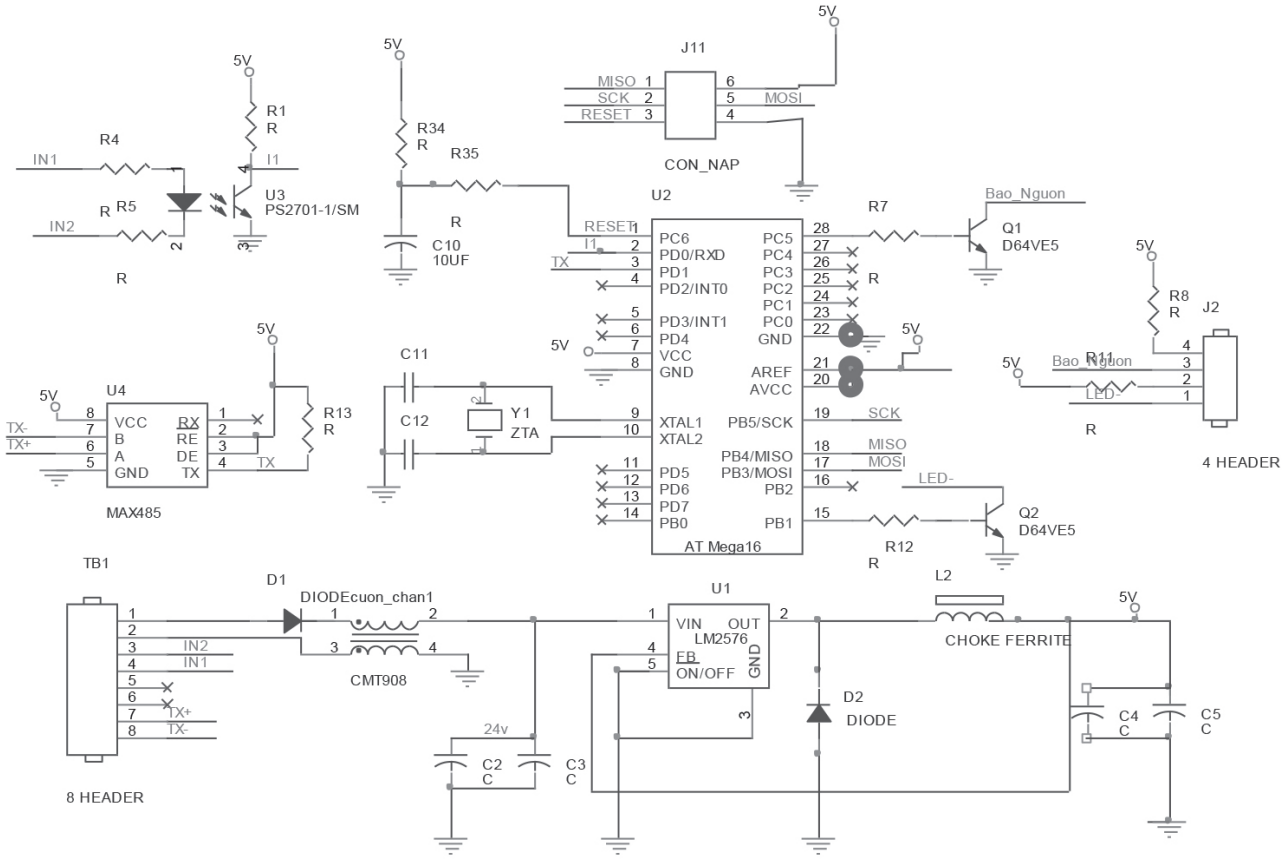


Hình 3.1: Sơ đồ khối của thiết bị

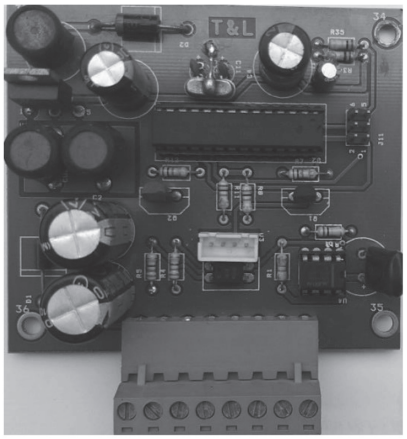
Bên trong thiết bị bao gồm khối cách ly quang, khối xử lý trung tâm, Khối truyền thông dữ liệu Hàng hải NMEA0183, Khối nguồn. Khối cách ly quang có nhiệm vụ chuyển đổi tín hiệu chuẩn vi sai sang tín hiệu chuẩn TTL trước khi đưa vào khối xử lý trung tâm. Ở khối điều khiển trung tâm có sử dụng vi điều khiển Atmega8 và các linh kiện phụ trợ như thạch anh, tụ điện, điện trở... Nhiệm vụ của khối điều khiển trung tâm là thu thập các bức điện NMEA 0183 từ các la bàn thông thường, tách dữ liệu hướng mũi tàu trong bức điện, tính toán lại hướng mũi tàu và tóc độ quay trở, sau đó đóng gói lại bức điện theo chuẩn của la bàn CMZ-900 trước khi truyền đến hệ thống lái tự động PT500. Bên trong khối truyền thông dữ liệu hàng hải NMEA0183 có sử dụng IC Max485 dùng để biến đổi tín hiệu TTL thu được từ vi điều khiển thành điện áp vi sai, mục đích của việc này là để có thể truyền dữ liệu NMEA0183 đi xa hơn và chống nhiễu trên đường truyền. Bên trong khối nguồn có sử dụng IC ổn áp xung LM2576 dùng để tạo ra nguồn điện 5 Vdc ổn định cung cấp cho vi điều khiển và IC Max485 hoạt động. Điện áp đầu vào của khối nguồn là 24 Vdc lấy từ nguồn DC của tàu.

3.2. Thiết kế phần cứng cho thiết bị

Sơ đồ nguyên lý mạch điện của thiết bị thể hiện trong *Hình 3.2*, mô hình thiết bị chuyển đổi giao thức cho chuẩn tín hiệu truyền dữ liệu NMEA0183 trên tàu biển như *Hình 3.3*.



Hình 3.2: Sơ đồ nguyên lý mạch điện của thiết bị



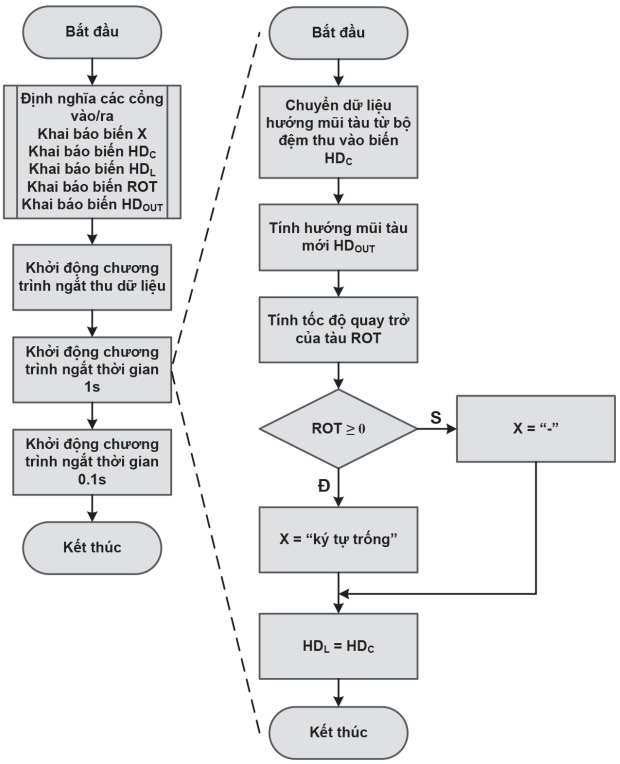
Hình 3.3: Mô hình của thiết bị

3.3. Thuật toán xử lý cho thiết bị

Thuật toán chương trình cho thiết bị như *Hình 3.4*. Khi bắt đầu thực hiện chương trình là các thủ tục khai báo các cổng vào ra cho vi điều khiển, vi điều khiển có sử dụng PORTD để thực hiện thu và truyền các bức điện NMEA0183. Đầu chương trình chính cũng thực hiện khai báo biến sử dụng trong chương trình. Đầu tiên là biến X, biến này có kiểu ký tự. Tiếp theo sau là các biến HD_C, HD_L, ROT và HD_{out}, các biến này là kiểu số thực.

Sau khi khai báo các biến và các đầu vào ra, chương trình chính sẽ thực hiện khởi động 3 chương trình ngắt, đó là chương trình ngắt thu dữ liệu, chương trình ngắt thời gian 1s và chương trình ngắt thời gian 0,1s. Sau đó, chương trình chính nhường quyền cho 3 chương trình trên. Thứ tự ưu tiên ngắt cho 3 chương trình này lần lượt là chương trình ngắt thu dữ liệu, chương trình ngắt thời gian 1s, sau đó đến chương trình ngắt thời gian 0,1s. Chương trình ngắt thu dữ liệu được

thực hiện mỗi khi có dữ liệu đến ở cổng đầu vào, nhiệm vụ của chương trình này là kiểm tra dữ liệu đầu vào, nếu dữ liệu có dạng là hướng mũi tàu của la bàn thì sẽ thu bức điện dữ liệu này sau đó lọc và tách lấy dữ liệu hướng mũi tàu trong bức điện và lưu vào bộ đệm thu. Các công việc trên sẽ được tự động thực hiện lặp đi lặp lại mỗi khi có bức điện la bàn đưa tới.



Hình 3.4: Thuật toán chương trình chính bên trong thiết bị

Chương trình ngắt thời gian 1s sẽ được tự động thực hiện lặp đi lặp lại khoảng thời gian là 1s. Hầu hết toàn bộ công việc tính toán và xử lý dữ liệu đều được thực hiện ở chương trình ngắt này. Đầu tiên, dữ liệu hướng mũi tàu từ bộ đệm thu được chuyển vào biến HDC, sau đó giá trị hướng mũi tàu mới được tính là: HDout = HDC x 100. Chương trình ngắt là 1s nên T trong công thức (1) nhận giá trị 1/60 phút, như vậy tốc độ quay trở sẽ được tính là: ROT = (HDC - HDL) x 60. Nếu ROT ≥ O thì biến X được gán bởi một ký tự trống, ngược lại biến X sẽ được gán bởi ký tự "-". Chương trình ngắt 0,1s sẽ thực hiện việc phát dữ liệu đi, có nghĩa là bức điện sau khi sắp xếp, đóng gói theo chuẩn của la bàn bàn CMZ-900 sẽ được phát đi 0,1s một lần ra cổng truyền thông của thiết bị.

4. THỰC NGHIỆM

Để kiểm nghiệm phần cứng cũng như thuật toán đã xây dựng, tác giả sử dụng 1 la bàn con quay SIMRAD/ RGC-80/85 của Nhật Bản. Đầu ra tín hiệu NMEA 0183 của la bàn được kết nối với đầu vào của thiết bị chuyển đổi giao thức NMEA 0183. Hai máy tính laptop kèm phần mềm 232Analyzer để đọc các bức điện NMEA0183, một máy tính sử dụng để đọc các bức điện đầu vào và một máy tính đọc các bức điện đầu ra của bộ chuyển đổi giao thức NMEA0183. Kết quả các bức điện đọc được thể hiện ở *Bảng 4.1*.

Bảng 4.1. Kết quả thực nghiệm của bộ chuyển đổi giao thức NMEA0183

Các bức điện đầu vào bộ chuyển đổi giao thức NMEA0183	Các bức điện đầu vào bộ chuyển đổi giao thức NMEA0183
20210916 07:54:09 $AGHDT,39.0,T	20210916 07:54:09 $HEHRC03900, 060*70
20210916 07:54:10 $AGHDT,41.0,T	20210916 07:54:10 $HEHRC04100, 120*7A
20210916 07:54:11 $AGHDT,43.0,T	20210916 07:54:11 $HEHRC04300, 120*78
20210916 07:54:12 $AGHDT,45.0,T	20210916 07:54:12 $HEHRC04500, 120*7E
20210916 07:54:13 $AGHDT,47.0,T	20210916 07:54:13 $HEHRC04700, 120*7C
20210916 07:54:14 $AGHDT,50.0,T	20210916 07:54:14 $HEHRC05000, 180*70
.	.
.	.
20210916 07:54:18 $AGHDT,59.0,T	20210916 07:54:18 $HEHRC05900, 180*79
20210916 07:54:19 $AGHDT,55.0,T	20210916 07:54:19 $HEHRC05500,-240*77
20210916 07:54:20 $AGHDT,53.0,T	20210916 07:54:20 $HEHRC05300,-120*74

Căn cứ vào một số kết quả trong bảng thực nghiệm có thể thấy rằng, dữ liệu hướng mũi tàu đọc được ở đầu ra của bộ chuyển đổi giao thức NMEA0183 có định dạng chuẩn như các bức điện phát ra của la bàn CMZ-900. Ngoài ra, bộ chuyển đổi giao thức còn tính toán, đưa ra được dữ liệu về tốc độ quay trở của tàu. Bộ chuyển đổi giao thức NMEA0183 cũng đã được lắp đặt cho một số tàu biển khi các tàu này thay thế la bàn CMZ-900 bằng các bàn của các hãng khác.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày cơ sở lý thuyết về chuẩn truyền thông trên tàu biển theo giao thức NMEA0183, phân tích các bức điện hướng mũi tàu của la bàn CMZ-900 và các la bàn khác, từ đó tính toán, đưa ra giải pháp xây dựng cấu trúc phần cứng và thuật toán phần mềm cho bộ chuyển đổi giao thức NMEA0183. Việc nghiên cứu, chế tạo thành công bộ chuyển đổi giao thức NMEA0183 có ý nghĩa thực tiễn kinh tế cao đối với các chủ tàu khi muốn thay thế la bàn CMZ-900 bằng la bàn của các hãng khác, nhằm góp phần nâng cao tính nội địa hóa các sản phẩm công nghệ nước nhà và tăng tính cạnh tranh với các thiết bị ngoại nhập.

Tài liệu tham khảo

[1]. TS. Nguyễn Đình Thạch, ThS. Đoàn Hữu Khánh (4/2022), *Nghiên cứu, xây dựng phần mềm mã hóa tín hiệu La bàn, GPS, AIS phục vụ ghép nối trong hệ thống mô phỏng lái tàu*, Tạp chí GTVT.

[2]. *The NMEA 0183 Protocol.*

[3]. *www.scribd.com/document/351162864/User-s-Manual-CMZ900.*

[4]. *www.marinsat.com/marinsat/dosyalar/dosya/GC80_85_Expanded_Instruction_Manual.pdf.*

[5]. Ngô Diên Tập (2003), *Kỹ thuật vi điều khiển với AVR*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.

[6]. *www.datasheet.com.*

Ngày nhận bài: 15/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 05/8/2023
Người phản biện: PGS. TS. Đinh Anh Tuấn
TS. Vũ Xuân Hậu

Nghiên cứu tự động điều khiển cập cầu cho tàu biển dựa trên bộ điều khiển trượt với các quỹ đạo cập cầu khác nhau

■ **ThS. VŨ SƠN TÙNG; PGS. TS. NGUYỄN THÁI DƯƠNG; PGS. TS. NGUYỄN VĂN SƯỚNG**(*)
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)nguyenvansuong@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Tự động điều khiển cập cầu là nhiệm vụ khó và phức tạp nhất khi phát triển tàu biển tự hành, lĩnh vực đang được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm nghiên cứu và phát triển trong các năm gần đây. Bài báo đề xuất một bộ điều khiển trượt tự động điều khiển cập cầu dựa cho tàu biển ba bậc tự do đủ cơ cấu chấp hành. Kỹ thuật điều khiển trượt được sử dụng do ưu điểm có khả năng kháng nhiễu ngoại cảnh. Hiệu quả của bộ tự động điều khiển tàu cập cầu được đánh giá thông qua mô phỏng máy tính với các quỹ đạo cập cầu khác nhau. Kết quả mô phỏng đã chỉ ra bộ điều khiển được đề xuất hoạt động hiệu quả với các quỹ đạo cập cầu khác nhau và ổn định trước nhiễu ngoại cảnh.

TỪ KHÓA: Điều khiển trượt, tàu đủ cơ cấu chấp hành, bộ điều khiển tự động cập cầu.

ABSTRACT: Automatic ship berthing is the most difficult and complicated in development of autonomous ships, which has been an interest in researching and developing in recent years. This paper presents a sliding mode auto-berthing controller for 3-DOF (degree of freedom) full-actuated vessel. The sliding mode control technique is used because of its robustness against external disturbance. The control performance of designed auto-berthing control is evaluated through computer simulations with different berthing plans. The simulation results show that the proposed controller can be used effectively for different berthing plans and is robust against external disturbances.

KEYWORDS: Sliding mode control, full-actuated vessel, auto-berthing controller.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hoạt động cập cầu của tàu biển là một trong những nhiệm vụ khó khăn và phức tạp nhất của bất kỳ thuyền trưởng nào. Để đảm bảo tàu cập cầu an toàn, thuyền trưởng và hoa tiêu phải cân nhắc nhiều yếu tố bao gồm tốc độ tiếp cận an toàn, ảnh hưởng mạnh của các yếu tố ngoại cảnh như gió, dòng chảy, khu vực nước nông, hiệu ứng đệm bờ và phải đảm bảo phối hợp hiệu quả của nhiều nhóm khác nhau (nhóm buồng lái, nhóm làm dây, nhóm buồng máy và nhóm tàu lai); ngoài ra, phụ thuộc vào loại tàu, điều kiện cập cầu (giới hạn khu vực cập cầu, mật độ tàu thuyền, mạn cập cầu và số lượng tàu lai hỗ trợ), thuyền trưởng và hoa tiêu cần phải chọn 1 phương án cập cầu phù hợp cho mỗi lần cập cầu khác nhau.

Tự động điều khiển cập cầu cho tàu biển đã được nghiên cứu từ đầu những năm 1990. Với sự phát triển của các thuật toán thông minh, có nhiều nghiên cứu dựa trên mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial neural networks - ANNs) để giải quyết bài toán tự động điều khiển cập cầu cho tàu biển. Một số nghiên cứu tiêu biểu trên thế giới theo xu hướng này được thực hiện bởi Y.A.Hamed, K.Hasegawa và N.K.Im. Ngoài sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo, các kỹ thuật điều khiển phi tuyến cũng được sử dụng như kỹ thuật cuốn chiếu backstepping trong nghiên cứu của Y.Zang (2020); kỹ thuật hàm chặn Lyapunov trong nghiên cứu của Y.Liu (2022); kỹ thuật điều khiển mô hình dự đoán trong nghiên cứu của S. Li (2020).

Trong các kỹ thuật điều khiển phi tuyến, điều khiển trượt được sử dụng rộng rãi nhờ ưu điểm có khả năng kháng nhiễu ngoại cảnh. Nghiên cứu này sẽ đề xuất một bộ điều khiển trượt tự động điều khiển cập cầu dựa cho tàu biển ba bậc tự do đủ cơ cấu chấp hành. Hiệu quả của bộ điều khiển được chứng minh thông qua mô phỏng máy tính với các quỹ đạo cập cầu khác nhau.

2. NGUYÊN LÝ CHỌN QUỸ ĐẠO CẬP CẦU CHO TÀU BIỂN

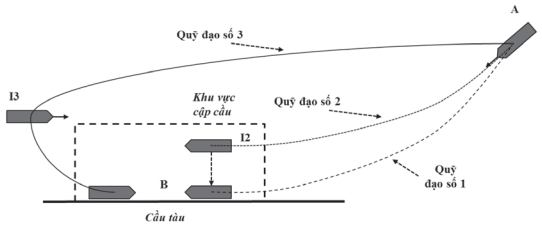
Bộ tự động điều khiển tàu cập cầu được đề xuất cần đảm bảo điều khiển tàu bám theo quỹ đạo cập cầu dự kiến, đồng thời phải giảm dần tốc độ để khi tàu đến vị trí cầu tàu tốc độ và gia tốc của tàu phải bằng 0, tránh hiện tượng quá tốc độ. Quỹ đạo cập cầu dự kiến sẽ được lựa chọn dựa trên nhiều yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cập cầu như cỡ tàu, số lượng cơ cấu chấp hành (tàu lai, chân vịt mạn, bánh lái), điều kiện hàng hải của khu vực cảng (các hạn chế của cảng, mật độ tàu, mạn tàu cập cầu, điều kiện

dòng chảy), điều kiện thời tiết (hướng và tốc độ gió). Về cơ bản, quỹ đạo cập cầu bao gồm 3 loại quỹ đạo có thể được điều chỉnh phù hợp với điều kiện thực tế:

- Quỹ đạo cập cầu trực tiếp: Tàu sẽ tiến hành tiếp cận và cập cầu trực tiếp vào cầu tàu (quỹ đạo số 1 trong *Hình 2.1*). Quỹ đạo cập cầu này thường được sử dụng khi không có các chướng ngại và cập cầu với mạn cùng hướng tiếp cận cầu. Quỹ đạo cập cầu dự kiến bắt đầu từ vị trí ban đầu A tới vị trí cập cầu B. Tàu cần giảm vòng quay chân vịt sau đó tiến tới dừng máy hoàn toàn để đảm bảo khi đến vị trí cập cầu B, vận tốc và gia tốc của tàu gần như bằng 0 và hướng mũi tàu song song với hướng cầu.

- Quỹ đạo cập cầu gián tiếp với hướng cập cầu vuông góc với cầu tàu: Tàu sẽ được điều khiển dừng ở một khoảng cách thích hợp với cầu và hướng tàu song song với cầu tàu (quỹ đạo số 2 trong *Hình 2.1*). Chân vịt mạn, chân vịt bầu xoay hoặc tàu lai hỗ trợ sẽ đưa tàu chuyển động vuông góc với cầu tàu đồng thời giữ hướng mũi tàu vẫn song song với cầu tàu. Quỹ đạo cập cầu này thường được sử dụng để tăng tính an toán trong quá trình cập cầu, đặc biệt với tàu cỡ vừa và lớn hoặc cần quay mũi tàu trong quá trình cập cầu. Quỹ đao cập cầu dự kiến bắt đầu từ vị trí ban đầu A tới vị trí trung gian I2, sau đó chuyển động vuông góc với cầu đến vị trí cập cầu B. Tàu sẽ đến vị trí trung gian I2 với tốc độ tiến lùi và tốc độ xoay gần như bằng 0 và hướng mũi tàu song song với hướng cầu tàu. Tàu sẽ đến vị trí cập cầu B theo hướng vuông góc với cầu tàu, đồng thời đảm bảo tốc độ tiến lùi và tốc độ xoay gần như bằng 0.

- Quỹ đạo cập cầu gián tiếp với hướng cập cầu ngược hướng đến cầu: Tàu được điều khiển đến điểm quay tàu để quay tàu ngược hướng đến ban đầu của tàu, sau đó tiếp cận cập cầu tàu (quỹ đạo số 3 trong *Hình 2.1*). Quỹ đạo cập cầu này thường được sử dụng khi mạn cần cập cầu không cùng hướng đến ban đầu của cầu (như *Hình 2.1* cầu tàu nằm bên mạn trái của tàu nhưng mạn cập cầu là mạn phải). Quỹ đạo cập cầu dự kiến bắt đầu từ vị trí ban đầu A tới vị trí trung gian I3 và quay mũi tàu về hướng ngược hướng đến ban đầu của tàu. Sau đó, tàu sẽ đến đến vị trí cập cầu B với vận tốc và gia tốc của tàu gần như bằng 0 và hướng mũi tàu song song với hướng cầu.



Hình 2.1: Quá trình điều khiển tàu cập cầu

3. ĐỀ XUẤT BỘ ĐIỀU KHIỂN TRƯỢT TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN CẬP CẦU CHO TÀU BIỂN

3.1. Thiết kế bộ điều khiển

Bộ điều khiển được đề xuất sẽ sử dụng mặt trượt tốc độ để đảm bảo đưa tàu bám theo quỹ đạo cập cầu dự kiến, đồng thời giảm dần tốc độ để cập cầu tàu. Để đơn giản hóa quá trình thiết kế bộ điều khiển, ta chia thành 2 bước sau:

- Bước thứ nhất sẽ thiết kế tốc độ tiến lùi, tốc độ dạt ngang, tốc độ xoay mũi mong muốn (u_d, v_d, r_d) từ vị trí và hướng mũi tàu mong muốn (x_d, y_d, ψ_d) dựa trên quỹ đạo cập cầu dự kiến. Tốc độ tiến lùi, tốc độ dạt ngang, tốc độ xoay mũi mong muốn (u_d, v_d, r_d) được thiết kế sẽ đảm bảo sai số bám vị trí và hướng mũi tàu tiến dần về 0 trong thời gian hữu hạn. Yêu cầu của bước này là tại vị trí cập cầu, tốc độ tiến lùi, tốc độ dạt ngang, tốc độ xoay mũi mong muốn (u_d, v_d, r_d) bằng 0.

Thiết kế tốc độ tiến lùi, tốc độ dạt ngang, tốc độ quay mong muốn (u_d, v_d, r_d) như sau:

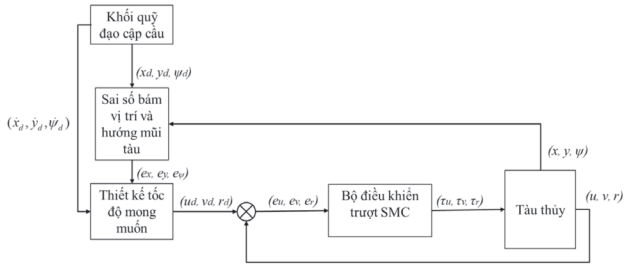
$$\begin{bmatrix} u_d \\ v_d \\ r_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\psi & \sin\psi & 0 \\ -\sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_d - \tanh(k_x e_x) \\ \dot{y}_d - \tanh(k_y e_y) \\ \dot{\psi}_d - \tanh(k_\psi e_\psi) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó: k_x, k_y, $k_\psi > 0$ - Hệ số khuếch đại điều khiển có giá trị dương.

Nếu sai số tốc độ (e_u, e_v, e_r) tiến đến 0 thì sẽ đảm bảo sai số bám vị trí và hướng mũi tàu sẽ tiến đến 0 trong thời gian hữu hạn.

- Bước thứ hai sử dụng lý thuyết điều khiển trượt để thiết kế luật điều khiển để đảm bảo đưa được tốc độ tiến lùi, tốc độ dạt ngang, tốc độ xoay mũi thực tế của tàu đến giá trị mong muốn.

Cấu trúc của bộ điều khiển trượt cho bài toán tự động điều khiển tàu cập cầu với tham số của mô hình xác định và nhiễu ngoại cảnh tác động như *Hình 3.1*.



Hình 3.1: Cấu trúc của bộ điều khiển trượt tự động điều khiển cập cầu cho tàu biển

3.2. Kết quả mô phỏng

Nhằm đánh giá chất lượng điều khiển của bộ điều khiển được đề xuất, tác giả sử dụng mô hình tàu "Cyber ship II", là bản sao tỉ lệ 1:70 của một tàu thực tế được phát triển bởi viện Marine Cybernetics. Đây là tàu đủ cơ cấu chấp hành với 2 chân vịt và 2 bánh lái và 1 chân vịt mũi.

Vị trí ban đầu của tàu như sau: *x(0) = 0 m, y(0) = 0 m, ψ(0) = π/3, u(0) = 0 m/s, v(0)=0 m/s, r(0)=0 m/s.*

Chất lượng điều khiển của bộ điều khiển trượt tự động tàu cập cầu được chứng minh qua các trường hợp sau:

- Quỹ đạo cập cầu trực tiếp khi không có nhiễu tác động *(Hình 3.2)*;

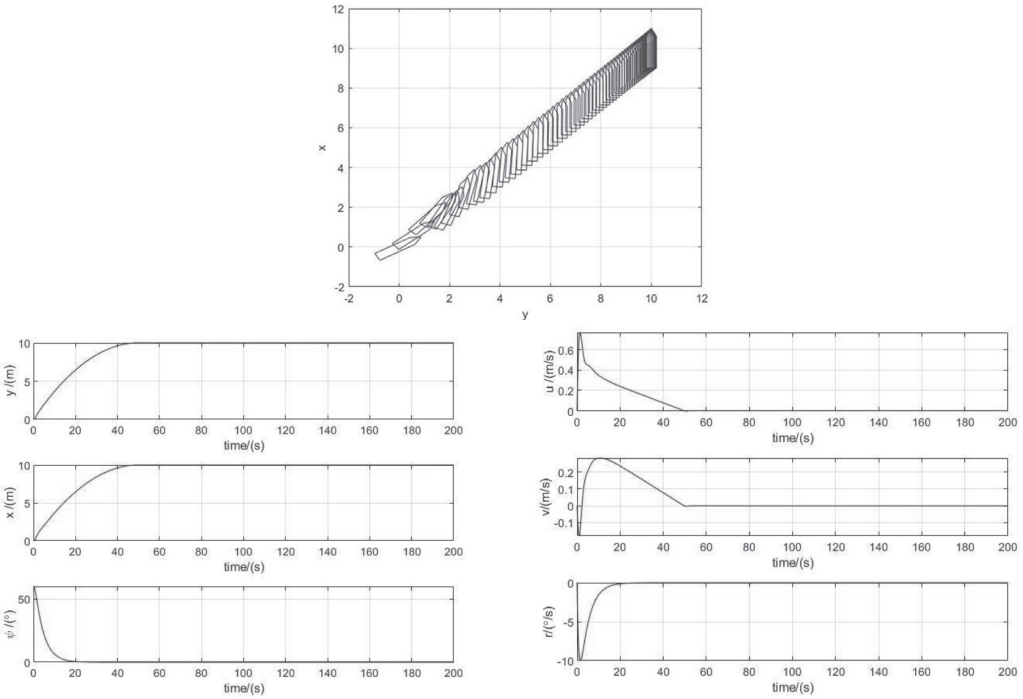
- Quỹ đạo cập cầu trực tiếp khi có nhiễu tác động *(Hình 3.3)*.

Mô hình nhiễu thay đổi theo thời gian như sau:

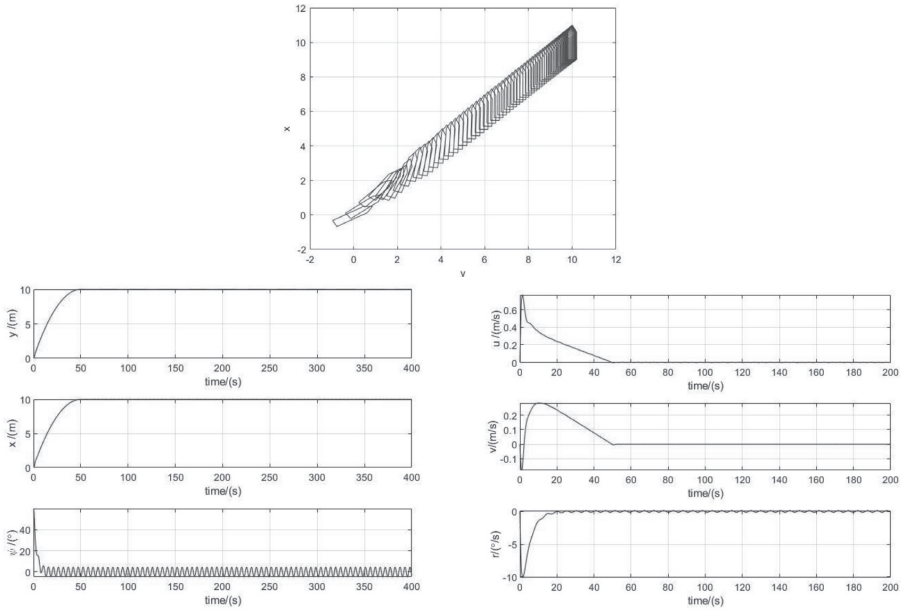
0.5*sin(-15t) +0.2* sin(-0.7t); 0.4*cos(0.2t); 0.6* sin(1.2t)

- Quỹ đạo cập cầu gián tiếp với hướng cập cầu vuông góc với cầu tàu *(Hình 3.4)*;

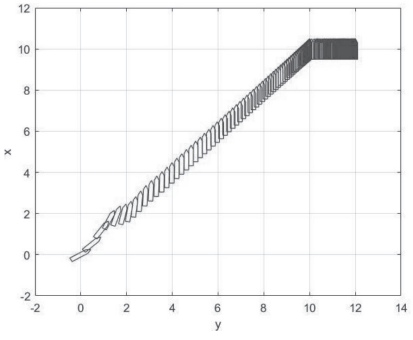
- Quỹ đạo cập cầu gián tiếp với hướng cập cầu ngược hướng đến cầu *(Hình 3.5)*.

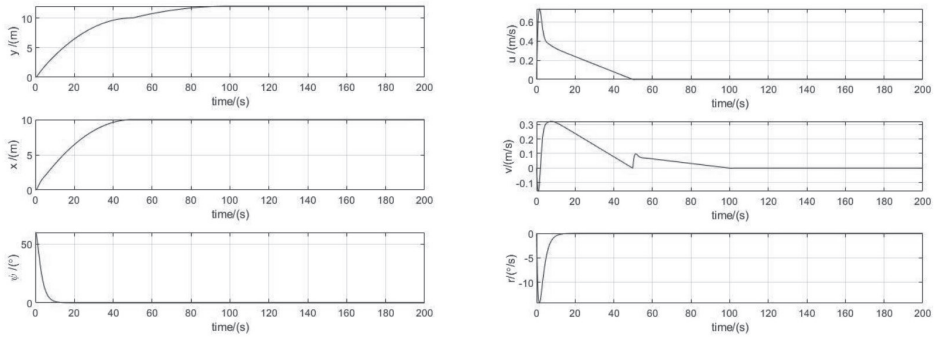


Hình 3.2: Quỹ đạo cập cầu của tàu trực tiếp khi không có nhiễu tác động, đồ thị biến đổi theo thời gian của vị trí tàu (x,y) và hướng mũi tàu Ψ và đồ thị biến đổi theo thời gian của tốc độ tiến lùi u, tốc độ dạt ngang v, tốc độ quay r của tàu

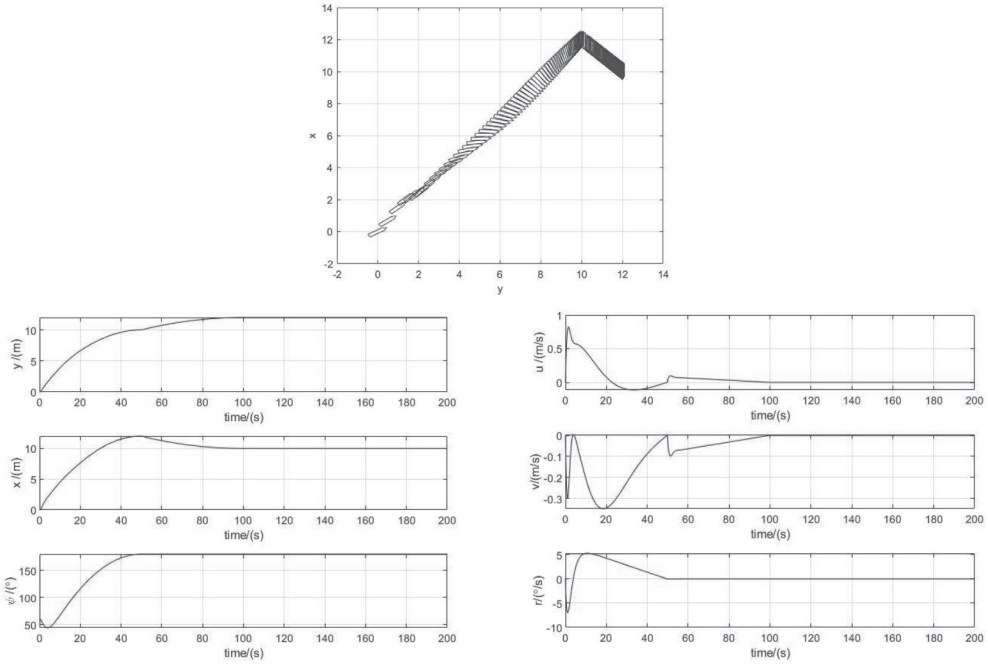


Hình 3.3: Quỹ đạo cập cầu của tàu trực tiếp khi có nhiễu tác động, đồ thị biến đổi theo thời gian của vị trí tàu (x,y) và hướng mũi tàu Ψ và đồ thị biến đổi theo thời gian của tốc độ tiến lùi u, tốc độ dạt ngang v, tốc độ quay r của tàu





Hình 3.4: Quỹ đạo cập cầu gián tiếp với hướng cập cầu vuông góc với cầu tàu, đồ thị biến đổi theo thời gian của vị trí tàu (x,y) và hướng mũi tàu Ψ và đồ thị biến đổi theo thời gian của tốc độ tiến lùi u, tốc độ dạt ngang v, tốc độ quay r của tàu



Hình 3.5: Quỹ đạo cập cầu gián tiếp với hướng cập cầu ngược hướng đến cầu, đồ thị biến đổi theo thời gian của vị trí tàu (x,y) và hướng mũi tàu Ψ và đồ thị biến đổi theo thời gian của tốc độ tiến lùi u, tốc độ dạt ngang v, tốc độ quay r của tàu

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tác giả đã đề xuất một bộ điều khiển trượt tự động điều khiển cập cầu cho tàu biển. Kết quả mô phỏng Matlab cho thấy tính ổn định và hiệu quả của bộ điều khiển được đề xuất, đạt được yêu cầu điều khiển tàu cập cầu theo các quỹ đạo cập cầu dự kiến khác nhau. Dưới tác dụng của nhiễu thay đổi theo thời gian, bộ điều khiển vẫn có khả năng thích nghi với nhiễu môi trường tác động thay đổi mặc dù xảy ra hiện tượng rung chattering. Trong các nghiên cứu tiếp theo, tác giả sẽ nghiên cứu bộ điều khiển khi tham số của mô hình toán chuyển động của tàu không xác định.

Tài liệu tham khảo

[1]. Y.A.Hamed, K.Hasegawa (2012), *Automatic ship berthing using artificial neural network based on virtual window concept in wind condition*, Hội thảo Proc. 13th IFAC Symp. Control Transp. Syst.

[2]. Y.A.Hamed, K.Hasegawa (2013), *Automatic ship berthing using artificial neural network trained by consistent teaching data using nonlinear programming method*, Tạp chí Eng. Appl. Artif. Intell.

[3]. N.K.Im., K.Hasegawa (2002), *A study on automatic ship berthing using parallel neural controller(2nd report): motion identifcation considering lateral speed and angular velocity to cope with disturbances*, Hội thảo Kansai Soc. Nav. Archit. Jpn.

[4]. Y.Zhang (2020), *Auto-Berthing Control of Marine Surface Vehicle Based on Concise Backstepping*, Tạp chí IEEE Access.

[5]. Y.Liu (2022), *Adaptive Auto-Berthing Control of Underactuated Vessel Based on Barrier Lyapunov Function*, Tạp chí Journal of Marine Science and Engineering.

[6]. S,Li (2020), *Automatic Docking for Underactuated Ships Based on Multi-Objective Nonlinear Model Predictive Control*, Tạp chí IEEE Access.

Ngày nhận bài: 16/6/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2023
Người phản biện: TS. Đỗ Văn Cường
TS. Lương Tú Nam

Nghiên cứu sự hài lòng của khách hàng về chất lượng dịch vụ logistics tại Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt

■ **KS. ĐẶNG THỊ HOÀI DIỄM(*); PGS. TS. NGUYỄN THỊ HỒNG HẠNH**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)diemdth@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo nghiên cứu sự hài lòng của khách hàng về chất lượng dịch vụ logistics tại Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt. Kết quả nghiên cứu cho thấy, có 6 nhân tố ảnh hưởng đến sự hài lòng của khách hàng khi sử dụng dịch vụ logistics tại Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt. Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố được sắp xếp theo thứ tự từ mạnh đến yếu như sau: sự đảm bảo, giá cả, tính hữu hình, sự tin cậy, sự đáp ứng, sự cảm thông. Từ đó, nhóm tác giả đã đề xuất giải pháp nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ logistics tại Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt.

TỪ KHÓA: Logistics, dịch vụ logistics, chất lượng dịch vụ, Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt.

ABSTRACT: The article studies customer satisfaction with the quality of logistics services at Railway Transport and Trade Joint Stock Company. Research results show that there are six factors affecting customer satisfaction when using logistics services at Railway Transport and Trade Joint Stock Company. The level of influence of these factors is ranked from strongest to weakest as follows: Assurance, price, tangibles, reliability, responsiveness, and sympathy. Based on this, the author's group proposes solutions to enhance the quality of logistics services at the Railway Transport and Trade Joint Stock Company.

KEYWORDS: Logistics, logistics services, services quality, Railway Transport and Trade Joint Stock Company.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh toàn cầu hóa và hội nhập nền kinh tế thế giới, dịch vụ logistics đóng vai trò vô cùng quan trọng trong hầu hết các doanh nghiệp GTVT. Vai trò mà logistics đem lại đó là sự tối ưu hoá quá trình vận chuyển, tiết kiệm thời gian, giảm thiểu chi phí thấp nhất và đáp ứng mọi nhu cầu của khách hàng. Năm 2023, Việt Nam lọt Top 10 thị trường logistics mới nổi trên thế giới; đứng thứ 4 Đông Nam Á và thứ 10, theo bảng xếp hạng thường niên của Agility năm 2023. Logistics là một trong những ngành tăng trưởng nhanh và ổn định nhất của Việt Nam với tốc độ bình quân 14 - 16%/năm, quy mô 40 - 42 tỷ USD/năm [1]. Vì vậy, có rất nhiều doanh nghiệp tham gia kinh doanh dịch vụ logistics, góp phần tăng trưởng nền kinh tế đất nước, mở ra cơ hội kết nối chuỗi cung ứng trong khu vực và thế giới. Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt (Ratraco) thành lập năm 2002 hoạt động trong các lĩnh vực như: logistics; du lịch lữ hành; khách sạn; thương mại; xuất nhập khẩu. Với thế mạnh của một doanh nghiệp vận tải đường sắt, Công ty đang cung cấp dịch vụ logistics như: Vận chuyển container liên vận quốc tế; Vận chuyển container nội địa; Vận chuyển container lạnh; Vận chuyển xăng dầu; Vận chuyển hàng lẻ; Vận chuyển ô tô bằng toa xe chuyên dụng và các dịch vụ hỗ trợ vận tải khác. Hơn 21 năm hoạt động, Công ty đã từng bước khẳng định vị thế và uy tín của mình trên thị trường. Trong từng giai đoạn cụ thể, Công ty xây dựng chiến lược kinh doanh phù hợp với xu hướng phát triển logistics hiện đại và nâng cao chất lượng dịch vụ logistics nhằm mục đích đáp ứng tất cả mọi yêu cầu của khách hàng. Bài báo nghiên cứu kết quả khảo sát và đánh giá mức độ hài lòng của khách hàng đối với chất lượng dịch vụ logistics tại Công ty Cổ phần Vận tải Đường sắt. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, chúng tôi đề xuất các kiến nghị nhằm nâng cao sự hài lòng của khách hàng đối với chất lượng dịch vụ logistics tại Công ty.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN

Một doanh nghiệp kinh doanh dịch vụ logistics, mục đích sau cùng khi cung cấp dịch vụ là làm thỏa mãn mọi yêu cầu của khách hàng, mong muốn khách hàng gắn bó lâu dài với mình. Điều đó chứng tỏ chất lượng dịch vụ mà doanh nghiệp mang lại phải thật sự làm hài lòng khách hàng, từ đó mới giữ chân được những khách hàng có yêu cầu đòi hỏi cao. Về dịch vụ logistics, Luật Thương mại 2005 số 36/2005/QH11 đã đưa ra khái niệm như sau: "Dịch vụ

Logistics là hoạt động thương mại, theo đó thương nhân tổ chức thực hiện một hoặc nhiều công việc bao gồm nhận hàng, vận chuyển, lưu kho, lưu bãi, làm thủ tục hải quan, các thủ tục giấy tờ khác, tư vấn khách hàng, đóng gói bao bì, ghi ký mã hiệu, giao hàng hoặc các dịch vụ khác có liên quan đến hàng hóa theo thỏa thuận với khách hàng để hưởng thù lao (Điều 233 - Luật Thương mại 2005 số 36/2005/QH11) [2]. Lewis và Booms (1983) cho rằng, chất lượng dịch vụ là một sự đo lường mức độ dịch vụ được đưa đến khách hàng tương xứng với mong đợi của khách hàng tốt đến đâu [3]. Việc tạo ra một dịch vụ có chất lượng tốt nghĩa là đáp ứng mọi mong đợi của khách hàng một cách đồng nhất. Chất lượng dịch vụ là khái niệm tương đối khách quan, trong khi đó sự hài lòng là sự kết hợp của các thành phần chủ quan, dựa vào cảm giác và cảm xúc (Shemwell & ctg, 1998, dẫn theo Thongsamak, 2001). Sự ủng hộ của khách hàng chính là sự tin dùng sản phẩm một lần nữa, điều này có được là nhờ chất lượng dịch vụ của nhà cung cấp. Các lập luận trên chỉ ra rằng chất lượng dịch vụ có quan hệ mật thiết với mức độ hài lòng của khách hàng [4]. Vì vậy, muốn nâng cao sự hài lòng của khách hàng, nhà cung cấp dịch vụ phải nâng cao chất lượng dịch vụ.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Thiết kế bảng câu hỏi

Nghiên cứu này sử dụng bảng câu hỏi khảo sát để thu thập các số liệu về sự hài lòng của khách hàng đối với dịch vụ logistics tại Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt. Bảng câu hỏi gồm hai phần chính:

Phần một: Là những thông tin cá nhân của khách hàng bao gồm các câu hỏi mang tính khái quát chung. Các câu hỏi được đặt ra để phân loại nhóm khách hàng sử dụng dịch vụ logistics của Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt.

Phần hai: Bao gồm các câu hỏi nhằm xác định cảm nhận của khách hàng về chất lượng dịch vụ logistics mà họ đang sử dụng tại Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt. Phần này gồm 30 câu hỏi sử dụng thang đo với 5 mức độ, từ (1) là hoàn toàn không hài lòng đến (5) là hoàn toàn hài lòng.

3.2. Đặc điểm của mẫu nghiên cứu

Mẫu nghiên cứu được chọn theo phương pháp lấy ý kiến của khách hàng với kích thước mẫu là 100. Nhóm tác giả đã tiến hành phát phiếu điều tra khảo sát, sau khi tiến hành nhập số liệu điều tra đưa ra kết quả là 100 phiếu hoàn toàn hợp lệ.

3.3. Phương pháp nghiên cứu định lượng

Trong giai đoạn nghiên cứu chính thức, nhóm nghiên cứu sử dụng phương pháp định lượng là thống kê mô tả thông qua kỹ thuật phỏng vấn trực tiếp, phỏng vấn qua điện thoại và gửi bảng câu hỏi khảo sát qua thư điện tử. Mẫu nghiên cứu: Dựa theo nghiên cứu của Hair, Anderson, Tatham và Black (1998) cho tham khảo về kích thước mẫu dự kiến. Theo đó, kích thước mẫu tối thiểu là gấp 5 lần tổng số biến quan sát. Đây là cỡ mẫu phù hợp cho nghiên cứu có sử dụng phân tích nhân tố (Comrey, 1973; Roger, 2006). n=5*m (m là số lượng câu hỏi trong phiếu điều tra). Đối tượng khảo sát: Là các đại diện các doanh nghiệp, nhà bán lẻ đang sử dụng dịch vụ logistics tại Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt. Thời gian phỏng vấn chính thức: Từ ngày 15/02/2023 đến 15/4/2023.

3.4. Phân tích mô tả

Trong thực tế, một tiêu thức thường có nhiều mối liên hệ với các tiêu thức khác. Khi phân tích mối liên hệ giữa nhiều tiêu thức, cần căn cứ vào mục đích nghiên cứu để chọn các tiêu thức có liên hệ với nhau và chỉ chọn những tiêu thức có ý nghĩa nhất, ảnh hưởng lớn nhất đối với tiêu thức kết quả. Tính các chỉ tiêu cần thiết để tiến hành phân tích. Để biểu diễn mối liên hệ tương quan giữa nhiều tiêu thức số lượng thường dùng phương trình tuyến tính. Phương trình tổng quát có dạng:

$$\overline{y_{x_1x_2..x_n}} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + ... + a_nx_n$$

Trong đó:

x_1, x_2, ...x_n - Tiêu thức nguyên nhân;

y - Tiêu thức kết quả;

a_0, a_1, a_2, .., a_n - Các tham số của phương trình hồi quy, thường được xác định bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Kết quả phân tích thống kê mô tả giá trị trung bình của các nhân tố

Sau khi tiến hành khảo sát chính thức với 100 bản phỏng vấn được phát ra và thu về 100 bản. Thực hiện mã hóa, nhập liệu và làm sạch dữ liệu đồng thời tiến hành phân tích bằng Excel, sử dụng phần mềm SPSS for window 26.0. phân tích dữ liệu thông qua mô tả. Nhóm nghiên cứu tiến hành khai báo biến HL là biến phụ thuộc thể hiện sự hài lòng; TC, DU, DB, HH, CT, GC là các biến phụ thuộc thể hiện lần lượt các chỉ tiêu sự tin cậy, sự đáp ứng, sự đảm bảo, tính hữu hình, sự cảm thông và giá cả. Nhóm nghiên cứu đã tiến hành tính giá trị trung bình của 6 nhân tố tác động đến sự hài lòng của khách hàng bằng Excel và cho kết quả như *Bảng 4.1*:

Bảng 4.1. Bảng giá trị trung bình của các nhân tố ảnh hưởng

Các nhân tố	Giá trị trung bình
1. Sự tin cậy	3,18
2. Sự đáp ứng	3,10
3. Sự đảm bảo	3,00
4. Tính hữu hình	2,99
5. Sự cảm thông	3,44
6. Giá cả	3,09

4.2. Kết quả khai báo trên phần mềm SPSS

Bảng 4.2. Kết quả sau khai báo

Mô hình	Hệ số chưa chuẩn hóa		Hệ số chuẩn hóa	t	Sig.	Thống kê cộng tuyến	
	B	Độ lệch chuẩn	Beta			Độ chấp nhận	Hệ số phóng đại phương Sai (VIF)
(Hằng số)	.558	.684		.816	.416		
TC	.129	.110	.115	1.174	.243	.802	1.246
DU	.034	.096	.033	.357	.722	.915	1.093
DB	.279	.128	.252	2.184	.032	.576	1.736
HH	.131	.145	.101	.901	.370	.607	1.647
CT	.015	.140	.010	.111	.912	.985	1.015
GC	.206	.094	.222	2.182	.032	.744	1.344

Nguồn: Kết quả xử lý số liệu trên phần mềm SPSS

Căn cứ kết quả khai báo, nhận thấy mối liên hệ tương quan giữa sự hài lòng với các tiêu thức nguyên nhân còn lại được thể hiện qua biểu thức sau:

HL =0,558+0,129xTC+ 0,034xDU+0,279xDB+0,131xHH+ 0,015xCT+0,206xGC

5. KẾT LUẬN

Với kết quả nghiên cứu và phương trình tuyến tính thu được, sự hài lòng của khách hàng đối với chất lượng dịch vụ logistics của Công ty Cổ phần Vận tải và Thương mại Đường sắt chịu tác động bởi 6 yếu tố chất lượng dịch vụ được sắp xếp theo mức độ từ mạnh đến yếu nhất: (1) Sự đảm bảo; (2) Giá cả; (3) Tính hữu hình; (4) Sự tin cậy; (5) Sự đáp ứng; (6) Sự cảm thông. Dựa vào kết quả đạt được, nhóm nghiên cứu đưa ra một số giải pháp nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ logistics tại Công ty.

- *Thứ nhất,* Công ty cần chú trọng đến sự đảm bảo trong hoạt động cung cấp dịch vụ. Phát triển đào tạo đội ngũ nhân lực chất lượng cao, giải quyết nhanh chóng các khiếu nại của khách hàng, chính xác, luôn phục vụ khách hàng nhiệt tình, thể hiện tính chuyên nghiệp và giải quyết dịch vụ nhanh gọn.

- *Thứ hai,* luôn luôn lắng nghe ý kiến của khách hàng và tôn trọng những yêu cầu mà khách hàng đề ra. Cần phải luôn coi trọng nhu cầu của khách hàng, đặc biệt là các nhu cầu chính đáng liên quan đến dịch vụ mà Công ty cung cấp.

- *Thứ ba*, để gia tăng sự cảm thông đối với khách hàng, đặc biệt những khách hàng lớn thường xuyên sử dụng dịch vụ, cần có chính sách hỗ trợ trả chậm cho khách hàng, có những ưu đãi và chế độ đãi ngộ phù hợp với khách hàng lâu năm.

- *Thứ tư*, để gia tăng sự tin cậy, Công ty cần cung cấp dịch vụ đúng như cam kết ban đầu, có phương án tối ưu để tiết kiệm chi phí cho khách hàng, xử lý sự cố rủi ro mà khách hàng gặp phải, từ đó mới tạo được sự tin cây giữa khách hàng với Công ty, phát triển mối quan hệ hợp tác lâu dài.

- *Thứ 5*, gia tăng tính hữu hình, Công ty cần phải đẩy mạnh quảng bá thương hiệu và xây dựng hình ảnh môi trường làm việc văn minh và xây dựng văn hóa ứng xử chuẩn mực của nhân viên đối với khách hàng nội bộ và bên ngoài.

- *Cuối cùng* là yếu tố về giá cả, sự hài lòng của khách hàng về giá cả cho dịch vụ của Công ty là hợp lý, vì vậy Công ty phải luôn kiểm soát chi phí sao cho hiệu quả, giá cả dịch vụ phải linh hoạt, tạo nhiều sự lựa chọn cho khách hàng nhằm nâng cao năng lực cạnh tranh về giá, từ đó nâng cao chất lượng dịch vụ logistics tại Công ty, góp phần phát triển hoạt động logistics và đẩy mạnh phương thức vận tải hàng hóa trên đường sắt trong tương lai.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2023-KT-009.

Tài liệu tham khảo

[1]. Thanh Thương (2023), *Chi phí logistics ở Việt Nam vẫn cao so với thế giới*.

[2]. *Luật Thương mại số 36/2005/QH11 ngày 14 tháng 6/2005*.

[3]. Lewis R. C. & Booms B. H. (1983), *The marketing aspect of service quality*, In: Berry L. L., Shostack G. & Upah G. (Eds.), Emerging perspective on service marketing, American Marketing Association, Chicago.

[4]. Đoàn Thị Hồng Vân (2010), *Quản trị Logistics và chuỗi cung ứng*, NXB. Thống kê, Hà Nội.

[5]. PGS. TS. Nguyễn Thị Hồng Hạnh (2022), *Nghiên cứu ảnh hưởng của chất lượng dịch vụ đến sự hài lòng của khách hàng - Tình huống nghiên cứu tại Melody Logistics Co., LTD - HaNoi Branch*.

[6]. Lê Ngọc (2021), *Sự hài lòng của khách hàng về chất lượng dịch vụ logistics tại Cảng tổng hợp Bình Dương.*

[7]. Christopher M. (1998), *Logistics and Supply Chain Management*, New York: Pitman Publishing, Londres.

[8]. Phạm Hà Giang (2016), *Các nhân tố tác động đến sự hài lòng của khách hàng đối với dịch vụ giao nhận vận tải biển, nghiên cứu trường hợp của Công ty TNHH Kintetsu World Express (Việt Nam), chi nhánh TP. Hồ Chí Minh*, Luận văn Thạc sĩ, Đại học Kinh tế TP. Hồ Chí Minh.

Ngày nhận bài: 18/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 04/8/2023
Người phản biện: TS. Nguyễn Tiến Quý
TS. Hoàng Thị Hà

Thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong hoạt động xây dựng thông qua hợp đồng đối tác công tư

■ **TS. VŨ MINH HẰNG; ThS. LÊ KIM NHUNG; ThS. NCS. NGUYỄN QUANG HIỂN(*)**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)nqhien.qlda@@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Chuyển đổi số là một xu hướng tất yếu trong lĩnh vực xây dựng. Sử dụng hợp đồng đối tác công tư (PPP) trong lĩnh vực này giúp thúc đẩy quá trình chuyển đổi số bằng cách huy động nguồn vốn, năng lực, kinh nghiệm quản lý và tính sáng tạo của khu vực tư nhân trong việc đầu tư vào cơ sở hạ tầng. Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về chuyển đổi số trong lĩnh vực xây dựng nhưng chưa có một nghiên cứu toàn diện về vai trò của PPP trong việc thúc đẩy chuyển đổi số trong lĩnh vực xây dựng. Bài báo tập trung vào việc trả lời câu hỏi đó và nhận thấy rằng sự kết hợp giữa PPP và chuyển đổi số trong lĩnh vực xây dựng mang lại lợi ích cho các dự án, đặc biệt là trong bối cảnh nguồn vốn hạn chế và nhu cầu sử dụng các công nghệ hiện đại cao.

TỪ KHÓA: Đối tác công tư (PPP), chuyển đổi số, hoạt động xây dựng.

ABSTRACT: Digital transformation has become an essential trend in the construction industry. Public-Private Partnership (PPP) helps accelerate the digital transformation process by mobilizing the capital, capabilities, management expertise and innovative capacity of the private sector in infrastructure investment. Despite numerous studies on digital transformation in the construction industry, there is still no comprehensive research on the role of using PPP contracts to promote digital transformation. This article focuses on answering this question and demonstrates that the combination of PPP and digital transformation in the construction sector has generated many benefits for projects, especially in the context of limited funding and high demand for the use of modern technologies.

KEYWORDS: Public-Private Partnership (PPP), digital transformation, construction industry.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc huy động nguồn vốn đầu tư lớn và dài hạn để giải quyết nhu cầu về cơ sở hạ tầng hiện đại với mục tiêu phát triển bền vững và nâng cao chất lượng cuộc sống là vấn đề cấp bách toàn cầu. Rất nhiều thành phố trên thế giới đang phải đối mặt với hệ thống cơ sở hạ tầng cũ kỹ trong khi nguồn ngân sách lại hạn chế. Nhiều đô thị đang phải vật lộn để theo kịp tốc độ tăng trưởng nhanh nhưng hậu quả là gia tăng tắc nghẽn, giảm chất lượng cuộc sống, mất tiềm năng kinh tế và tác hại tiêu cực đến sức khỏe [1]. Do đó, ngày càng nhiều quốc gia trên thế giới sử dụng hợp đồng đối tác công tư (PPP) để triển khai thực hiện các dự án cơ sở hạ tầng phức tạp và tốn kém. Hình thức này cho phép huy động và/hoặc kết hợp các nguồn tài chính của khu vực công và khu vực tư nhân, năng lực, kinh nghiệm quản lý và tính sáng tạo của khu vực tư nhân để thực hiện các dự án cơ sở hạ tầng.

Chuyển đổi số tất yếu đã trở thành một yêu cầu bắt buộc đối với hầu hết các quốc gia. Cùng với sự lan truyền nhanh chóng của Internet, phương thức hoạt động của các doanh nghiệp đã thay đổi. Theo đó, cách thức người dân tiếp cận các dịch vụ công cộng cũng như phương pháp làm việc của các cơ quan công quyền cũng thay đổi theo. Số hóa tạo ra mô hình kinh doanh mới, chuỗi cung ứng xuyên biên giới mới và cả những rủi ro mới [2]. Việc số hóa trong hầu hết các lĩnh vực kinh tế cho thấy sự hiệu quả trong tốc độ ra quyết định, tính linh hoạt và tính minh bạch trong tổ chức và giám sát các dự án ở các quy mô khác nhau. Quá trình tích hợp các công nghệ kỹ thuật số vào tất cả các khía cạnh của một doanh nghiệp và tổ chức đã làm thay đổi cơ bản cách doanh nghiệp vận hành và mang lại giá trị tốt hơn cho khách hàng. Ngành Xây dựng cũng không nằm ngoài công cuộc chuyển đổi này. Chuyển đổi số đang từng ngày cách mạng hóa các dự án, từ khâu lập kế hoạch, thiết kế, xây dựng, vận hành và bảo trì công trình. Với sự trợ giúp của các công nghệ kỹ thuật số, các công ty xây dựng có thể tối ưu hóa quy trình, giảm chi phí, đồng thời cải thiện độ an toàn và chất lượng. Mặc dù trong những năm gần đây, chuyển đổi số là một chủ đề nhận được sự quan tâm không chỉ từ các doanh nghiệp, các bộ, ban, ngành, mà còn từ các học giả và các nhà nghiên cứu khoa học. Rất nhiều bài nghiên cứu về chuyển đổi số trong lĩnh vực xây dựng, tuy nhiên theo tìm hiểu của nhóm tác giả thì hiện chưa có các nghiên cứu toàn diện về việc vai trò của việc sử dụng hình thức hợp đồng PPP giúp thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong lĩnh vực xây dựng. Vì vậy, bài báo tập trung trả lời câu hỏi nghiên cứu trên. Nghiên cứu chỉ ra rằng, PPP giúp quá trình chuyển đổi số diễn ra nhanh chóng và hiệu quả, nâng cao hiệu quả cho quá trình thực hiện dự án, đồng thời góp phần giúp hiện đại hóa ngành công nghiệp xây dựng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài nghiên cứu này nhằm tổng hợp và đưa ra vai trò của hợp đồng đối tác công tư (PPP) trong việc thúc đẩy chuyển đổi số trong hoạt động xây dựng, vì vậy phương pháp phân tích nội dung đã được sử dụng. Phương pháp này đã được áp dụng trong rất nhiều nghiên cứu và có tính

linh hoạt để phân tích dữ liệu văn bản [3]. Trong nghiên cứu này, quy trình gồm hai bước được kết hợp với phương pháp phân tích nội dung. Bước một: sử dụng các kết hợp từ khóa chính để tìm kiếm các tài liệu liên quan. Các cụm từ khóa này bao gồm: "Hợp đồng đối tác công tư" và "Chuyển đổi số" và "Cơ sở hạ tầng". Phần tóm tắt của các tài liệu được thu thập từ các sơ sở dữ liệu từ Scopus, ISI, Web of Science, công cụ tìm kiếm Google Scholar. Rất nhiều tạp chí, bài báo hội nghị, sách, hướng dẫn… được tiếp cận và chọn lọc. Từ đó, các bài báo được chọn ban đầu được rút gọn, nghiên cứu đầy đủ và tỉ mỉ. Sau khi tiến hành đọc, phân tích và tổng hợp, nhóm tác giả đã xác định được vai trò và lợi ích của hợp đồng PPP trong việc thúc đẩy chuyển đổi số trong hoạt động xây dựng.

3. CƠ HỘI VÀ THÁCH THỨC CỦA NGÀNH XÂY DỰNG TRONG KỶ NGUYÊN MỚI

Ngành Xây dựng với vai trò thiết yếu trong tăng trưởng và phát triển kinh tế đang phải đối mặt với rất nhiều các cơ hội và thách thức. Những thách thức này xảy ra bởi ngành Xây dựng thường được coi là một trong những ngành có năng suất thấp, điều kiện an toàn và điều kiện làm việc không tốt, thiếu tính tuân thủ và chia sẻ thông tin [1]; lực lượng lao động khan hiếm do dân số già và không có đủ công nhân lành nghề; chậm tiến độ do các sự cố không mong muốn hay do các quy trình đã trở nên lỗi thời. Ngoài ra, một trong những thách thức lớn là tài nguyên thiên nhiên, đặc biệt là các nguồn tài nguyên năng lượng và tài nguyên tái tạo đang trở nên khan hiếm và đắt đỏ. Hiện tượng biến đổi khí hậu đang gây ra những thách thức lớn đối với ngành Xây dựng, đặc biệt là trong việc thiết kế và xây dựng các công trình chống lại thảm họa thiên nhiên. Ngoài ra, những thách thức khác có thể kể đến bao gồm: sự khó khăn khi duy trì tính bền vững của hoạt động xây dựng.

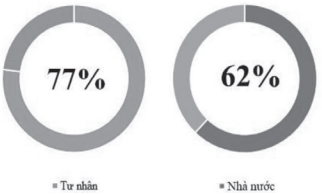
Tuy nhiên, kỷ nguyên kỹ thuật số cũng đồng thời mang lại cho ngành Xây dựng nhiều cơ hội để cải tiến, phát triển và tăng trưởng đột phá bằng cách nắm bắt và vận dụng tốt các công nghệ hiện đại, tối ưu hóa quy trình sản xuất, quản lý dự án và tăng cường khả năng tương tác với khách hàng. Ngành công nghiệp xây dựng có thể từ đó mà vượt qua các thách thức và nâng cao hiệu quả, năng suất, khiến cho cả quá trình trở nên xanh hơn, nhanh hơn, gia tăng giá trị lâu dài của công trình. Càng ngày, xu hướng kết hợp các công nghệ và công cụ/cấu thành thông minh trong các thiết kế xây dựng cơ sở hạ tầng mới và nâng cấp cơ sở hạ tầng hiện có ngày càng cao [4].

4. VAI TRÒ CỦA PPP TRONG VIỆC THÚC ĐẨY CHUYỂN ĐỔI SỐ NGÀNH XÂY DỰNG

Quan hệ đối tác công tư đóng một vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy chuyển đổi kỹ thuật số trong ngành Xây dựng. PPP tạo điều kiện thuận lợi cho việc triển khai công nghệ và các quy trình kỹ thuật bằng cách tận dụng chuyên môn và nguồn lực của cả khu vực công và khu vực tư nhân nhằm nâng hiệu quả và khả năng đáp ứng nhanh chóng với các nhu cầu kỹ thuật số đang thay đổi và để đổi mới. Chuyển đổi số được áp dụng trên nhiều lĩnh vực như xây dựng, giao thông, năng lượng, giáo dục, đô thị và nước thải, y tế và xã hội. Ví dụ về các dự án và dịch vụ dựa trên công nghệ số có thể kể đến như cơ sở hạ tầng công nghệ thông tin - truyền thông, hệ thống thu giá vé tự động trên giao thông đô thị đa phương thức tích hợp, hệ thống giao thông thông minh, dịch vụ chính phủ điện tử, sàng lọc chăm sóc sức khỏe và nền tảng sức khỏe điện tử, công nghệ nhận dạng kỹ thuật số, thanh toán kỹ thuật số…

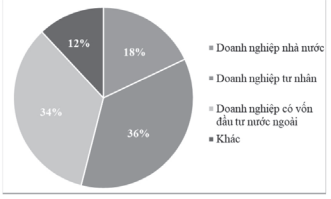
Trong giai đoạn chuyển đổi số, kinh nghiệm quốc tế đã cho thấy rằng rất nhiều dự án lớn đã được triển khai thành công bằng hợp đồng PPP. Kết quả là các dự án này đã giúp đẩy nhanh sự phát triển của tiến bộ trí tuệ, khoa học và kỹ thuật [5]. Đặc biệt, với sự ra đời và phát triển nhanh chóng của các thành phố thông minh, nhiều quốc gia coi PPP là một cách thức sáng tạo để phát triển cơ sở hạ tầng, đồng thời giúp chắt lọc các bài học kinh nghiệm vượt qua các rào cản tài chính thực hiện dự án [6]. Tại Việt Nam, theo tác giả Đức Hạnh (2023), hợp tác công tư là giải pháp hiệu quả trong chuyển đổi số, thúc đẩy tăng trưởng xanh tại các doanh nghiệp và địa phương [6].

Đối với khu vực tư nhân, mục đích chính của chuyển đổi số là để giảm chi phí và tăng tính cạnh tranh. Tuy nhiên, với khu vực công, việc số hóa hệ thống hành chính công không đầy đủ và chưa tốt dẫn đến chậm tiến độ, giảm chất lượng và ảnh hưởng trực tiếp đến các vấn đề khác trong việc cung cấp dịch vụ công, bao gồm cả cung cấp cơ sở hạ tầng [7]. Theo nhóm tác giả, trong bối cảnh kinh tế khó khăn hiện nay, hợp tác công tư là một trong những công cụ kinh tế quan trọng nhất để chuyển đổi số hạ tầng giao thông [8]. Đặc biệt, PPP được coi là giải pháp chiếm ưu thế đối với những dự án cần đến kinh nghiệm và sự sáng tạo của khu vực tư nhân. Khu vực tư nhân ngày càng trở lên lớn mạnh và chuyên môn hóa trong lĩnh vực chuyển đổi số cùng với các ứng dụng hiện đại như BIM, trí tuệ nhân tạo, điện toán đám mây... nhằm tăng sức cạnh tranh trong bối cảnh thị trường xây dựng đầy biến động và thách thức. Số liệu trên thế giới cho thấy, ngày càng nhiều doanh nghiệp sử dụng BIM trong lĩnh vực xây dựng, đặc biệt là doanh nghiệp tư nhân. 77% so với 62% là tỷ lệ tương ứng của doanh nghiệp tư nhân và các doanh nghiệp nhà nước đã và đang áp dụng nó trong các dự án xây dựng.



Hình 4.1: Tỷ lệ ứng dụng công nghệ BIM đối với khu vực tư nhân và nhà nước trên thế giới [9]

Còn tại Việt Nam, đi sâu vào tìm hiểu các đối tượng đã ứng dụng BIM trong các dự án xây dựng, theo khảo sát của Viện Kinh tế xây dựng, các doanh nghiệp có vốn đầu tư nước ngoài chiếm tỉ lệ 34%. Các doanh nghiệp này thường được tiếp cận ứng dụng BIM từ sớm thông qua công ty mẹ ở nước ngoài. Nhưng đáng ngạc nhiên hơn là khối doanh nghiệp tư nhân chiếm tỉ lệ cao nhất 36%, còn doanh nghiệp nhà nước thì tỉ lệ này là 18%.



Hình 4.2: Tỷ lệ ứng dụng công nghệ BIM theo loại hình doanh nghiệp [10]

Có thể thấy, chuyển đổi số trong khu vực tư nhân là rất mạnh mẽ. Vì vậy, thông qua việc sử dụng hợp đồng PPP sẽ giúp đẩy nhanh việc ứng dụng các công nghệ đột phá và cách mạng hóa quy trình giúp đạt năng suất cao. Việc ứng dụng PPP tạo điều kiện thuận lợi cho việc tích hợp các công cụ và nền tảng kỹ thuật số như BIM, trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT), điện toán đám mây và blockchain trong các giai đoạn của vòng đời dự án, từ thiết kế và lập kế hoạch đến xây dựng, vận hành và bảo trì công trình xây dựng. Những công cụ như BIM hay blockchain được chứng minh là phương pháp hiệu quả giúp quản lý dữ liệu và thông tin đầy đủ, chính xác. Bằng cách sử dụng các công cụ này, người quản lý dự án có thể theo dõi sát tiến độ, giám sát chi phí và xác định các vấn đề tiềm ẩn trong thời gian thực, từ đó cho phép họ đưa ra quyết định dựa trên dữ liệu, tối ưu hóa phân bổ tài nguyên và giảm thiểu sự chậm trễ cũng như rủi ro, nâng cao quy trình thiết kế và chất lượng công tác thi công, cải thiện an toàn trên các công trường xây dựng. Những ưu việt này giúp giảm chi phí dự án, tăng năng lực sản xuất và chất lượng được nâng cao, tiến độ thực hiện dự án được giảm đi đáng kể [11].

PPP cũng đóng góp vào sự phát triển kinh tế và xã hội của các cộng đồng nơi có dự án xây dựng bằng cách tạo việc làm, cải thiện cơ sở hạ tầng, cung cấp khả năng tiếp cận các dịch vụ thiết yếu và thúc đẩy hòa nhập kỹ thuật số. PPP tạo điều kiện thuận lợi cho các doanh nghiệp tư nhân nước ngoài tham gia vào các dự án xây dựng công cộng, từ đó thu hút đầu tư nước ngoài vào ngành Xây dựng Việt Nam. Bên cạnh đó, PPP giúp thúc đẩy đổi mới bằng cách khuyến khích khu vực tư nhân phát triển và triển khai các công nghệ và quy trình kỹ thuật số mới. Điều này có thể dẫn đến cải thiện hiệu quả, năng suất và tính bền vững trong ngành Xây dựng. Việc tận dụng dữ liệu do công nghệ số tạo ra giúp kiến tạo giá trị cho cả khu vực công và tư nhân, cũng như cho người dùng cuối và xã hội nói chung. Điều này giúp cải thiện việc cung cấp dịch vụ, nâng cao trải nghiệm người dùng, tăng cường tính minh bạch và trách nhiệm giải trình, đồng thời hỗ trợ quá trình ra quyết định và hoạch định chính sách dựa trên bằng chứng.

PPP có thể thúc đẩy văn hóa đổi mới và học hỏi trong ngành Xây dựng bằng cách tạo động lực khuyến khích và cơ chế để chia sẻ, phản hồi và cải tiến kiến thức cho cả khu vực công và khu vực tư nhân khi áp dụng và phát triển các giải pháp kỹ thuật số mới. Mặt khác, PPP cũng có thể tạo điều kiện thuận lợi cho việc chuyển giao kiến thức và các phương pháp hay nhất giữa các đối tác và trong toàn ngành.

Tóm lại, PPP có thể đóng một vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy chuyển đổi kỹ thuật số trong ngành Xây dựng. Bằng cách tận dụng chuyên môn và nguồn lực của cả khu vực công và tư nhân, PPP có thể tạo điều kiện thuận lợi cho việc áp dụng các công nghệ và quy trình kỹ thuật số có thể cải thiện kết quả dự án, tăng cường đổi mới và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế.

5. KẾT LUẬN

Công nghệ số đang trở thành một giải pháp tối ưu để tăng cường hiệu quả và nâng cao chất lượng từ khâu thiết kế đến thi công xây dựng công trình và quản lý dự án trong lĩnh vực xây dựng. Sự kết hợp giữa PPP và công nghệ số đã tạo ra nhiều lợi ích cho các dự án xây dựng, đặc biệt là trong bối cảnh nguồn vốn hạn chế và nhu cầu sử dụng công nghệ số hiện đại. Việc thúc đẩy quá trình chuyển đổi số thông qua hợp đồng đối tác công tư là điều cần thiết, nhằm tối ưu hóa quá trình thi công và quản lý dự án, giảm thiểu rủi ro trong quá trình xây dựng. Tuy nhiên, để đạt được mục tiêu này, các doanh nghiệp và cơ quan nhà nước cần đồng hành cùng nhau và thực hiện các chính sách hỗ trợ phát triển công nghệ số, nâng cao năng lực và kiến thức cho người lao động trong ngành Xây dựng, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi để các doanh nghiệp áp dụng công nghệ số vào hoạt động của mình. Việc này sẽ giúp nâng cao chất lượng và hiệu quả trong xây dựng, đóng góp tích cực vào sự phát triển bền vững của ngành Xây dựng trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

[1]. Li, J., D. Greenwood and M. Kassem (2019), *Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases*, Automation in construction, 102, pp.288-307.

[2]. Timchuk, O. and M. Evloeva (2020), *Difficulties in transforming the construction industry under the digital economy*, in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing.

[3]. Hsieh, H.-F. and S.E. Shannon (2005), *Three approaches to qualitative content analysis*, Qualitative health research, 15(9), pp.1277-1288.

[4]. Nguyen, T.S., et al. (2019), *Public-private partnership in the context of smart cities: review of contemporary literature*, in 43RD Australasian Universities Building Education Association, Noosa QLD 4567, p.704.

[5]. Parakhina, V.N., et al.(2021), *Priority of public-private partnership models in the conditions of digital transformation of the Russian economic system*, in Socio-economic Systems: Paradigms for the Future, Springer, pp.837-845.

[6]. Đức Hạnh (2023), *Mở rộng hợp tác PPP trong chuyển đổi số*, Available from: *https://diendandoanhnghiep.vn/mo-rong-hop-tac-ppp-trong-chuyen-doi-so-242163.html*.

[7]. Tolstolesova, L., et al. (2021), *Digital transformation of public-private partnership tools*, Journal of Risk Financial Management, 14(3), p.121.

[8]. Marusin, A., A. Marusin and T. Ablyazov (2019), *Transport infrastructure safety improvement based on digital technology implementatio*, in International Conference on Digital Technologies in Logistics and Infrastructure (ICDTLI 2019), Atlantis Press.

[9]. Barn, D. (2021), *NBS National BIM Report*.

[10]. Viện Kinh tế xây dựng, *Khảo sát thực trạng ứng dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) tại Việt Nam.*

[11]. Vũ, H. and H. Nguyễn (2022), *Tích hợp công nghệ thực tế tăng cường (AR) trong mô hình thông tin công trình: Xu hướng và thách thức*, Chuyển đổi số trong lĩnh vực GTVT, NXB. GTVT, TP. Hồ Chí Minh. tr.63-71.

Ngày nhận bài: 16/6/2023
Ngày chấp nhận đăng: 02/7/2023
Người phản biện: TS. Nguyễn Thị Hậu
TS. Nguyễn Phương Châm

Phương pháp xác định chính xác thể tích chất lỏng trong bình chứa khi thiết kế sản phẩm nhựa

■ **ThS. PHAN HOÀNG PHỤNG**
Trường Đại học Công nghiệp thực phẩm TP. Hồ Chí Minh
Email: phungph@hufi.edu.vn

TÓM TẮT: Thiết kế sản phẩm là công việc tương đối khó khăn vì bản thân sản phẩm được thiết kế vừa mang tính thẩm mỹ, vừa đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật và đáp ứng tối đa nhu cầu sử dụng của con người. Thực tế có rất nhiều sản phẩm bằng nhựa như chai, lọ, bình chứa... dùng để chứa các loại môi chất khác nhau. Vấn đề đặt ra cho người thiết kế là làm sao thiết kế sản phẩm đó đúng thể tích mong muốn. Theo cách thông thường, người thiết kế phải tốn rất nhiều thời gian, công sức để tính toán và đo kiểm nhằm đảm bảo sản phẩm thiết kế có kích thước chính xác nhất. Ngày nay, với việc ứng dụng rộng rãi các phần mềm CAD trong thiết kế, việc xác định chính xác thể tích sản phẩm trở nên dễ dàng và nhanh chóng. Trong bài báo này, tác giả sẽ trình bày phương pháp xác định chính xác thể tích chất lỏng trong bình chứa bằng công cụ Analysis trong phần mềm thiết kế Creo 8.0. Ban đầu, người thiết kế dễ dàng thiết kế sơ bộ sản phẩm, không quan tâm đến kích thước đúng hay sai, sau đó sử dụng phương pháp xác định chính xác thể tích để tối ưu kích thước thiết kế. Người thiết kế có thể tối ưu một kích thước hoặc kết hợp nhiều kích thước khác nhau để đảm bảo đúng thể tích bình chứa mà vẫn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật trong quá trình chế tạo. Phương pháp trên được ứng dụng để thiết kế cho các sản phẩm đo lường chất lỏng bằng nhựa hoặc các dạng vật liệu khác.

TỪ KHÓA: Thiết kế bình chứa, xác định thể tích bình chứa, CAD/CAE, tính thể tích chai nhựa.

ABSTRACT: Product design is a relatively difficult job because the product itself is designed to be both aesthetically pleasing, to meet the technical requirements and to meet the needs of human use. In fact, there are many plastic products such as bottles, jars, containers, etc., which are used to contain different types of solvents. The problem for the designer is how to design the product with the desired volume. In the usual way, designers have to spend a lot of time and effort to calculate and measure to ensure that the designed product has the most accurate dimensions. Today, with the widespread application of CAD software in design, determining the exact volume of the product becomes easy and fast. In this article, the author will present a method to accurately determine the volume of liquid in a container using the Analysis tool in Creo 8.0 design software. Initially, the designer easily designed the product, regardless of the right or wrong size. Then use the exact volume determination method to optimize the design size. Designers can optimize one size, or combine many different sizes to ensure the correct volume of the container while still ensuring the technical requirements during the manufacturing process. The above method is applicable to the design of liquid measuring products made of plastic or other materials.

KEYWORDS: Tank design, determine the volume of the container, CAD/CAE, calculate the volume of plastic bottles.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, tại Việt Nam, ngành công nghiệp nhựa, đồ gia dụng và các ngành phụ trợ khác đang phát triển mạnh mẽ. Chúng ta thường mua bán, trao đổi chất lỏng qua các bình chứa, chai lọ ví dụ như xăng, dầu, nhớt, nước uống… Trên các loại bình chứa này đều thể hiện dung tích, có loại còn thể hiện các vạch chia như 250 ml, 500 ml, 570 ml, 1.000 ml… nhằm giúp cho việc đo lường, chiết rót và giao dịch được dễ dàng. Việc xác định chính xác thể tích bên trong bình chứa là yêu cầu bắt buộc của các loại sản phẩm trên.

Các sản phẩm nhựa được tạo ra từ nhiều phương pháp gia công khác nhau, trong đó các sản phẩm chai, lọ, bình chứa… thông thường được tạo ra bằng phương pháp thổi hoặc ép phun [1]. Trong các dây chuyền sản xuất sản phẩm nhựa, khuôn định hình đóng vai trò quan trọng đảm bảo đúng kích thước của chi tiết gia công. Để tạo ra khuôn định hình, các công ty sản xuất thường ứng dụng công nghệ CAD/CAE (Computer Adied Design/Computer Aided Engineering); CAM/CNC (Computer Aided Manufacturing/ Computer Numerical Control) để thiết kế, mô phỏng, lập trình gia công lắp ráp hoàn chỉnh bộ khuôn. Trong quy trình làm khuôn thì khâu thiết kế sản phẩm đóng vai trò quyết định đến kích thước của lòng khuôn. Do đó, việc ứng dụng hệ thống CAD/CAE để hỗ trợ quá trình thiết kế, phân tích kỹ thuật sẽ giúp giảm thời gian đưa sản phẩm ra thị trường, giảm thiểu các rủi ro về kỹ thuật và chi phí cho quá trình sản xuất chế tạo. Mặc khác, sản phẩm nhựa rất da dạng về kích thước, hình dáng, mẫu mã phức tạp, đáp ứng nhiều nhu cầu của khác hàng, CAD/CAE có khả năng làm

giảm sự phức tạp của quá trình thiết kế cũng như quản lý kích thước sản phẩm ở nhiều cấp độ khác nhau [2].

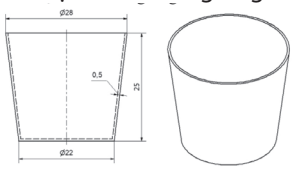
Để xác định thể tích bình chứa, bằng cách tính thông thường, chúng ta chia nhỏ sản phẩm thành các khối hình học cơ bản, sau đó tính thể tích cho từng khối và cộng lại [3]. Với phương pháp này, mức độ tính toán sẽ phức tạp nếu số khối hình học được chia càng nhiều, tương ứng với số biến kích thước sẽ tăng lên. Những sản phẩm có hình học đơn giản thì công việc tính toán dễ dàng, nhưng gặp các sản phẩm có hình dáng hình học phức tạp thì việc chia các khối hình học cơ bản để tính sẽ gặp nhiều khó khăn và tính toán sẽ không chính xác. Dó đó, việc nghiên cứu phương pháp xác định thể tích chất lỏng trong bình chứa bằng cách vận dụng các phần mềm thiết kế là cần thiết nhằm giảm thời gian, chi phí và đảm bảo độ chính xác trong quá trình thiết kế sản phẩm.

2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

Hiện nay, trên thị trường có rất nhiều sản phẩm nhựa dùng để đo lường chất lỏng với kích thước và mẫu mã khác nhau. Để đo lường chính xác, trên các mẫu nhựa thường được đánh số vạch để xác định mực chất lỏng tương ứng với thể tích cần chiết rót *(Hình 2.1)*.

Hình 2.1: Các dạng sản phẩm nhựa dùng trong đo lường chất lỏng

Mục tiêu nghiên cứu của tác giả là tìm ra phương pháp để xác định chính xác thể tích chứa trong các sản phẩm trên bằng cách ứng dụng công cụ Analysis trong phần mềm thiết kế Creo 8.0. Để thiết lập phương pháp xác định thể tích chất lỏng trong bình chứa, tác giả sẽ thiết kế sơ bộ sản phẩm ly nhựa dùng để đựng chất lỏng. Từ đó, có thể áp dụng phương pháp trên cho việc xác định thể tích cho các dòng sản phẩm nhựa khác tương ứng.



Hình 2.2: Mẫu sản phẩm ly nhựa

Kích thước thiết kế ly nhựa ban đầu là kích thước sơ bộ không cần chính xác vì chưa biết thể tích thực. Các kích thước sơ bộ gồm: đường kính đáy ly 22 mm, đường kính miệng ly 28 mm, chiều cao 25 mm, chiều dày ly 0,5 mm *(Hình 2.2)* [4].

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để xác định thể tích chất lỏng chứa trong ly ta dùng công cụ đo lường thể tích volume trong phần mềm Creo. Tuy nhiên, công cụ này chỉ cho biết thể tích của khối vật liệu đặc, trong khi thể tích chất lỏng chứa trong ly là thể tích rỗng, vì vậy ta phải thực hiện các bước:

Thiết kế ly nhựa dạng hình khối đặc, thực hiện đo thể tích ly nhựa: V1.

Khoét bỏ phần rỗng bên trong ly với chiều dày thành mỏng cho trước, trong bài này chọn thành mỏng 0,5 mm, thực hiện đo thể tích ly nhựa sau khi khoét rỗng: V2.

Khi đó, thể tích chất lỏng chứa trong ly được xác định:

$$V3 = V1 - V2 \quad (1)$$

V3 vừa xác định có thể tích ngẫu nhiên do kích thước thiết kế ly nhựa ban đầu là sơ bộ. Lúc này, chúng ta sẽ gán cho V3 một thể tích chính xác theo ý muốn, sau đó sử dụng công cụ Analysis trên phần mềm Creo để tối ưu kích thước thiết kế sản phẩm.

3.1. Xác định thể tích khối đặc của ly nhựa

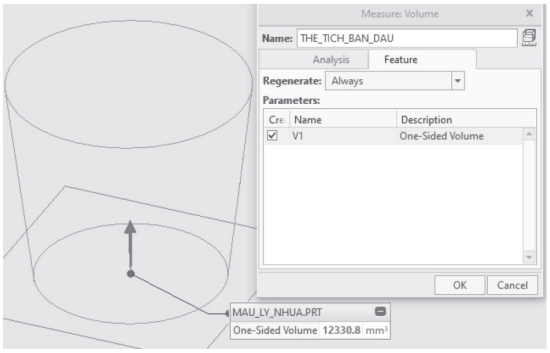
Trong phần mềm thiết kế Creo: Vào menu Analysis > Measure > Volume.

Xuất hiện hộp thoại Measure Volume: Chọn mặt phẳng giới hạn phần đo thể tích, chọn mặt TOP, chiều mũi tên hướng lên, mục đích tùy chọn này giúp phần mềm tính toán thể tích từ phần đáy ly lên đến miệng ly. Phần mềm Creo sẽ xác định thể tích của toàn bộ khối tính từ mặt top và cho ra kết quả trong trường hợp này là 12330,8 mm^3 *(Hình 3.1a)*.

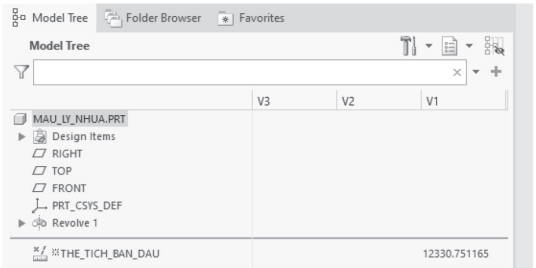
Chuyển sang thẻ Feature đổi tên mặc định của tham số ONE_SIDE_VOL thành V1.

Nhấn lưu với tùy chọn Make Feature và đặt tên cho phần tử này là: THE_TICH_BAN_DAU (thể tích ban đầu).

Chọn OK để đóng hộp thoại Measure Volume. Ta thấy trên Model Tree có thêm phần tử THE_TICH_BAN_DAU *(Hình 3.1b)*.



a)



b)

Hình 3.1: Xác định thể tích khối đặc ly nhựa

3.2. Xác định thể tích khối rỗng của ly nhựa

Thực hiện khoét bỏ phần thể tích rỗng bên trong ly (đây chính là thể tích chất lỏng cần xác định) bằng lệnh tạo vỏ (Shell) trong phần mềm, chọn bề dày ly nhựa 0,5 mm như thiết kế sơ bộ ban đầu.

Lặp lại bước 3.1 ở phần trên để xác định thể tích khối vật liệu sau khi khoét bỏ vật liệu. Kết quả trong trường hợp này là 1142,93 mm^3.

Đặt tên cho phần tử này là THE_TICH_SAU_KHOET_RONG (thể tích sau khoét rỗng) và tên tham số đi kèm là V2.

3.3. Xác định thể tích chất lỏng trong ly

Tiến hành xác định thể tích chất lỏng V3 theo công thức (1).

Vào menu Analysis > Analysis. Xuất hiện hộp thoại ANALYSIS

Chọn kiểu phân tích: "Relation", đặt tên cho phần tử phân tích: THE_TICH_CHAT_LONG (thể tích chất lỏng). Chọn "Next" để chuyển sang bước tiếp theo và nhập vào công thức sau:

V3 = V1:FID_THE_TICH_BAN_DAU - V2:FID_THE_TICH_SAU_KHOET_RONG

Trong đó:

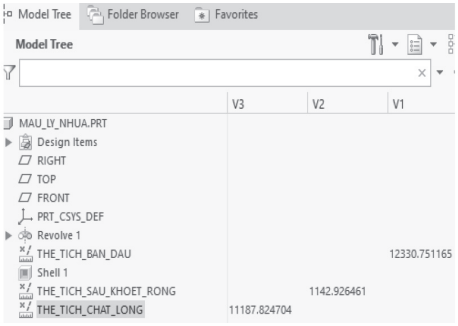
V3 - Tham số sẽ được tạo trong bước phân tích này;

V1, V2 - Tham số đã được tạo ra trong hai bước phân tích phía trên THE_TICH_BAN_DAU và THE_TICH_SAU_KHOET_RONG: Tên hai phần tử đã tạo ở hai bước phân tích phía trên.

Tên của những phần tử và tham số đã có bắt buộc phải nhập thật chính xác.

Nhấn OK để đóng hộp thoại Relations và đóng hộp thoại ANALYSIS

Kết quả của thể tích chất lỏng: V3 = 11187,824704 mm^3, xuất hiện tại cây thư mục Model Tree (Hình 3.2).



Hình 3.2: Thể tích chất lỏng trong ly

3.4. Khảo sát sự biến thiên thể tích của ly nhựa khi thay đổi các kích thước thiết kế

Khi thay đổi các kích thước thiết kế thì thể tích của ly nhựa cũng sẽ tự động cập nhật theo. Tuy nhiên, nếu cần khảo sát sự biến thiên trong một khoảng rộng thì việc thay đổi từng kích thước theo kiểu thủ công sẽ rất mất thời gian, vì vậy phần mềm Creo đưa ra công cụ Sensitivity để hỗ trợ thực hiện công việc trên một cách nhanh chóng và chính xác.

Chúng ta sẽ khảo sát sự biến thiên của thể tích khi thay đổi kích thước chiều cao ly từ 20 mm đến 30 mm.

Vào menu Analysis > Sensitivity Analysis.

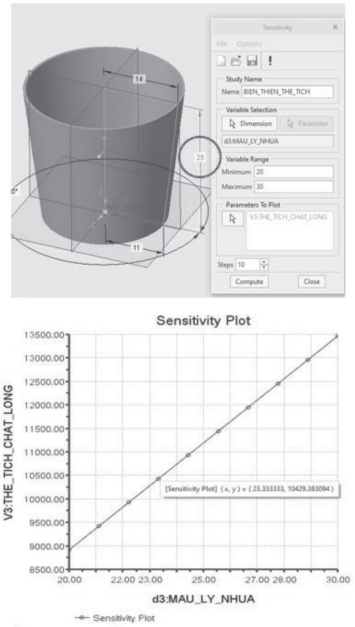
Đặt tên: BIEN_THIEN_THE_TICH (biến thiên thể tích).

Chọn nút Dimension trong khung Variable Selection, sau đó kích vào mẫu ly nhựa thiết kế trên màn hình, chọn kích thước muốn thay đổi, chọn chiều cao của ly d2 (d2: phần mềm tự gán biến chiều cao là d2).

Trong khung Variable Range, nhập vào hai giới hạn Min=20 và Max=30.

Trong khung Parameter to Plot, kích vào nút có hình mũi tên và chọn tham số V3:THE_TICH_CHAT_LONG.

Chọn nút Compute để phân tích kết quả. Ta sẽ nhận được đồ thị như *Hình 3.3*.



Hình 3.3: Đồ thị biến thiên thể tích chất lỏng theo chiều cao ly nhựa

Nhìn vào đồ thị ta thấy giá trị của thể tích chất lỏng V3 (trục Y) sẽ biến thiên tuyến tính theo giá trị thay đổi chiều cao của ly nhựa d3 (trục X). Quan sát đồ thị, người thiết kế có thể dễ dàng xác định được kích thước thiết kế sản phẩm phù hợp với thể tích bình chứa yêu cầu.

Tương tự, chúng ta cũng có thể khảo sát sự biến thiên thể tích chất lỏng bằng cách thay đổi giá trị các tham số kích thước khác. Chúng ta cũng có thể tính toán kích thước tối ưu cho thành dày sản phẩm để giảm độ cong vênh trong quá trình ép nhựa [5].

3.5. Xác định chính xác thể tích chất lỏng chứa trong ly nhựa

Để thực hiện việc tự động thay đổi kích thước thiết kế sao cho thể tích chất lỏng chứa trong ly đạt đúng yêu cầu mong muốn, ví dụ bằng 10.000 mm^3 ta dùng công cụ Feasibility như sau:

Vào menu Analysis > Feasibility/Optimization...

Trong hộp thoại Feasibility/Optimization chọn mục Feasibility.

Trong khung Name, chấp nhận tên mặc định là FEAS1 hay đặt một tên mới tùy ý.

Trong khung Design Constraints, click nút Add và chọn tham số cần cố định là V3:FLUID VOLUME, giá trị cần cố định là 10.000.

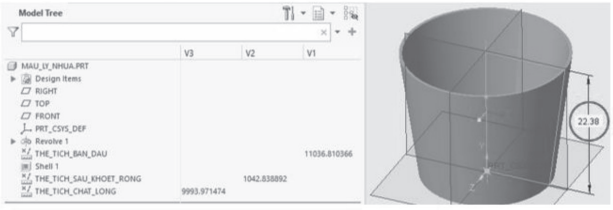
Trong khung Design Variable, click nút Add và click vào model trên màn hình, sau đó chọn kích thước chiều cao d3. Nhập phạm vi thay đổi của kích thước chiều cao: Min = 19, Max = 25.

Chọn nút Compute để thực hiện quá trình phân tích, Creo sẽ tìm xem trong khoảng kích thước nhập vào có giá

trị nào thỏa mãn yêu cầu không.

Kết quả phân tích cho ra một khả năng thay đổi kích thước để đạt đúng thể tích 10.000 mm³.

Cụ thể, kích thước 25 giảm xuống còn 23,8 mm, thể tích thực lúc này là 9993,971474 (sai lệch khoảng 0,06% so với thể tích yêu cầu).



Hình 3.4: Kết quả thể hiện thể tích thực chất lỏng trong ly nhựa

Ta có thể điều chỉnh mức độ chính xác khi phân tích bằng cách thay đổi thông số Convergence % (độ hội tụ) trong menu Option > Preference > Run. Giá trị Convergence càng nhỏ thì độ chính xác càng cao và thời gian tính toán càng lâu. Ví dụ, nhập Convergence % = 0,01, thể tích chất lỏng tính lúc này là: 10000,000601 mm³, khi đó kích thước chiều cao được điều chỉnh lại là 23,9 mm. Nếu phạm vi thay đổi của các kích thước quá hẹp, có thể không nhận được kết quả theo yêu cầu.

4. KẾT QUẢ

Để thay đổi tự động kích thước thiết kế nhằm đảm bảo thể tích chất lỏng chứa trong ly đạt đúng 10.000 mm³, ta có thể thực hiện phân tích một biến kích thước hoặc kết hợp nhiều biến kích thước lại với nhau. Sử dụng ràng buộc kích thước max, min để cho ra kích thước thiết kế chính xác. Kết quả của các bước phân tích trên được trình bày tại *Bảng 4.1*.

Bảng 4.1. Giá trị kích thước tối ưu cần xác định trong thiết kế

Các biến kích thước cần xác định trong thiết kế	Giá trị kích thước thiết kế tối ưu (mm)			Thể tích chất lỏng yêu cầu (mm³)
	d1	d2	d3	
d1	*(9,59)*	14	25	10000 mm³
d2	10	*(12,74)*	25	
d3	10	14	*(22,39)*	
d1,d2	*(10,1)*	*(13,55)*	25	
d1,d3	*(9,96)*	14	*(24,27)*	
d2,d3	10	*(13,02)*	*(24,38)*	
d1,d2,d3	*(10,31)*	*(13,66)*	*(24,36)*	

Trong đó:

d1 - Bán kính đáy ly (kích thước thiết kế ban đầu 10 mm);

d2 - Bán kính miệng ly (kích thước thiết kế ban đầu 14 mm);

d3 - Chiều cao ly (kích thước thiết kế ban đầu 25 mm).

Kích thước trình bày trong dấu ngoặc đơn là kích thước phần mềm tự tối ưu để đảm bảo thể tích chất lỏng đạt 10.000 mm³.

5. THẢO LUẬN

Từ dữ liệu thiết kế mẫu ly nhựa với kích thước sơ bộ: d1=10 mm, d2=14 mm, d3=25 mm, thể tích đo được ban đầu: V3 = 11187,824704 mm³. Để thiết kế ly nhựa có thể chứa đúng lượng chất lỏng 10.000 mm³, chúng ta cần phải thay đổi các kích thước thiết kế d1, d2, d3. Với kết quả đạt được trình bày tại *Bảng 4.1*, ta thấy có 3 biến kích thước nhưng có 7 trường hợp để thay đổi kích thước. Trường hợp 1: Nếu giữ nguyên kích thước d2=14 mm và d3=25 mm, chúng ta phải thay đổi kích thước d1=9,59 mm. Trường hợp 2: Nếu giữ nguyên kích thước d1=10 mm và d3=25 mm, chúng ta phải thay đổi kích thước d2=12,74 mm. Trường hợp 3: Nếu giữ nguyên kích thước d1=10 mm, d2=14 mm, chúng ta phải thay đổi kích thước d3=22,39 mm. Bốn trường hợp còn lại là sự thay đổi kích thước kết hợp giữa d1, d2 và d3 so với kích thước thiết kế ban đầu nhằm đạt được thể tích mong muốn. Các sự thay đổi kích thước này đều được phần mềm thực hiện một cách tự động.

Trường hợp muốn chia vạch trên ly nhựa, chúng ta cũng sử dụng phương pháp trên để xác định đúng các thể tích. Sau đó, dùng lệnh trên phần mềm Creo vẽ các vạch tương ứng tại các vị trí giới hạn.

So với phương pháp xác định thể tích thông thường: Chia nhỏ sản phẩm thành các khối hình học cơ bản để tính thể tích rồi cộng lại, thì phương pháp xác định thể tích bằng công cụ Analysis trong phần mềm Creo 8.0 tối ưu hơn nhiều. Chúng ta có thể thay đổi nhiều kích thước mong muốn cùng một lúc, phần mềm sẽ tự động tối ưu kích thước, điều này đảm bảo độ chính xác và giảm thời gian trong quá trình thiết kế sản phẩm. Khả năng ứng dụng của phương pháp này cũng khá rộng, có thể áp dụng để thiết kế các sản phẩm đòi hỏi độ chính xác về thể tích dùng trong đo lường, lưu trữ hoặc trao đổi buôn bán dung dịch chất lỏng.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã nghiên cứu phương pháp xác định chính xác thể tích chất lỏng trong bình chứa bằng công cụ Analysis trong phần mềm thiết kế Creo 8.0. Sản phẩm ban đầu được thiết kế với các kích thước sơ bộ và cho trước thể tích chất lỏng trong bình mong muốn. Bằng cách ứng dụng phương pháp trên, kết quả của quá trình phân tích sẽ cho ra các thông số kích thước thiết kế tối ưu đảm bảo thể tích của sản phẩm là chính xác.

Tài liệu tham khảo

[1]. M. Stanek, D. Manas, M. (2011), *Manas and O. Suba-Optimization of Injection Molding Process,* International Journal Of Mathematics And Computers In Simulation Issue 5, vol.5, pp.413-421.

[2]. A. Mosavi (2013), *Decision-making models for optimal engineering design and their applications,* ed: Doctoral Dissertation, University of Debrecen, Hungary.

[3]. Tayyip Oral (2015), *Geometry Formula Handbook,* CreateSpace Independent Publishing Platform.

[4]. Malloy, R. (2010), *Plastic Part Design for Injection Molding,* Hanser, Munich.

[5]. Kazmer, D. O. (2003), *Wall Thickness Optimization In Molded Product Design,* in SPE ANTEC.

Ngày nhận bài: 02/5/2023
Ngày chấp nhận đăng: 17/5/2023
Người phản biện: PGS. TS. Lê Thế Truyền
TS. Hồ Thị Mỹ Nữ

Xác định lượng khí thải CO_2 và năng lượng tiêu hao dựa trên mô hình xây dựng cảng container tại các cảng chính ở Hải Phòng năm 2022

■ **ThS. HUỲNH TẤT MINH(*); ThS. PHAN MINH TIẾN**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)minhht@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Môi trường từ lâu đã không còn là vấn đề riêng của một quốc gia mà là vấn đề cấp bách của toàn thế giới. Cảng biển đóng vai trò then chốt trong việc phát triển kinh tế - xã hội của Việt Nam. Không nằm ngoài xu hướng chung, Việt Nam cũng đang hướng tới phát triển cảng biển bền vững, xây dựng mô hình cảng biển xanh, thân thiện với môi trường mà vẫn đảm bảo mục tiêu tăng trưởng kinh tế. Bài báo nghiên cứu thuật toán tính toán lượng phát thải khí CO_2 và mức tiêu hao năng lượng với từng mô hình cảng container. Nghiên cứu được thử nghiệm trên dữ liệu thu thập từ các cảng container chính tại Hải Phòng. Kết quả thử nghiệm cho thấy thuật toán hoạt động hiệu quả và ổn định, đạt độ chính xác cao, khá đồng nhất với các phương pháp tính toán khác.

TỪ KHÓA: Tính toán lượng phát thải CO_2, mức tiêu hao nhiên liệu, mô hình cảng container.

ABSTRACT: The environment has long been no longer a country problem but an urgent problem of the world. Seaports play a crucial role in the socio-economic development of Vietnam. Not out of the general trend, Vietnam is also moving towards sustainable seaport development, building a green and environmentally friendly container terminal layouts while ensuring economic growth. This paper studies the algorithm to evaluate CO_2 emissions and energy consumption for each container terminal layouts. The study was used on data collected from the primary container ports in Hai Phong. The test results show that the algorithm works efficiently and stably, with high accuracy, consistent with other calculation methods.

KEYWORDS: Evaluate, CO_2 emissions, energy consumption, container terminal layouts.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cảng container được coi là trung tâm logistics giữa vận tải đường biển và đường bộ và cho thấy được tầm quan trọng tuyệt đối trong hoạt động thương mại đường biển. Với sự cạnh tranh không ngừng tăng cao, các nhà khai thác cảng đang tập trung vào việc phát triển bền vững của các cảng containers [1, 2]. Hai trong số những vấn đề cấp bách cần giải quyết hiện nay là ô nhiễm môi trường và sự nóng lên toàn cầu [3, 4]. Do đó, việc giảm thiểu phát thải khí CO_2 và giảm tiêu hao năng lượng tại các cảng container là vô cùng cần thiết. Việc này sẽ giảm thiểu những tác động xấu đến môi trường [5].

Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu sẽ đánh giá mức tiêu thụ năng lượng và việc phát thải khí CO_2 tại các cảng container dựa trên cách bố trí của một số cảng container chính ở Hải Phòng. Kết quả thực nghiệm sẽ được đối chiếu với các phương pháp nghiên cứu khác để đánh giá hiệu quả của thuật toán cũng như khả năng ứng dụng thực tế.

2. MÔ HÌNH THUẬT TOÁN

2.1. Đánh giá mức tiêu hao năng lượng

Mức tiêu hao năng lượng được tính toán dựa trên nhiên liệu và điện năng sử dụng với mỗi máy móc quản lý container tại cảng trong một khoảng thời gian nhất định. Những máy móc này được phân thành ba nhóm chính là: cần cẩu container (container cranes), đầu xe container (head trucks) và thiết bị xếp dỡ container (handling container equipment) tại bãi như cần cẩu xếp tự động (automatic stacked crane), máy bốc dỡ container bằng xe nâng bên trong (straddle carrier), xe nâng (reach stacker) và xe nâng hạ bên hông (side loader). Năng lượng sử dụng ở mỗi cảng container được lấy từ điện năng, nhiên liệu, hầu hết là từ dầu diesel. Phương pháp thu thập dữ liệu là thống kê hiệu quả hoạt động của các thiết bị này trong vòng 1 năm, bao gồm các loại thông tin sau:

- Thông số kỹ thuật của thiết bị và các dữ liệu khả dụng: Dữ liệu này bao gồm số lượng thiết bị xếp dỡ container tại các bến cảng, thông số kỹ thuật (nguồn gốc xuất xứ, tải trọng, năm sản xuất và mức tiêu hao nhiên liệu) và dữ liệu khả dụng của chúng (số giờ hoạt động của mỗi thiết bị xếp dỡ container và các thiết bị khả dụng trong một năm). Những thiết bị khả dụng được tính toán dựa trên số giờ hoạt động trong một năm trừ đi thời gian nghỉ và bảo dưỡng cần thiết của chúng.

- Nhiên liệu và điện năng tiêu thụ: Dữ liệu này bao gồm mức tiêu thụ dầu diesel (lít) và điện năng tiêu thụ (kWh). Dữ liệu này được thu thập dựa trên ghi nhận hoạt động của từng thiết bị xếp dỡ container tại cảng. Trường hợp không có dữ liệu sao lưu, mức tiêu hao nhiên liệu sẽ được

tính toán dựa trên các yếu tố tiêu thụ của mỗi thiết bị xếp dỡ container.

Sau khi dữ liệu được thu thập và tổng hợp, năng lượng tiêu thụ ở cảng container được tính toán dựa trên công thức số 1. Công thức náy sẽ tính tổng năng lượng tiêu thụ của các cần cẩu container (container cranes), đầu xe container (head trucks) và thiết bị xếp dỡ container (handling container equipment).

$$E_{port} = E_{cc} + E_{ch} + E_{ht} \quad (1)$$

Công thức số 2 được sử dụng để tính toán năng lượng sử dụng bởi các thiết bị xếp dỡ container (handling container equipment) tại bãi như cần cẩu xếp tự động (automatic stacked crane), máy bốc dỡ container bằng xe nâng bên trong (straddle carrier), xe nâng (reach stacker) và xe nâng hạ bên hông (side loader).

$$E_{ch} = E_{asc} + E_{rtg} + E_{sc} + E_{rs} + E_{sl} \quad (2)$$

Năng lượng tiêu thụ cho mỗi thiết bị được tính toán bởi công thức số 3 dựa trên thời gian khả dụng nhân với mức nhiên liệu tiêu thụ.

$$ET = UT \times FC \quad (3)$$

Bảng 2.1. Mức năng lượng tiêu thụ cho từng thiết bị xếp dỡ container. Số liệu được sử dụng dựa trên các nghiên cứu trước đó [6, 7, 8]

Nguồn năng lượng	Loại thiết bị	Mức tiêu thụ
Dầu diesel	Rubber-tired gantry cranes (RTGs)	1,32 L/move
	Straddle carrier (SC)	3,50 L/km; 0,80 L/move
	Terminal head trucks (TT)	3,23 L/km
	Automated terminal tractor (ATT)	1,67 L/km
	Reach stacker/top (RS)	5,00 L/km
Năng lượng điện	Quay crane (Qc)	6,00 kWh/move; 2,77 L/ move
	Ship to shore (STS)	6,70 kWh/move
	Automated Stacking crane (ASC)	5,00 kWh/move

Trong đó:

E_{port} - Năng lượng tiêu thụ ở cảng container;

E_{cc} - Năng lượng tiêu thụ bởi container cranes;

E_{ch} - Năng lượng tiêu thụ bởi thiết bị xếp dỡ container;

E_{tt} - Năng lượng tiêu thụ bởi xe tải của cảng;

E_{asc} - Năng lượng tiêu thụ bởi cần cẩu xếp tự động;

E_{sc} - Năng lượng tiêu thụ bởi straddle carriers;

E_{rs} - Năng lượng tiêu thụ bởi reach stackers;

E_{sl} - Năng lượng tiêu thụ bởi side loaders;

ET - Năng lượng tiêu thụ bởi từng thiết bị xếp dỡ container;

UT - Thiết bị khả dụng trong 1 năm hoạt động;

FC - Mức nhiên liệu tiêu thụ bởi thiết bị xếp dỡ container.

2.2. Đánh giá lượng phát thải CO_2

Phương pháp tính toán lượng xả thải khí CO_2 tại cảng container được tiến hành bằng hai cách dựa trên năng lượng tiêu thụ và dựa trên phương thức vận hành. Tính toán lượng phát thải CO_2 dựa trên năng lượng tiêu thụ nhân với dữ liệu phát thải trên mỗi thiết bị. Phương pháp này yêu cầu dữ liệu lưu trữ của nhiên liệu và điện năng tiêu thụ từ phía quản lý cảng container. Cách thứ hai là dự đoán lượng xả thải CO_2 dựa trên phương thức vận hành, lượng xả thải gây ra bởi quá trình trung chuyển tại cảng container được lưu chú. Đây là phương pháp được giới thiệu bởi Van Duin (2011) hướng đến tối giản việc sử dụng dữ liệu sao lưu từ các cảng container để đánh giá lượng phát thải trong vĩ mô [7]. Các biến số đầu vào ở phương pháp này cần phải đạt được các yêu cầu sau:

- Tổng lượng container trong một năm: Trong mô hình hiệu năng này, lượng container khả dụng được lưu lại đều có thể dẫn chứng được.

- Quá trình vận chuyển hàng hóa: Phương thức vận hành phải liên quan tới việc phân phối tổng số lượng container dựa trên các phương thức khác nhau. Quá trình xếp dỡ container và tuyến đường của chúng xác định dựa trên phương thức vận hành mà chúng sử dụng.

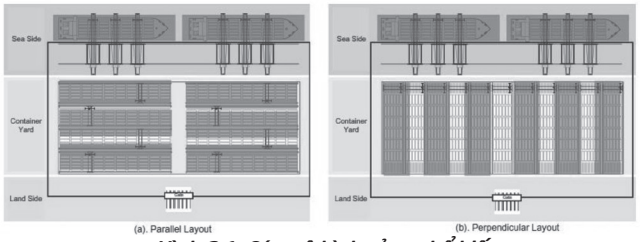
- Quá trình trung chuyển: Quá trình trung chuyển dựa trên các phương thức vận hành khác nhau. Quá trình di chuyển container, loại thiết bị được sử dụng và phương thức vận hành là một phần của quá trình trung chuyển.

- Mô hình cảng: Năng lượng tiêu thụ bởi các thiết bị dựa vào khoảng cách và từ các phương pháp phụ. Theo đó, vị trí cảng container quyết định các yếu tố đã nêu ở trên. Từng cảng vận hành các mô hình riêng biệt nên các khoảng này cũng dựa trên các vị trí đặt thiết bị khác nhau ở mỗi cảng. Do đó, năng lượng sử dụng được dự đoán ở mỗi cảng sẽ khác nhau. Hệ thống khoảng cách Mahattan sẽ được sử dụng để tính toán.

Hệ thống tính toán sử dụng các kết quả đã tính toán trước đó về các hoạt động làm việc của cảng và mức tiêu thụ nhiên liệu. Các kết quả này cũng không được xem xét như các biến đầu vào. Hoạt động lưu chuyển container là những hoạt động được xem xét cho những tính toán này. Các hoạt động vận chuyển bởi xe tải là những biến cần thiết cần thêm vào. Các phương thức bởi các thiết bị khác như: cần trục dàn, cần cẩu xếp dỡ, RTG hoặc các thiết bị xếp dỡ container khác. Sau khi cân nhắc các phương thức vận hành, tổng lượng khí thải CO_2 tại cảng container sẽ được dự đoán bởi lượng khí thải gây ra từ các thiết bị nêu trên và các quá trình vận chuyển phụ khác (công thức 4, 5 và 6).

Bảng 2.2. Yếu tố phát thải sử dụng cho các thiết bị xếp dỡ container và động cơ phụ của tàu

Nguồn năng lượng	Lượng phát thải CO_2	Nguồn tham khảo
Dầu diesel công nghiệp	2,67 kg/L	IPCC 2006 [10]
Điện năng hòa lưới	0,84 kg/kWh	EVN [11]



Hình 2.1: Các mô hình cảng phổ biến

$$W_x = \sum_{i=1}^{5} \sum_{J=1}^{1} \left((V_{i,j} \times f_D) + (P_{i,j} \times f_E) \right) \quad (4)$$

$$V_y = n_y*(C_y + c_y + X_y) \quad (5)$$

$$p_y = n_y*(p_y) \quad (6)$$

Trong đó:

W_x - Lượng khí thải CO_2 tạo ra tại cảng x;

V_{ij} - Lượng dầu diesel tiêu thụ (lít) thiết bị i theo phương thức j;

F_D - Nhân tố phát thải CO_2 từ dầu diesel (kg/lít = 2,65);

P_{ij} - Điện năng tiêu thụ (kWh) bởi thiết bị I theo phương thức j;

f_E - Nhân tố phát thải CO_2 (kg/kWh = 0,832);

$n_{(i,j)}$ - Số vòng hoạt động của thiết bị I theo phương thức j;

$C_{(i,j)}$ - Lượng tiêu hao thông thường từng vòng theo lít;

$c_{(i,j)}$ - Lượng tiêu hao khác từng km theo lít;

$X_{(ij)}$ - Khoảng cách đạt được của thiết bị I theo phương thức j;

p_{ij} - Lượng tiêu hao thông thường theo kWh;

i - Loại phương thức;

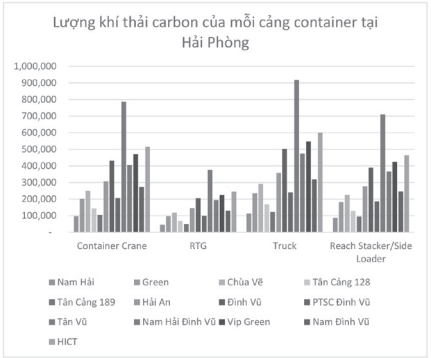
T - Cảng container.

Trong nghiên cứu này, các yếu tố phát thải của dầu diesel được thu thập từ The guidelines of the nationwide greenhouse gas inventory phát hành bởi IPCC 2006 hoặc the Intergovernment Panel on Climate Change [12].

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Nghiên cứu sử dụng các dữ liệu ước tính và thực tế tại các cảng chính ở Hải Phòng. *Hình 3.1* mô tả tổng quan tình hình xả thải khí CO_2 năm 2022 tại các cảng này. *Hình 3.2* mô tả thống kê mức độ xả thải khí CO_2 năm 2022 với các thiết bị xếp dỡ chính tại các cảng chính tại Hải Phòng.

Hình 3.1: Tổng quan sự phát thải tại các cảng chính của Hải Phòng năm 2022



Hình 3.2: Tổng quan sự phát thải CO_2 từ các thiết bị xếp dỡ tại các cảng chính của Hải Phòng năm 2022

4. KẾT LUẬN

Mục tiêu của bài báo đạt được bằng cách sử dụng thuật toán để xác định lượng khí thải CO_2 phát ra và năng lượng tiêu thụ dựa trên mô hình thiết kế của mỗi cảng biển. Tại Hải Phòng, tất cả các cảng đều có chung kiểu thiết kế. Năng lượng tiêu thụ được tính toán dựa trên nhiên liệu và điện năng sử dụng với mỗi máy móc quản lý container, xác định lượng xả thải CO_2 dựa trên phương thức vận hành, lượng xả thải gây ra bởi quá trình trung chuyển tại cảng container. Kết quả nghiên cứu cho thấy lượng khí thải CO_2 tại các cảng là khá cao do hầu hết các cảng đều sử dụng nhiên liệu hóa thạch và công nghệ chưa bắt kịp với các cảng tiên tiến trên thế giới, mặc dù HICT có áp dụng thiết bị hiện đại sử dụng năng lượng điện nhưng chỉ chiếm tỷ trọng nhỏ so với hệ thống trang bị chính tại cảng.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT22-23.90.

Tài liệu tham khảo

[1]. Hiranandani, V. (2014), *Sustainable development in seaports: a multi-case study*, WMU J. Marit. Aff. 13, 127-172.

[2]. Lee Lam, J. S. (2019), *Green Port Strategy for Sustainable Growth and Development*, Transp, Policy 84, 73-81.

[3]. Becker, A., Inoue, S., Fischer, M. & Schwegler, B. (2012), *Climate change impacts on international seaports: knowledge, perceptions, and planning efforts among port administrators*, Clim. Change 110, 5-29.

[4]. Wan, Z., Zhu, M., Chen, S. & Sperling, D. (2016), *Pollution: three steps to a green shipping industry*, Nature 530, 275-277.

[5]. Michaelowa, A. & Krause, K. (2000), *International maritime transport and climate policy*, Intereconomics 35, 127-136.

[6]. Linder, A. J. (2010), *CO_2 restrictions and cargo throughput limitations at California ports: a closer lo ok at AB 32 and port-to-port shipping*, Public Works Manag, Policy 14, 374-391.

[7]. Van Duin, J. H. R. & Geerlings, H. (2011), *Estimating CO_2 footprints of container terminal port-operations*, Int. J. Sustain. Dev. Plan. 6, 459-473.

[8]. Budiyanto, M. A., Huzaifi, M. H. & Sirait, S. J. (2019), *Estimating of CO_2 emissions in a container port based on modality movement in the terminal area*, Int. J. Technol. 10, 1618-1625.

[9]. Huzaifi, M. H., Budiyanto, M. A. & Sirait, S. J. (2020), *Study on the carbon emission evaluation in a container port based on energy consumption data*, Evergreen 7, 97-103.

[10]. Ligteringen, H. (2012), *Ports and Terminals* (TU Delft).

[11]. Febijanto, I., *Calculation of emission factors in the Java-Madura-Bali electricity network system*, J. Teknol. Lingkung. 11, 227-237 (2016), *https ://doi.org/10.29122 /jtl. v11i2 .1207*.

[12]. United Nations Environment Programme (2006), *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

Ngày nhận bài: 11/4/2023
Ngày chấp nhận đăng: 27/4/2023
Người phản biện: PGS. TS. Đặng Công Xưởng
TS. Lê Sơn Tùng

Nghiên cứu phát triển hệ thống phun xăng điện tử áp dụng cho động cơ đốt trong sử dụng chế hòa khí

■ **ThS. PHẠM NGỌC DUY(*); CN. NGUYỄN PHƯƠNG ĐÔNG**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)duypn@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo trình bày các kiến thức cơ bản của động cơ đốt trong, hệ thống chế hòa khí và phun nhiên liệu điện tử, phương pháp phát triển hệ thống điều khiển phun nhiên liệu. Nhóm tác giả đưa ra một mô hình động cơ được thay thế từ chế hòa khí sang phun nhiên liệu điện tử, tiến hành so sánh trực tiếp các thông số thu được giữa hai phương pháp trộn nhiên liệu, qua đó cung cấp cái nhìn tổng quát về những lợi ích mà phun nhiên liệu điện tử mang lại. Từ những kết quả thu thập được như mã lực, lực kéo tức thời, tỉ lệ nhiên liệu/không khí, cùng việc kiểm soát được sâu hơn các thông số động cơ, có thể thấy việc thay đổi từ chế hòa khí sang sử dụng phun xăng điện tử là một cải tiến lớn khi động cơ tăng công suất, lực kéo và tiết kiệm nhiên liệu hơn.

TỪ KHÓA: Hệ thống chế hòa khí, phun nhiên liệu điện tử.

ABSTRACT: This article presents the basics of internal combustion engines, carburetor systems and electronic fuel injection, methods for developing fuel injection control systems. The authors came up with a model of the engine being replaced from carburetor to electronic fuel injection, conducting a direct comparison of the parameters obtained between the two fuel mixing methods, thereby providing an overview of the benefits that electronic fuel injection brings. From the collected results such as horsepower, instantaneous traction, air/fuel ratio and deeper control of engine parameters, it can be seen that changing from carburetor to using electronic fuel injection is a big improvement as the engine increases power, more traction and fuel economy.

KEYWORDS: Carburetor systems, electronic fuel injection.

1. KHÁI QUÁT VỀ HAI PHƯƠNG THỨC TRỘN NHIÊN LIỆU ĐANG ĐƯỢC SỬ DỤNG HIỆN NAY

1.1. Tổng quan về trộn nhiên liệu thông qua chế hòa khí

Chế hòa khí là một bộ phận quan trọng đóng vai trò nạp nhiên liệu nhằm duy trì hoạt động của động cơ. Nó được sử dụng để trộn không khí và nhiên liệu cho động cơ và hoạt động bằng sự chênh lệch áp suất được tạo ra bởi hành trình nạp của động cơ nhằm hút không khí từ môi trường, trộn nó với nhiên liệu để tạo ra hỗn hợp dễ cháy.

Bộ chế hòa khí cũng có một số thành phần khác, gồm: van tiết lưu điều chỉnh lượng không khí đi vào động cơ, buồng phao duy trì mức nhiên liệu không đổi, các van và lò xo khác nhau điều khiển luồng không khí và nhiên liệu. Bộ chế hòa khí phải được điều chỉnh chính xác để đảm bảo hỗn hợp không khí/nhiên liệu phù hợp với nhu cầu của động cơ, có thể thay đổi tùy thuộc vào các yếu tố như tốc độ và tải trọng động cơ.

1.2. Tổng quan về trộn nhiên liệu thông qua hệ thống phun nhiên liệu điện tử

Hệ thống phun nhiên liệu điện tử, là một hệ thống được sử dụng trong các phương tiện hiện đại nhằm cung cấp nhiên liệu cho động cơ hoạt động. Nó sử dụng kim phun, phun nhiên liệu theo tín hiệu được điều khiển thông qua vi xử lý để phun nhiên liệu trực tiếp vào đường ống nạp hoặc buồng đốt của động cơ.

Ngoài ra, hệ thống phun nhiên liệu điện tử sử dụng thêm các cảm biến bổ sung để theo dõi nhiệt độ động cơ, chất lượng khí thải và các yếu tố khác nhằm điều chỉnh tỉ lệ không khí/nhiên liệu để tối ưu hóa hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu. Đồng thời, chúng được bổ sung các tính năng an toàn thông qua tín hiệu từ cảm biến góc nghiêng, cảm biến chân chống, cảm biến tốc độ...

Từ các phương thức hoạt động trên ta có thể chia hệ thống thành 3 hệ thống con: Hệ thống phân phối nhiên liệu; Hệ thống các cảm biến khí nạp/xả, cảm biến theo dõi động cơ; Hệ thống điều khiển điện tử.

1.3. Những ưu điểm của hệ thống phun nhiên liệu điện tử

Ưu điểm chính của phun nhiên liệu điện tử so với bộ chế hòa khí bao gồm: Hiệu quả trộn nhiên liệu tốt hơn, cải thiện công suất động cơ và giảm lượng khí thải. Ngoài ra, hệ thống phun nhiên liệu có thể được tinh chỉnh, tùy biến chính xác hơn trong việc cung cấp nhiên liệu, cho phép động cơ chính xác hơn và hiệu suất tốt hơn ở từng môi trường khác nhau, từng tải trọng khác nhau. Khi được kết hợp với bộ trung hòa khí thải được đặt trên ống xả, hệ thống có thể tinh chỉnh để đạt mức phát thải thấp, đạt tiêu chuẩn khí thải EURO 4.

2. CẤU TRÚC CHUNG CỦA HỆ THỐNG PHUN NHIÊN LIỆU ĐIỆN TỬ

2.1. Các dữ liệu, các van chấp hành cần thiết của hệ thống khí nạp

Để một động cơ hoạt động tốt ở mọi môi trường, chất

lượng khí nạp đầu vào là một trong những yếu tố đáng cân nhắc. Yếu tố này quyết định bởi áp suất không khí, mật độ không khí, vị trí của bướm ga, tốc độ quay của máy... Để kiểm soát chất lượng khí nạp ta cần các dữ liệu đầu vào cũng như các van chấp hành sau:

Dữ liệu nhiệt độ khí nạp càng cao thì lượng nhiên liệu tiêu thụ cần được giảm đi và ngược lại. Nhờ vậy, tỉ lệ hòa khí sẽ luôn được đảm bảo ổn định theo nhiệt độ môi trường.

Dữ liệu áp suất khí nạp thể hiện mức áp suất chân không thay đổi trong đường ống nạp, giá trị này thay đổi khi động cơ thay đổi độ cao hay nhận diện được việc động cơ hoạt động có tải hay không tải.

Dữ liệu góc mở của cánh bướm ga là dữ liệu quan trọng nhất, người dùng trực tiếp quyết định giá trị của dữ liệu này. Khi cần tăng ga, qua thao tác vặn ống ga mà độ mở của cánh bướm ga thay đổi, từ đó quyết định lượng không khí được nạp vào động cơ.

Van cầm chừng bướm ga (IACV): Khi động cơ hoạt động, để giữ động cơ ở tốc độ vòng quay khởi động ổn định, bộ xử lý trung tâm sẽ điều khiển van cầm chừng đóng hay mở ở các mức độ khác nhau để tăng/giảm lượng không khí được nạp vào buồng đốt khi động cơ khởi động.

2.2. Các dữ liệu, van chấp hành cần thiết của hệ thống vận chuyển nhiên liệu

Bộ bơm nhiên liệu sẽ được tích hợp sẵn lọc nhiên liệu cũng như phao để cảnh báo mức nhiên liệu còn lại trong bình chứa. Khi kích hoạt, bơm sẽ hút nhiên liệu tới ống dẫn tạo ra một áp lực nhất định trong hệ thống ống dẫn nhiên liệu.

Cảm biến áp suất nhiên liệu sẽ đo đạc giá trị áp suất nhiên liệu đã đủ hay chưa để điều khiển bơm nhiên liệu bật khi chưa đủ áp suất phun xăng hoặc ngược lại.

Kim phun nhiên liệu đóng/mở theo sự điều khiển của bộ xử lý trung tâm đưa nhiên liệu được cung cấp bởi ống dẫn đi qua các lỗ siêu nhỏ tạo thành dạng sương tạo thành hòa khí.

2.3. Các cảm biến theo dõi động cơ

Cảm biến vị trí trục khuỷu đọc dữ liệu vị trí trục khuỷu đang ở vị trí nào và gửi dữ liệu này tới bộ điều khiển trung tâm để tính toán và kích hoạt các cơ cấu khác. Chỉ báo tốc độ vòng quay động cơ cũng dựa trên dữ từ cảm biến này để tính toán ra giá trị.

Cảm biến chất lượng khí thải (Lambda Sensor) đo chất lượng khí xả, các giá trị của cảm biến cho biết động cơ đang hoạt động giàu nhiên liệu hay nghèo nhiên liệu.

2.4. Bộ xử lý điều khiển điện tử

Hệ thống điều khiển điện tử (ECU) được so sánh như bộ não của hệ thống phun nhiên liệu điện tử. Nó tiếp nhận tất cả thông tin từ các cảm biến để "hiểu rõ" trạng thái của động cơ theo thời gian thực, qua đó quyết định điều khiển các van, bơm, kim phun sao cho động cơ hoạt động tốt nhất.

3. XÂY DỰNG HỆ THỐNG PHUN NHIÊN LIỆU ĐIỆN TỬ

3.1. Nghiên cứu về bộ điều khiển trung tâm (ECU)

Nhận thấy tầm quan trọng của hệ thống điều khiển điện tử trong toàn bộ hệ thống, nhóm nghiên cứu lựa chọn sử dụng vi xử lý MCU của RENESAS, một hãng sản xuất MCU hàng đầu thế giới. Các thông số của MCU như sau: MCU sử dụng: R5F21548E; R8c/5x Series; kích thước ROM: 128KB; hỗ trợ CANBUS, có thể giao tiếp thông qua UART/K-Line ISO 9141; với 40pin GPIO, 11pin Analog, hỗ trợ đầy đủ các giao thức giao tiếp UART, I2C.

Sản phẩm được sản xuất thử nghiệm với một nhà sản xuất thiết bị gốc (OEM), sử dụng chuẩn kết nối Sumitomo 33-pin nên tương thích với hầu hết các động cơ của Honda sản xuất. Các chân kết nối có thể tùy chỉnh đặt theo từng mẫu động cơ khác nhau giúp tùy biến sâu hơn trên từng động cơ.

3.2. Tổng quan về chức năng của hệ thống ECU được đề xuất

ECU được nghiên cứu có thể điều khiển tốt các động cơ 1-2 xi-lanh, nhận dữ liệu từ tối đa 20 cảm biến, đáp ứng nhanh việc tính toán mà một động cơ cần sử dụng khi hoạt động.

** Các tính năng của hệ thống ECU được đề xuất:*

- Về hoạt động của động cơ:

+ Khi động cơ đạt nhiệt độ các nhiệt độ khác nhau, ECU phải tinh chỉnh tăng/giảm các thông số trên các mảng dựa theo các thuật toán đã định sẵn phù hợp với điều kiện nhiệt độ. Quá trình này cũng xảy ra khi thông số nhiệt độ khí nạp, áp suất khí nạp bị thay đổi. Bên cạnh đó, thông số quan trọng nhất vẫn là từ cảm biến khí thải;

+ Với cảm biến wideband (cảm biến Lambda), lúc này ECU dựa vào giá trị chính xác của cảm biến khí thải để xác định trực tiếp tỉ lệ không khí/nhiên liệu (AFR);

+ Muốn xe tiết kiệm nhiên liệu, đạt tiêu chuẩn khí thải như EURO4, cần điều chỉnh tỉ lệ hòa khí lý tưởng cho phản ứng cháy triệt để tại mức AFR 14.7:1 (Lambda = 1) cùng kết hợp với sử dụng bộ trung hòa khí thải;

+ Muốn động cơ đạt sức mạnh lớn nhất tại vị trí bướm ga mở hết góc, cần điều chỉnh hỗn hợp đốt theo tỉ lệ AFR tại 12.8:1.

- Về các chức năng bảo vệ động cơ:

+ Kết hợp với cảm biến góc nghiêng ngắt động cơ khi xe bị đổ hoặc gặp tai nạn;

+ Đưa ra cảnh báo nếu động cơ gần đạt ngưỡng nhiệt độ nguy hiểm, tự động tắt động cơ khi đạt nhiệt độ có thể gây nguy hại tới động cơ;

+ Đưa ra cảnh báo khi một trong số các cảm biến, van, bơm bị hỏng;

+ Hỗ trợ đọc lỗi động cơ, giá trị cảm biến thông qua giao tiếp K-Line, OBD2.

** Các tinh chỉnh có thể thực hiện trên hệ thống ECU:*

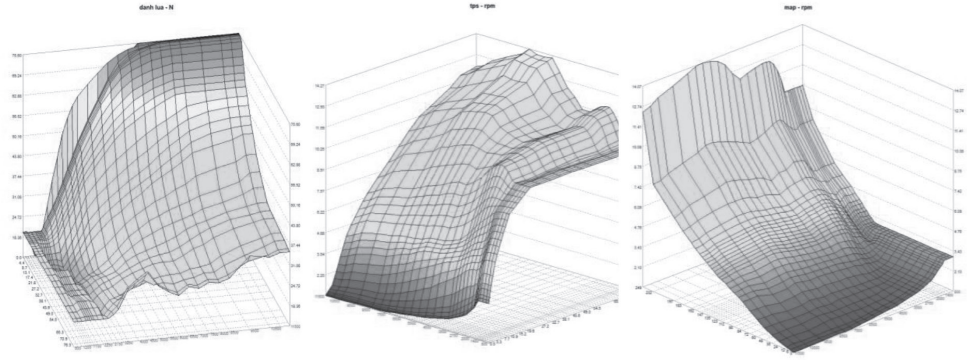
Các thông số có thể tinh chỉnh được bố trí dưới dạng mảng hai chiều, dựa theo giá trị số vòng quay máy cũng như giá trị của các cảm biến để đưa ra các giá trị điều khiển các đơn vị chấp hành. Người dùng có thể tự tinh chỉnh các thông số trên hoặc hệ thống sẽ tự điều chỉnh.

+ Thông số thời gian đánh lửa: Dựa vào giá trị của góc mở bướm ga và số vòng quay máy, ECU lấy dữ liệu trên bảng và gửi tín hiệu đánh lửa trong khoảng thời gian đã định tới cuộn dây đánh lửa. Cuộn dây đánh lửa sẽ phóng điện trong khoảng thời gian đã định tới bu-gi để tạo tia lửa điện đốt cháy hòa khí *(Hình 3.1a)*.

+ Thông số thời gian phun nhiên liệu: Dựa vào giá trị của góc mở bướm ga và số vòng quay máy, ECU lấy dữ liệu

trên bảng trên và kích tín hiệu trong khoảng thời gian đã định để phun nhiên liệu trộn vào hòa khí trong đúng kỳ nạp *(Hình 3.1b)*.

+ Thông số tinh chỉnh nhiên liệu dựa theo áp suất khí nạp: Dựa vào dữ liệu áp suất khí nạp, ta có từng giá trị tinh chỉnh khác nhau được áp dụng tại các mức vòng quay của máy khác nhau. Giá trị được lưu trữ sẽ được đưa vào các thuật toán để hiệu chỉnh giá trị lưu trên mảng phun nhiên liệu và đánh lửa (*Hình 3.1c* và *Bảng 3.1*).

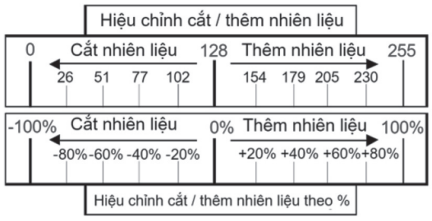


Hình 3.1: Các biểu đồ a) - Thời gian đánh lửa theo vòng tua máy và độ mở bướm ga; b) - Thời gian phun nhiên liệu theo vòng tua máy và độ mở bướm ga; c) - Bù nhiên liệu theo áp suất khí nạp và vòng tua máy

Bảng 3.1. Mảng lưu trữ giá trị tinh chỉnh của áp suất khí nạp theo vòng tua máy

map – rpm	0	6	12	24	36	48	60	72	84	91	98	105	112	119	123	127	131	135	139	143	147	151	155	162	169	183	197	232	249
800	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.04	3.10	3.26	3.37	3.61	3.74	3.96	4.14	4.44	4.78	5.26	5.83	8.06	10.06
1000	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02	3.04	3.10	3.26	3.37	3.61	3.74	3.96	4.14	4.44	4.78	5.26	5.83	8.06	10.06
1200	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.10	3.27	3.40	3.61	3.74	3.96	4.14	4.44	4.78	5.29	5.83	8.06	10.06
1400	3.01	3.01	3.01	3.00	3.00	2.99	2.99	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	2.87	2.97	3.01	3.05	3.14	3.24	3.49	3.67	3.81	3.98	4.18	4.52	4.82	5.31	5.83	8.06	10.06
1500	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.75	2.81	2.91	3.02	3.12	3.22	3.40	3.58	3.78	3.98	4.20	4.53	4.84	5.33	5.83	8.06	10.06
1600	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.61	2.69	2.81	2.95	3.06	3.18	3.34	3.54	3.72	3.91	4.15	4.47	4.76	5.26	5.83	8.06	10.06
1700	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.52	2.63	2.75	2.88	2.98	3.12	3.29	3.46	3.63	3.81	4.01	4.35	4.67	5.19	5.83	8.06	10.06
1800	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.48	2.50	2.62	2.75	2.90	3.06	3.22	3.36	3.51	3.68	3.90	4.21	4.54	5.14	5.76	7.85	10.06
2000	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.35	2.40	2.51	2.57	2.70	2.85	3.00	3.18	3.35	3.52	3.67	3.83	4.01	4.18	4.51	4.73	5.32	5.74	7.84	10.06
2250	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04	2.21	2.34	2.53	2.71	2.88	3.06	3.24	3.40	3.56	3.73	3.90	4.06	4.21	4.32	4.54	4.83	5.34	5.84	8.06	11.00
2500	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.94	2.09	2.24	2.41	2.57	2.91	3.10	3.28	3.42	3.59	3.77	3.95	4.11	4.30	4.52	4.79	5.07	5.58	6.26	8.35	11.68
2750	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.96	2.10	2.26	2.50	2.71	3.07	3.36	3.57	3.77	3.93	4.13	4.32	4.49	4.66	4.79	5.06	5.24	5.80	6.64	8.68	12.21
3000	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.70	1.75	1.99	2.15	2.33	2.65	2.98	3.38	3.55	3.78	3.97	4.13	4.32	4.49	4.66	4.81	4.97	5.21	5.40	5.96	6.83	8.91	12.48
3250	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.60	1.75	2.10	2.29	2.48	2.73	3.07	3.45	3.62	3.85	4.03	4.19	4.37	4.53	4.71	4.89	5.03	5.24	5.45	6.04	6.83	8.90	12.53
3500	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.57	1.72	2.05	2.26	2.57	2.88	3.15	3.50	3.67	3.89	4.04	4.22	4.40	4.55	4.72	4.87	5.01	5.23	5.46	5.99	6.92	8.76	12.52
4000	1.36	1.36	1.36	1.36	1.43	1.50	1.61	1.86	2.19	2.35	2.63	2.94	3.21	3.53	3.68	3.86	4.00	4.17	4.30	4.48	4.65	4.79	4.93	5.16	5.35	5.94	6.58	8.46	12.41
4500	1.25	1.25	1.25	1.25	1.33	1.51	1.61	1.90	2.20	2.45	2.67	2.85	3.16	3.44	3.60	3.81	3.96	4.10	4.24	4.40	4.56	4.71	4.85	5.06	5.22	5.79	6.57	8.25	12.27
5000	1.18	1.18	1.18	1.22	1.32	1.51	1.65	1.98	2.30	2.54	2.71	2.92	3.15	3.40	3.54	3.67	3.80	3.94	4.11	4.29	4.42	4.57	4.69	4.89	5.12	5.57	6.23	8.13	12.04
5500	1.11	1.11	1.11	1.19	1.33	1.51	1.70	1.98	2.33	2.54	2.80	2.96	3.20	3.43	3.61	3.76	3.90	4.03	4.16	4.32	4.48	4.61	4.75	4.96	5.18	5.77	6.59	8.36	12.61
6000	1.04	1.04	1.04	1.15	1.32	1.52	1.70	2.02	2.37	2.59	2.83	3.02	3.24	3.49	3.65	3.81	3.95	4.10	4.25	4.42	4.58	4.73	4.87	5.09	5.32	5.92	6.79	8.59	13.38
6500	0.97	0.97	0.97	1.19	1.33	1.56	1.75	2.09	2.42	2.62	2.84	3.11	3.36	3.58	3.72	3.88	4.04	4.19	4.34	4.49	4.64	4.79	4.93	5.16	5.37	5.92	6.86	8.79	13.79
7000	0.93	0.95	0.95	1.19	1.31	1.45	1.72	2.04	2.38	2.66	2.88	3.21	3.44	3.68	3.82	3.97	4.13	4.29	4.46	4.60	4.76	4.88	5.03	5.26	5.48	6.13	7.05	8.97	13.97
7500	0.85	0.88	0.94	1.21	1.31	1.49	1.78	2.12	2.46	2.74	2.98	3.31	3.57	3.83	3.99	4.13	4.28	4.42	4.57	4.72	4.86	4.97	5.11	5.36	5.65	6.25	7.20	9.12	14.07
8000	0.83	0.86	0.94	1.24	1.36	1.55	1.85	2.21	2.57	2.82	3.06	3.35	3.65	3.90	4.05	4.20	4.33	4.46	4.61	4.75	4.89	5.01	5.13	5.36	5.68	6.26	7.29	9.09	14.02
8500	0.84	0.87	0.95	1.19	1.40	1.48	1.73	2.10	2.41	2.74	3.00	3.36	3.65	3.89	4.02	4.15	4.28	4.40	4.53	4.66	4.81	4.96	5.09	5.36	5.68	6.25	7.17	8.85	13.76
9500	0.81	0.86	0.91	1.06	1.27	1.46	1.70	2.04	2.38	2.67	2.92	3.20	3.47	3.73	3.92	4.06	4.18	4.30	4.43	4.57	4.72	4.86	5.00	5.25	5.53	6.13	6.91	8.51	13.32
10500	0.78	0.85	0.94	1.12	1.32	1.56	1.87	2.23	2.67	2.88	3.10	3.27	3.49	3.69	3.83	3.96	4.07	4.19	4.32	4.45	4.60	4.74	4.86	5.07	5.34	5.93	6.70	8.19	12.91
11000	0.78	0.84	0.95	1.12	1.29	1.56	1.88	2.24	2.67	2.85	3.06	3.22	3.43	3.60	3.71	3.83	3.93	4.06	4.17	4.29	4.37	4.54	4.67	4.89	5.16	5.73	6.45	7.93	12.55
11500	0.77	0.84	0.92	1.08	1.28	1.56	1.91	2.25	2.66	2.82	3.01	3.17	3.38	3.51	3.59	3.71	3.85	3.96	4.08	4.21	4.34	4.45	4.60	4.83	5.09	5.61	6.22	7.85	12.34

Bảng thông số hiệu chỉnh thêm cắt nhiên liệu theo % hoặc theo thời gian phun nhiên liệu dựa vào cảm biến khí nạp hoặc cảm biến chất lượng khí thải *(Hình 3.2)*.



Hình 3.2: Thông số lượng nhiên liệu thêm/cắt chia theo bậc

3.3. Thuật toán tính giá trị nhiên liệu cần thiết, giá trị thêm/cắt nhiên liệu được áp dụng trên ECU

Ngoài việc phun nhiên liệu theo thông tin được lưu tại các mảng 2 chiều của động cơ, ECU có thể tự tính toán giảm bớt, thêm lượng nhiên liệu tức thời. Điều này được thực hiện với dữ liệu nhận từ cảm biến khí thải.

Nhóm nghiên cứu sử dụng bộ cảm biến lambda LSU 4.9 của Borsh, ECU được tích hợp riêng một bộ điều khiển CJ125 để có thể kiểm soát hoàn toàn các thông số của cảm biến đưa ra. Dựa vào giá trị ADC trả về của cảm biến ta có những công thức tính sau:

Để làm mẫu, nhóm nghiên cứu lấy ví dụ tại lambda = 1. Lambda là một giá trị biểu thị sự hoàn hảo của hòa khí được trộn đầu vào. Khi lambda = 1, giá trị hòa khí đầu vào được trộn đều theo tỉ lệ 14.7:1 (không khí/nhiên liệu), đây là giá trị lý tưởng mà hầu hết các hãng sản xuất đều hướng tới để đạt các tiêu chuẩn khí thải.

Cảm biến lambda truyền các tín hiệu analog về bộ điều khiển CJ125, bộ điều khiển sẽ truyền về vi xử lý chính thông qua tín hiệu digital bằng giao thức i2c.

Với lambda = 1 tương đương với AFR = 14.7:1, tín hiệu vi xử lý nhận được là giá trị ADC từ bộ điều khiển CJ125. Cụ thể, giá trị ADC = 307 tại thời điểm này.

$$U_A = \frac{ADC}{1023} \cdot 5.0 = \frac{307}{1023} \cdot 5.0 = 1.5 \quad V$$

Tương tự, các giá trị cần thiết trong phép toán cũng sẽ đáp ứng như giá trị hiệu điện thế, dòng tiêu thụ khi mức lambda = 1.

$$I_P = \frac{1000 \cdot (U_A - 1.5)}{61.9 \cdot 17} = \frac{1000 \cdot (1.5 - 1.5)}{61.9 \cdot 17} = 0 \quad mA$$

Cảm biến lambda đọc lượng oxy sót lại trong khí xả và từ đó ta tính được giá trị dòng tiêu thụ I_p, các ước lượng giữa hai giá trị có ở *Bảng 3.2*.

Bảng 3.2. Giá trị dòng tiêu thụ ứng với tỉ lệ % oxy phát hiện trong khí xả

% O2	0,00	3,00	6,00	8,29	12,0	20,95
I_p	0,00	0,33	0,67	0,94	1,38	2,54

Với giá trị lambda = 1 ta có lượng $\%O_2 = 0\%$,

$O_2 = k \cdot I_p$

$k = 0/0$

Lượng % oxy tại khí xả của bài toán được tính theo phương trình sau:

$\%O_2 = k \,.\, Ip = 0 \,.\, 0 = 0\%$

Nhờ giá trị % oxy, giá trị lambda được tính theo công thức:

$$\lambda = \frac{\frac{O_2}{3} + 1}{1 - 4,77 \;.\; O_2}$$

Ví du Lambda = 1 ta có:

$$\lambda = \frac{\frac{O_2}{3} + 1}{1 - 4,77 \;.\; O_2} = \frac{\frac{0}{3} + 1}{1 - 4,77 \;.\; 0} = \frac{1}{1} = 1$$

Khi ECU tính toán được giá trị lambda, thông qua việc cắt nhiên liệu ngắn hạn, dài hạn để giữ giá trị lambda tại 1, nhờ vậy đảm bảo giá trị hòa khí lý tưởng.

Khi ECU hoạt động ở vòng lặp kín:

Khối lượng nhiên liệu = Khối lượng không khí x (cắt nhiên liệu ngắn hạn x cắt nhiên liệu dài hạn)/(giá trị lambda x 14,7)

Khi ECU phát hiện 1 trong số các cảm biến khí nạp/khí thải hỏng, động cơ sẽ hoạt động ở vòng lặp hở. Lúc này, công thức tính khối lượng nhiên liệu được xử lý như sau:

- Các giá trị cắt nhiên liệu và giá trị lambda mặc định bằng 1.

- Khối lượng nhiên liệu = Khối lượng không khí x (1 x 1) / (1 x 14,7).

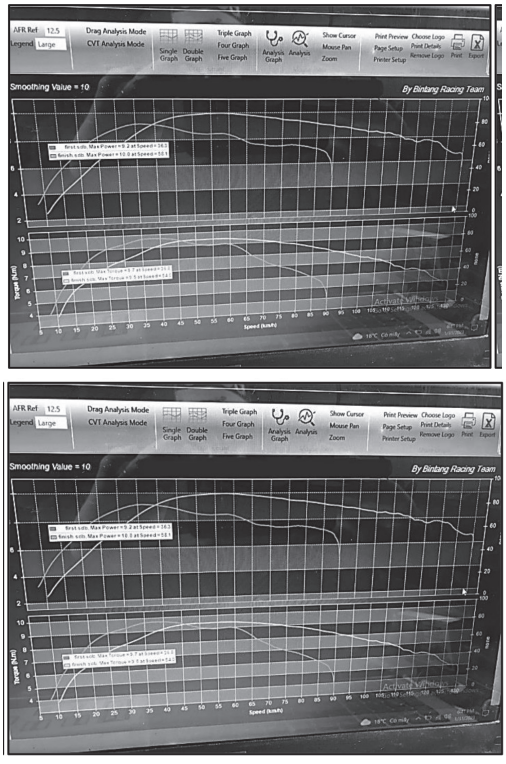
3.4. So sánh, đánh giá

- Động cơ được đo kiểm bởi thiết bị DynoJet 250i với mức công suất khi sử dụng chế hòa khí đạt 7,8 HP, 7,2 N.m.

- Sau khi lắp đặt hệ thống phun nhiên liệu điện tử, sức mạnh động cơ tăng thêm 0,9 HP, lực kéo động cơ tăng 0,8 N.m.

- Sau quá trình tinh chỉnh tự động với tỉ lệ hòa khí 14,7:1 (Lambda = 1) động cơ đạt 9,2 HP, 9,7 N.m.

- Khi được tinh chỉnh thủ công tại tỉ lệ hòa khí 12,8:1 động cơ đạt 10 HP, 9,5 N.m.



Hình 3.3: Biểu đồ công suất (trên) và Biểu đồ công suất tại tỉ lệ hòa khí 14.7:1 (dưới)

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy tiềm năng việc áp dụng phun nhiên liệu điện tử cho các động cơ đốt trong. Nghiên cứu này cung cấp các kiến thức cơ bản của động cơ đốt trong, hệ thống chế hòa khí và phun nhiên liệu điện tử, phương pháp phát triển hệ thống điều khiển phun nhiên liệu. Nhóm nghiên cứu đưa ra một mô hình động cơ được thay thế từ chế hòa khí sang phun nhiên liệu điện tử, tiến hành so sánh trực tiếp các thông số thu được giữa hai phương pháp trộn nhiên liệu, qua đó cung cấp cái nhìn tổng quát về những lợi ích mà phun nhiên liệu điện tử mang lại.

Từ những kết quả thu thập được như mã lực, lực kéo tức thời, tỉ lệ nhiên liệu/không khí, cùng việc kiểm soát được sâu hơn các thông số động cơ, có thể thấy việc thay đổi từ chế hòa khí sang sử dụng phun nhiên liệu điện tử là một cải tiến lớn khi động cơ tăng công suất, lực kéo và tiết kiệm nhiên liệu hơn. Cùng kết hợp với bộ trung hòa khí thải và giá trị lambda = 1, ta có được chất lượng khí thải đạt tiêu chuẩn EURO4.

Có thể tiếp tục được cải tiến, nâng cấp để hoàn thiện sản phẩm, tiến tới thương mại hóa sản phẩm. Áp dụng cho các động cơ xe máy được lưu hành từ lâu trên thị trường, cũng như các dòng sản phẩm sử dụng động cơ đốt trong dung tích 50cc (hiện nay vẫn đang sử dụng chế hòa khí).

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành gửi lời cảm ơn tới bộ môn Truyền thông mạng máy tính (Khoa Công nghệ thông tin - Trường Đại học Hàng hải Việt Nam). Bài báo là một sản phẩm của công trình nghiên cứu khoa học sinh viên Trường Đại học Hàng hải Việt Nam năm học 2022 - 2023.

Tài liệu tham khảo

[1]. *Bosch Semiconductors, CJ125,* truy cập 09/03/2023. [Online]: *<https://www.bosch-semiconductors.com/systemics/engine-management-systems/cj125/>.*

[2]. Charles Fayette Taylor(1985), *The Internal Combustion Engine in Theory and Practice,* The M.I.T. Press.

[3]. Richard Stone (1999), *Introduction to Internal Combustion Engines*, Society of Automotive Engineers, Inc.

[4]. Lê Trà, *Phun xăng điện tử là gì: Cấu tạo, nguyên lý hoạt động và tác dụng,* Vinfast, truy cập ngày 11/3/2023, [Online]: *<https://vinfastauto.com/vn_vi/tim-hieu-ve-he-thong-phun-xang-dien-tu-tren-o-to>.*

Ngày nhận bài: 22/4/2023
Ngày chấp nhận đăng: 10/5/2023
Người phản biện: TS. Nguyễn Trung Đức
TS. Trần Thị Hương

Tác động của chính sách cấm xe máy: Bài học kinh nghiệm từ một số quốc gia trên thế giới

■ **ThS. HOÀNG THANH THÚY**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: hoangthanhthuy0810@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Xe máy là một trong những phương tiện giao thông đường bộ có nhiều ưu điểm nhưng cũng có nhiều nhược điểm. Vì vậy, cần nghiên cứu các tác động của chính sách cấm xe máy nhằm đưa ra các giải pháp có hiệu quả để triệt tiêu hoặc giảm thiểu các tác động tiêu cực của chính sách này. Bằng cách sử dụng phương pháp nghiên cứu tài liệu, với kiến thức và kinh nghiệm chuyên môn, tác giả của bài báo đã xác định và phân tích các tác động của chính sách cấm xe máy, từ đó đưa ra một số kiến nghị nếu chính sách cấm xe máy được áp dụng vào thực tế ở Việt Nam.

TỪ KHÓA: Cấm xe máy, chính sách, tác động.

ABSTRACT: Motorcyles are one of road traffic means having got not only merits but also demerits. Thus, it is necessary to study the impacts of motorcyle ban policy to propose effective solutions for elimination or mitigation of negative impacts resulted from the policy. By using literature review approach, with specialized knowledge and experience, the author of this article has determined and analyzed the impacts of motorcycle ban policy, which would have resulted in some proposals if the motorcycle ban policy is applied into Vietnam's reality.

KEYWORDS: Motorcycle ban, policy, impacts.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đường bộ là phương thức giao thông trên cạn đặc biệt quan trọng trong hệ thống GTVT. Mạng lưới giao thông đường bộ được xây dựng nhằm phục vụ khai thác các loại phương tiện giao thông gồm xe ô tô con, xe tải, xe buýt, xe máy... Trong đó, xe máy đóng vai trò là phương tiện đi lại hàng ngày phổ biến ở nhiều nước trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Chỉ riêng trong năm 2022, đã có hơn 3 triệu xe máy được bán ra đến tay người sử dụng [1]. Xe máy được coi là phương tiện di chuyển linh hoạt hơn và rẻ hơn so với ô tô, là phương thức giao thông trực tiếp (door-to-door) nối liền điểm đi (origin) và điểm đến (destination) nên thuận tiện hơn so với phương tiện giao thông công cộng như xe buýt và đặc biệt phù hợp với đối tượng dân cư có thu nhập thấp đến trung bình, nhất là trong các khu vực dân cư có hệ thống giao thông công cộng chưa thuận tiện, không đáp ứng đủ nhu cầu đi lại hoặc chưa hiệu quả. Xe máy không những đóng vai trò là phương tiện giao thông cá nhân mà còn đóng vai trò là phương tiện giao thông công cộng ở một số quốc gia, trong đó có Việt Nam gồm "xe ôm" (motorbike taxi) và "xe ôm công nghệ" (commercial motorcycle). "Xe ôm công nghệ" có ưu điểm là giá cả phải chăng, khả năng tiếp cận dịch vụ rất nhanh và được quản lý dễ dàng nhờ sự hỗ trợ của điện thoại thông minh, phần mềm ứng dụng và Internet.

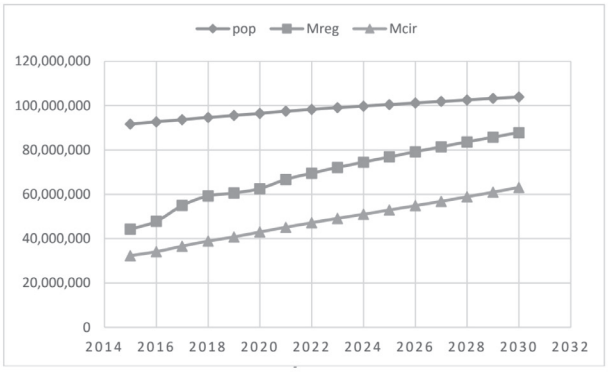
Mặc dù có nhiều ưu điểm, nhưng xe máy cũng mang lại những tác động tiêu cực đến đời sống kinh tế - xã hội, điển hình là gây ô nhiễm môi trường (ô nhiễm tiếng ồn và ô nhiễm không khí), làm gia tăng số lượng và mức độ nghiêm trọng của các vụ TNGT đường bộ và dễ dàng trở thành phương tiện thực hiện các hoạt động phạm tội gây mất an toàn - an ninh xã hội. Vì vậy, cần nghiên cứu ban hành chính sách cấm xe máy kèm theo các giải pháp cân bằng các tác động tích cực và tác động tiêu cực do lệnh cấm xe máy gây nên.

2. LỊCH SỬ KHAI THÁC XE MÁY Ở VIỆT NAM

Câu chuyện về lịch sử xe máy ở Việt Nam là một câu chuyện hấp dẫn thể hiện quá trình phát triển kinh tế - xã hội của Việt Nam. Từ chỗ là một sản phẩm xa xỉ vào cuối những năm 1990, giờ đây xe máy đã gần như được tìm thấy trong mọi hộ gia đình ở Việt Nam. Xe máy trở thành phương tiện đặc trưng của cuộc sống đô thị ở Việt Nam và là một trong những yếu tố định hình địa lý đô thị [2].

Vào những năm đầu của lịch sử khai thác, xe máy chủ yếu được nhập khẩu từ Nhật Bản. Đến năm 1996, nhà máy sản xuất xe máy đầu tiên của Nhật Bản (Honda) được xây dựng ở Việt Nam. Tuy nhiên, đến những năm 2000, xe máy Trung Quốc tràn vào thị trường Việt Nam với giá thành chỉ bằng 1/3 đến một nửa xe máy Nhật Bản làm số lượng khai thác xe máy tăng đột biến. Tính đến hết năm 2016, Việt Nam có 52 triệu xe máy được đăng ký lưu hành, con số này tăng nhanh từ mức 4 triệu xe vào năm 1995 [3]. Chỉ riêng năm 2002, đã có 10,2 triệu xe máy được đưa vào sử dụng ở Việt Nam theo số liệu thống kê của Câu lạc bộ Các nhà kinh tế Việt - Nhật.

Ban đầu, xe máy được sử dụng với tư cách là phương tiện giao thông cá nhân. Theo quá trình phát triển kinh tế xã hội, xe máy đã trở thành phương tiện giao thông công cộng - "xe ôm". Với sự phát triển của nền công nghiệp 4.0, "xe ôm công nghệ" đã trở thành mắt xích "giao hàng chặng cuối", đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong hệ thống logistics đô thị. Theo nghiên cứu của [4], số lượng xe máy đăng ký và số lượng xe máy lưu hành thực tế sẽ tiếp tục tăng lên như được thể hiện trong *Hình 2.1*.



Hình 2.1: Gia tăng xe máy trong tương lai (pop: dân số, Mred: lượng xe máy đăng ký, Mcir: lượng xe máy lưu hành) [4]

3. TÁC ĐỘNG CỦA CHÍNH SÁCH CẤM XE MÁY

3.1. Tác động tích cực của chính sách cấm xe máy

Tác động tích cực của việc cấm xe máy là giảm ô nhiễm môi trường, giảm TNGT và nâng cao an ninh - an toàn khu vực. Lý do quan trọng nhất của việc cấm xe máy ở TP. Benin (Nigeria) là do ngày càng nhiều các lái xe "xe ôm công nghệ" liên quan đến các trường hợp phạm tội như cướp có vũ trang, bắt cóc và đánh đập tập thể. Các nhược điểm của xe máy càng trở nên trầm trọng hơn ở Benin (Nigeria) do vấn nạn tham nhũng trong lực lượng thi hành Luật Giao thông đường bộ, tình trạng dân trí thấp và sự yếu kém của hệ thống giao thông đường bộ [5]. Chính sách cấm xe máy giúp cải thiện sức khỏe của người dân, đặc biệt là người dân đô thị, nhất là các đô thị lớn có mật độ dân cư cao do giảm ô nhiễm môi trường.

Thiếu ý thức về ATGT là nguyên nhân chính khiến người đi xe máy thường xuyên bị TNGT. Đây có lẽ là một hiện tượng toàn cầu được công bố bởi một nghiên cứu do Cục Quản lý an toàn giao thông Quốc lộ Hoa Kỳ (United States National Highway Traffic Safety Administration - NHTSA) thực hiện. Nghiên cứu cho thấy 13,10 ô tô trong số 100.000 xe ô tô gặp tai nạn chết người, trong khi tỷ lệ này đối với xe máy là 72,34 trên 100.000 xe. Nghiên cứu cũng cho biết thêm, xe máy có tỷ lệ tử vong trên một đơn vị quãng đường cao hơn so với ô tô [6]. Tai nạn xe máy dẫn đến hàng ngàn người bị thương và tử vong mỗi năm, bao gồm cả những người lái có kinh nghiệm và cẩn thận nhất. Nạn nhân tai nạn xe máy thường chịu các loại chấn thương nặng nề nhất so với các loại tai nạn xe cơ giới khác. Các thống kê đã chỉ ra rằng một người điều khiển xe mô tô có nguy cơ tử vong trong một vụ tai nạn cao gấp 16 lần so với một người ngồi trên ô tô [5]. Tai nạn xe máy chiếm tỷ lệ 21% trên tổng các vụ tai nạn năm 1999 ở Lagos (Nigeria) [7]. Do vậy, chính sách cấm xe máy đã làm giảm 67,96% các vụ TNGT ở Trung Quốc [8].

Tác động tích cực của chính sách cấm xe máy được thể hiện rõ trong một nghiên cứu ở Lagos (Nigeria) năm 2016 vì 69,0% người được hỏi ủng hộ chính sách cấm xe máy bởi 73,5% cho rằng "xe ôm" là nguyên nhân chính của TNGT trên mạng lưới đường bộ và 82,0% cho rằng "xe ôm" chính là phương tiện gây án của các hoạt động phạm tội [9].

3.2. Tác động tiêu cực của chính sách cấm xe máy

Từ tháng 6/2013, quyết định cấm "xe ôm" ở TP. Benin (Nigeria) đã chịu sự phản ứng dữ dội từ phía người dân do xe máy cũng là một loại tài sản đối với các hộ gia đình, người dân không có việc làm thay thế khi xe máy bị cấm, thậm chí một số người đã bị đẩy vào tệ nạn mà họ không có dự định tham gia. Ở các nước đang phát triển, "xe ôm công nghệ" là một phương thức liên doanh thương mại và là một chiến lược quốc gia để phòng ngừa thất nghiệp [5].

"Xe ôm" không những là giải pháp cứu vãn tình trạng thất nhiệp mà còn là phương tiện cứu trợ cho các vấn đề nổi cộm về GTVT [9]. Các biến số có lợi về kinh tế - kỹ thuật như thời gian di chuyển nhanh, hành trình di chuyển linh hoạt, chi phí đầu tư ban đầu, chi phí khai thác vận hành và chi phí bảo trì sửa chữa thấp khiến cho xe máy trở thành phương tiện khởi nghiệp của nhiều người dân, bao gồm cả thanh niên trẻ tuổi và người già, đặc biệt trong điều kiện thiếu công ăn việc làm và điều kiện cơ sở hạ tầng giao thông còn hạn chế. "Xe ôm" là công cụ góp phần xóa đói giảm nghèo do đóng vai trò là nguồn thu nhập chính với nhiều người. Tính đến tháng 6/2023, chỉ riêng ứng dụng Grabbike đã tạo công ăn việc làm cho khoảng 120.000 tài xế ở Việt Nam [10].

Trong điều kiện hệ thống giao thông công cộng chưa đầy đủ, xe máy là một giải pháp góp phần giảm ùn tắc giao thông do diện tích chiếm dụng mặt đường là ít hơn so với ô tô. Đặc biệt, "xe ôm công nghệ" vẫn là giải pháp hiệu quả trong chuỗi cung ứng đô thị với vai trò là mắt xích "giao hàng chặng cuối". Hơn nữa, trong trường hợp phát triển phương tiện giao thông công cộng mà tư nhân là chủ sở hữu như taxi thì nhu cầu sử dụng xe máy như là phương tiện đi lại như là giao thông công cộng hay giao thông cá nhân càng phát triển do khả năng cạnh tranh cả về kinh tế và kỹ thuật. Ở Lagos, "xe ôm" là phương thức GTVT góp phần làm giảm suy thoái kinh tế và lạm phát năm 2007 do tạo ra gần 200.000 việc làm cùng năm [11].

Năm 2020, chính sách cấm xe máy tại TP. Phật Sơn (Trung Quốc) được ban hành nhằm buộc tất cả những người đi xe máy trong thành phố phải chuyển sang phương thức giao thông đi bộ, xe đạp, xe buýt hoặc ô tô. Cụ thể, những đối tượng người dân có thu nhập trung bình và cao ở Trung Quốc đã chuyển sang đi ô tô do giá xe ô tô ngày càng giảm và do thời gian di chuyển bằng đi bộ, xe đạp và xe buýt tăng lên trên cùng một hành trình [12]. Vì vậy, nếu áp dụng chính sách cấm xe máy ở Việt Nam, khả năng nhiều đối tượng người dân sẽ chuyển sang đi ô tô trong bối cảnh giá xe ô tô ở Việt Nam "ồ ạt giảm giá" [13] và năng lực kinh tế của người dân Việt Nam ngày càng cao [11]. Khi đó, tình trạng tắc nghẽn giao thông sẽ càng trầm trọng do diện tích chiếm dụng mặt đường của ô tô lớn hơn xe máy và tình trạng ô nhiễm môi trường có thể vẫn tiếp diễn do khí thải và tiếng ồn từ động cơ ô tô. Trên thực tế, tình trạng chuyển đổi sang sử dụng ô tô khi áp dụng chính sách cấm xe máy cũng đã xảy ra ở Myammar theo nghiên cứu của [7].

Đối tượng bị ảnh hưởng nhiều nhất từ chính sách cấm xe máy là những người có thu nhập trung bình và thấp. Ví dụ, việc cấm xe máy ở Nigeria đã cản trở việc đi lại của đối tượng sử dụng đường là các sinh viên đại học và cao đẳng do các ưu điểm nổi trội của xe máy và hạn chế về mặt tài chính của

đối tượng này. Việc cấm xe máy đã làm tăng thời gian đi lại của sinh viên bao gồm cả thời gian chờ đợi ở các bến xe buýt và gây căng thẳng cho giao thông công cộng bằng xe buýt, đặc biệt vào giờ cao điểm [7]. Do vậy, để giảm thời gian và chi phí đi lại cho người dân, các bãi đỗ xe và trạm trung chuyển đa phương thức cần được xây dựng khi lệnh cấm xe máy có hiệu lực. Tuy nhiên, giải pháp này là một thách thức lớn với Việt Nam do quỹ đất dành cho giao thông tĩnh là rất hạn chế ở các đô thị lớn.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Tuy thừa nhận rằng xe máy đã mang lại nhiều lợi thế về khai thác như khả năng cơ động và tính linh hoạt khi tham gia giao thông, khả năng tiếp cận, khả năng đáp ứng nhu cầu cao, tốc độ phục vụ tốt nhưng xe máy cũng làm gia tăng TNGT dẫn đến thương tích nghiêm trọng hoặc tử vong. Ngoài ra, hoạt động của xe máy đã làm gia tăng các vấn đề về quản lý giao thông, đặc biệt là "xe ôm" tự do, làm trầm trọng thêm tình trạng tội phạm, gia tăng ô nhiễm tiếng ồn và ô nhiễm không khí. Tuy nhiên, đối với vấn đề tạo công ăn việc làm, rất nhiều người sẽ phải chịu cảnh thất nghiệp khi cấm xe máy. Từ mất công ăn việc làm, có thể dẫn tới gia tăng số lượng tệ nạn xã hội và phát sinh các loại tệ nạn xã hội mới, gây tác động tiêu cực đến an ninh - an toàn khu vực.

Qua tổng hợp và phân tích, tác giả nhận thấy nguyên nhân quyết định việc thực thi chính sách cấm xe máy tại Benin và Lagos ở Nigeria là đảm bảo an ninh - an toàn khu vực. Lệnh cấm "xe ôm" ở Benin và Lagos đã làm giảm tỷ lệ các hoạt động tội phạm và làm giảm số lượng và mức độ nghiêm trọng của các vụ TNGT. Lệnh cấm xe máy ở Trung Quốc xuất phát từ lý do đảm bảo ATGT, giảm ô nhiễm môi trường và tăng cường an toàn - an ninh xã hội. Tuy nhiên, trong điều kiện cơ sở hạ tầng đường bộ và giao thông công cộng hiện nay ở Việt Nam, 70% người có thu nhập bình quân năm trên 500 triệu đồng vẫn sẽ sử dụng xe máy [3]. Vì vậy, cần tiến hành các nghiên cứu liên ngành để áp dụng chính sách cấm xe máy cho từng tỉnh thành, khu vực và/hoặc tuyến đường cụ thể để có thể đảm bảo phát huy các tác động tích cực và triệt tiêu/giảm thiểu các tác động tiêu cực của xe máy.

Để đảm bảo an sinh xã hội và giảm ùn tắc giao thông trong điều kiện cơ sở hạ tầng và giao thông công cộng hiện nay và trong tương lai gần ở Việt Nam, chỉ nên áp dụng chính sách cấm xe máy với từng khu vực/tuyến đường cụ thể, đồng thời cần tiến hành các giải pháp sau để hạn chế các tác động tiêu cực của xe máy:

- Kiểm soát chặt chẽ việc mua bảo hiểm xe máy, cụ thể với đối tượng "xe ôm công nghệ" nhằm mục đích nâng cao an toàn cho cả người lái, hành khách và những người tham gia giao thông khác;

- Tiến hành thử nghiệm cấm xe máy trong đô thị, cụ thể trên các tuyến đường đã vận hành tốt hệ thống đường sắt trên cao và hệ thống xe buýt BRT;

- Nghiên cứu xây dựng các bãi đỗ xe ngầm/cao tầng cho các khu vực/tuyến đường áp dụng chính sách cấm xe máy để đảm bảo khả năng chuyển tiếp giữa các phương thức giao thông trong khu vực hoặc trên các tuyến đường cấm xe máy;

- Không áp dụng lệnh cấm xe máy với đối tượng "xe ôm công nghệ" bởi đây cũng là một phương thức giao thông công cộng có nhiều ưu điểm, hơn nữa lại là một trong những phương thức vận tải công cộng tạo công ăn việc làm cho xã hội;

- Để đảm bảo nhu cầu đi lại của người dân, khả năng phát triển kinh tế - xã hội của đất nước và an ninh - an toàn khu vực, Chính phủ cần đẩy mạnh công tác hoàn thiện hệ thống giao thông công cộng, đặc biệt trong các đô thị lớn như Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh trước khi áp dụng chính sách cấm xe máy.

Tài liệu tham khảo

[1]. *https://vneconomy.vn/automotive/thi-truong-xe-may-viet-nam-2022-tang-truong-duong-nhung-dang-dan-bao-hoa.htm.*

[2]. Arve Hansen (2015), *Motorbike madness? Development and Two-wheel Mobility in Hanoi*, Asia in Focus.

[3]. *https://laodong.vn/kinh-doanh/70-nguoi-co-thu-nhap-500-trieu-tro-len-van-chon-di-xe-may-thay-vi-mua-o-to-634735.ldo.*

[4]. Vụ An toàn giao thông (Bộ GTVT) (2019), *Xây dựng chiến lược an toàn giao thông đối với xe máy và kế hoạch hành động: Một khởi đầu mới của Việt Nam,* Báo cáo cuối kỳ, Dự án TRN/FAC/12/006/REG.

[5]. Femi F. Asekhame & Michael D. Oisamoje (2013), *Ban on Commercial Motorcycle Operations in Benin City, Nigeria: An Appraisal of the Benefits and Business Opportunities*, ISSN 2224-607X (Paper) ISSN 2225-0565 (Online), vol.3, no.14.

[6]. National Highway Traffic Safety Administration [NHTSA] (2008), *Traffic Safety Facts 2008 Data- Motorcycles*, DOT HS 811 159.

[7]. Ayomide Famewo, Kayode Adeniji, Paul Onibaba & Olawale Osunwale (2020), *Impact Analysis of Ban of Commercial Motorcycle on Commuters in the University of Ibadan Campus*, ISSN 2224-607X (Paper) ISSN 2225-0565 (Online), vol.10, no.6.

[8]. Jingjing Chen, Qian Wang & Jie Huang (2021), *Motorcycle Ban and Traffic Safety: Evidence from a Quasi-Experiment at Zhejiang, China*, Journal of Advanced Transportation, Article ID 7552180.

[9]. Odugbesan J. Adetola (2016), *Impact of Commercial Motorcyle Operations Ban on the Users in Lagos Metropolis*, ISSN (Paper)2224-5766 ISSN (Online)2225-0484 (Online), vol.6, no.17.

[10]. *https://www.quangninh.gov.vn/pInChiTiet.aspx?nid=81145#:~:text=T%E1%BB%AB%20khi%20Grab%2C%20Uber%20v%C3%A0,kho%E1%BA%A3ng%20120.000%20t%C3%A0i%20x%E1%BA%BF%20GrabBike.*

[11]. *https://www.worldbank.org/vi/country/vietnam/overview.*

[12]. Yuntao Guo, Jian Wang, Srinivas Peeta & Panagiotis Ch. Anastasopoulos (2020), *Personal and societal impacts of motorcycle ban policy on motorcyclists'home-to-work morning commute in China*, Travel Behaviour and Society 19, pp.137-150.

[13]. *https://thanhnien.vn/o-to-tai-viet-nam-o-at-giam-gia-185230403212154402.htm.*

Ngày nhận bài: 17/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 21/8/2023
Người phản biện: TS. Chu Tiến Dũng
TS. Đặng Minh Tân

Vai trò của chất lượng dịch vụ đối với sự hài lòng của người học, nghiên cứu tại các trung tâm đào tạo lái xe ô tô ở TP. Hồ Chí Minh

■ **ThS. NGUYỄN VĂN THẮNG**
Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh
Email: otonguyenthang@gmail.com

TÓM TẮT: Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá tác động của chất lượng dịch vụ đối với sự hài lòng của người học lái xe ô tô tại các trung tâm đào tạo ở TP. Hồ Chí Minh. Thông qua việc khảo sát 850 học viên đang học tại các trung tâm và học viên đã tốt nghiệp đang làm việc tại các doanh nghiệp, dữ liệu được tác giả thu thập và phân tích bằng các công cụ thống kê gồm: đánh giá độ tin cậy Cronbach's Alpha, phân tích nhân tố khám phá (EFA), phân tích nhân tố khẳng định (CFA), mô hình cấu trúc tuyến tính (SEM) được sử dụng với sự trợ giúp của phần mềm SPSS và AMOS.

TỪ KHÓA: Sự hài lòng của người học, đào tạo lái xe ô tô, chất lượng đào tạo lái xe ô tô, sự hài lòng của người học lái xe ô tô.

ABSTRACT: This study was conducted to evaluate the impact of service quality on the satisfaction of car driving learners at training centers in Ho Chi Minh City. Ho Chi Minh. Through the survey of 850 students studying at centers and graduates working in enterprises. Data were collected and analyzed by the author using statistical tools including: reliability assessment Cronbach's Alpha, exploratory factor analysis (EFA), confirmatory factor analysis (CFA), structural model linearity (SEM) was used with the help of SPSS and AMOS software.

KEYWORDS: Learner satisfaction, car driver training, car driving training quality, car learner satisfaction.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm qua, nhìn chung, công tác đào tạo lái xe ở nước ta đang thực hiện ngày càng chặt chẽ, theo hướng tăng cường trách nhiệm, đảm bảo sự thống nhất, công khai, minh bạch, qua đó đã nâng cao chất lượng đào tạo lái xe. Tại TP. Hồ Chí Minh, trong thời gian qua đã có nhiều cơ sở đào tạo lái xe được thành lập. Các chương trình đào tạo được xây dựng, điều chỉnh dần phù hợp với thực tiễn và được áp dụng thống nhất trong toàn quốc.

Tuy nhiên, bên cạnh những kết quả đạt được đã có một số cơ sở đào tạo lái xe, đặc biệt là các trung tâm có hợp đồng đào tạo thực hiện chưa đầy đủ chương trình, một số môn học lý thuyết chưa được chú ý đúng mức. Vì vậy, việc nghiên cứu vai trò của chất lượng dịch vụ đối với sự hài lòng của người học, nghiên cứu tại các trung tâm đào tạo lái xe ô tô ở TP. Hồ Chí Minh là hết sức cần thiết.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU

2.1. Chất lượng dịch vụ đào tạo lái xe ô tô và sự hài lòng của người học

Theo Luật Giáo dục nghề nghiệp số 74/2014/QH13, đào tạo nghề được hiểu là hoạt động nhằm trang bị cho người lao động những kiến thức, kỹ năng và thái độ lao động cần thiết. Căn cứ theo Nghị định số 138/2018/NĐ-CP, hoạt động đào tạo nghề lái xe ô tô là dạy các kỹ năng thực hành hay kiến thức liên quan đến lĩnh vực lái xe ô tô, để người học lĩnh hội và nắm vững những tri thức, kỹ năng lái xe ô tô một cách có hệ thống để chuẩn bị cho người đó thích nghi với cuộc sống và khả năng đảm nhận được một công việc nhất định.

Theo Galeeva (2016), chất lượng dịch vụ trong lĩnh vực đào tạo khác với lĩnh vực sản xuất sản phẩm hữu hình, đồng thời cũng khác với các dịch vụ thông thường chỉ cần tương tác một lần là có thể quyết định giá trị của dịch vụ nhận được. Theo Chen và cộng sự (2007), các dịch vụ đào tạo thường vô hình và khó đo lường vì kết quả được phản ánh trong việc chuyển đổi của các cá nhân về kiến thức, đặc điểm và hành vi của họ. Vậy, chất lượng dịch vụ đào tạo là cảm nhận của người học về chất lượng dịch vụ mà nhà trường cung cấp có liên quan đến tất cả các khía cạnh như giảng viên, nhân viên hành chính, cơ sở hạ tầng, các dịch vụ hỗ trợ, các hoạt động ngoại khóa, danh tiếng nhà trường, sự phù hợp về chi phí đào tạo, tính công bằng.

Khái niệm về sự hài lòng cũng được mở rộng gần đây

đối với ngữ cảnh của đào tạo. Với quan điểm này, các nhà quản lý giáo dục nên hiểu rằng đảm bảo mức độ hài lòng cao bằng cách cung cấp dịch vụ giáo dục chất lượng là điều bắt buộc để giữ chân người học (Chen và cộng sự (2007)), bởi vì nhiều nghiên cứu cho thấy sự hài lòng của người học là yếu tố ảnh hưởng đến lòng trung thành của người học nhất. Vậy sự hài lòng của người học là mức độ hài lòng của người học với quyết định theo học tại trường, những trải nghiệm tại trường và sự hài lòng nói chung với trường đó.

2.2. Mô hình nghiên cứu sự hài lòng của người học đối với chất lượng đào tạo lái xe ô tô tại các trung tâm đào tạo ở TP. Hồ Chí Minh

Trong bối cảnh môi trường đào tạo lái xe ô tô tại Việt Nam nói chung và tại TP. Hồ Chí Minh nói riêng, cùng với tổng quan về các mô hình đo lường chất lượng dịch vụ đào tạo và sự hài lòng của người học, trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng kết hợp 3 mô hình để đo lường chất lượng dịch vụ đào tạo lái xe ô tô tại TP. Hồ Chí Minh: (1) mô hình HedPERF của Firdaus (2005); mô hình của Chen và cộng sự (2007) và (3) mô hình của Jain và cộng sự (2013). Các biến số phổ biến để đo lường: Chất lượng giáo viên, chất lượng chương trình đào tạo, cơ sở vật chất, chất lượng đội ngũ nhân viên hành chính, các dịch vụ hỗ trợ, tổ chức và quản lý đào tạo, cơ sở vật chất, danh tiếng đơn vị đào tạo và chi phí đào tạo.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

- Đánh giá độ tin cậy của thang đo:

Tiến hành khảo sát 850 bảng câu hỏi, kết quả thu về được 783 phiếu khảo sát, đạt tỷ lệ 92,12%. Kết quả kiểm tra và lọc phiếu, trong đó có 33 phiếu không hợp lệ. Sau khi loại bỏ các phiếu không hợp lệ, còn lại 750 phiếu khảo sát hợp lệ, tác giả sẽ tiến hành nhập dữ liệu vào chương trình SPSS để phân tích dữ liệu.

Bảng 2.1: Tóm tắt kết quả kiểm định Cronbach's Alpha của các thang đo

STT	Ký hiệu	Biến quan sát	Số biến	Cronbach's Alpha	Hệ số tương quan biến - tổng nhỏ nhất
1	CLGV	Đội ngũ giáo viên	8	0,901	0,636
2	CTDT	Chương trình đào tạo	5	0,876	0,635
3	CLNV	Nhân viên hành chính	6	0,877	0,655
4	DVHT	Các dịch vụ hỗ trợ	6	0,873	0,640
5	TCQL	Tổ chức và quản lý đào tạo	4	0,776	0,618
6	CSVC	Cơ sở vật chất	5	0,853	0,652
7	DTTT	Danh tiếng đơn vị đào tạo	4	0,845	0,623
8	CPDT	Chi phí đào tạo	3	0,833	0,678
9	CLDV	Chất lượng dịch vụ đào tạo	5	0,848	0,620
10	SHL	Sự hài lòng của người học	4	0,798	0,582

Nguồn: Kết quả phân tích dữ liệu của nhóm tác giả

Kết quả Cronbach's Alpha đã loại các biến $CTDT_1$, $CLNV_6$, $TCQL_1$, $TCQL_2$ do không đáp ứng yêu cầu. Còn lại hệ số Cronbach's Alpha của các thang đo đều > 0,6, các hệ số tương quan biến tổng của các biến quan sát trong thang đo đều lớn hơn 0,3 và không có trường hợp loại bỏ biến quan sát nào có thể làm cho Cronbach's Alpha của thang đo này lớn hơn.

- Phân tích nhân tố khám phá EFA:

Kết quả phân tích EFA lần 1 đã loại biến $CLNV_7$, $DTTT_1$ do không đáp ứng yêu cầu. Tiến hành phân tích EFA lần 2 cho kết quả với hệ số KMO = 0,916 > 0,5 nên phân tích nhân tố là phù hợp, đồng thời Sig (Bartlett's Test) = 0,000 (sig. < 0,05) chứng tỏ các biến quan sát có tương quan với nhau trong tổng thể. Tổng phương sai trích = 66,812% > 50%, chứng tỏ 66,812% biến thiên của dữ liệu được giải thích bởi 10 nhân tố (Hair & ctg, 1998).

- Phân tích nhân tố khẳng định CFA:

Kết quả kiểm định nhân tố CFA, cho thấy hệ số Chi-square/df = 1,634 < 2; GFI = 0,906 > 0,9; CFI = 0,963 > 0,9; RMSEA = 0,029 < 0,05 nên có thể nói là mô hình phù hợp

với dữ liệu khảo sát (Hair & ctg, 1998).

Trong phân tích CFA, để các yếu tố đạt độ tin cậy thì giá trị CR (Composite Reliability) của các yếu tố phải > 0,7, mô hình đạt được giá trị hội tụ khi CR >AVE (Average Variance Extracted) và AVE > 0,5, giá trị phân biệt của các yếu tố phải thỏa mãn 2 điều kiện MSV (Maximum Shared Variance) <AVE, ASV (Average Shared Variance) <AVE, đồng thời Hệ số tương quan giữa các khái niệm trên phạm vi tổng thể đều khác biệt so với 1, có ý nghĩa thống kê p ≤ 0,05 (Hair & ctg, 1998).

- Kiểm định mô hình nghiên cứu:

Kết quả ước lượng của mô hình nghiên cứu cho thấy mô hình này có các chỉ tiêu Chi-square/df = 1,635 < 2; GFI = 0,905 > 0,9; CFI = 0,963 > 0,9; RMSEA = 0,029 < 0,05 đều đạt yêu cầu, cho thấy mô hình xây dựng phù hợp với dữ liệu nghiên cứu (Hair & ctg, 1998).

4. KẾT LUẬN VÀ HÀM Ý GIẢI PHÁP

4.1. Kết luận

Tác giả chỉ ra các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng dịch vụ đào tạo lái xe ô tô tại các trung tâm đào tạo ở TP. Hồ Chí Minh chịu sự tác động của 8 yếu tố tiềm ẩn, với mức độ tác động được sắp xếp theo thứ tự giảm dần dựa trên nhận thức và kỳ vọng của người học: Các dịch vụ hỗ trợ (β = 0,203), cơ sở vật chất (β = 0,161), tổ chức và quản lý đào tạo (β = 0,152), đội ngũ giáo viên (β = 0,151), danh tiếng đơn vị đào tạo (β = 0,104), chi phí đào tạo (β = 0,097), nhân viên hành chính (β = 0,074), chương trình đào tạo (β = 0,072). Đồng thời, các yếu tố tác động đến sự hài lòng của người học được sắp xếp theo thứ tự giảm dần gồm: Chất lượng dịch vụ đào tạo (β = 0,286), các dịch vụ hỗ trợ (β = 0,153), cơ sở vật chất (β = 0,134), nhân viên hành chính (β = 0,128), chi phí đào tạo (β = 0,082), tổ chức và quản lý đào tạo (β = 0,060).

4.2. Hàm ý quản trị

Thông qua kết quả phân tích, các nhà quản trị sẽ ưu tiên để cải thiện một số các thuộc tính nhất định liên quan đến chất lượng dịch vụ đào tạo lái xe ô tô:

- Công tác hỗ trợ đầu vào cho người học: Tôn trọng học viên thể hiện ở việc biết cách cư xử công bằng, bình đẳng giữa các học viên, lắng nghe ý kiến phản hồi của học viên, biết khắc phục, ứng xử khéo léo, linh hoạt và làm hài lòng học viên.

- Đối với hoạt động đào tạo: Tiến hành kiểm tra, thanh tra người học để có kết quả khách quan. Các trung tâm phải nắm vững mục tiêu, nội dung và kế hoạch đào tạo của cơ sở đào tạo để có biện pháp chỉ đạo quá trình đào tạo phù hợp và kiểm tra đánh giá một cách hiệu quả.

- Về chương trình, giáo trình đào tạo: Sử dụng phương pháp dạy học tích cực, lấy học viên làm trung tâm, tăng cường sử dụng các mô hình học cụ thiết kế khoa học, thuận tiện cho việc triển khai và tiếp thu các bài giảng của giáo viên một cách hiệu quả nhất.

- Nâng cao chất lượng đội ngũ giáo viên giảng dạy: Tuyển chọn đội ngũ giáo viên lý thuyết và thực hành cần phải theo trình tự khoa học được quy định cụ thể trong các quy định của các trung tâm, với đầy đủ các tiêu chí về năng lực chuyên môn, kinh nghiệm giảng dạy, phẩm chất đạo đức, nhận thức chính trị.

- Xây dựng cơ sở vật chất, thiết bị đào tạo: Trung tâm cần đầu tư phương tiện tập lái, máy vi tính, mô hình lái mô phỏng, thiết bị giám sát hành trình xe... nhằm nâng cao năng lực cạnh tranh, tạo thương hiệu của các trung tâm, đặc biệt là chất lượng xe tập lái phải đảm bảo.

Tài liệu tham khảo

[1]. Ali, F.; Zhou, Y.; Hussain, K.; Nair, P.K.; Ragavan, N.A. (2016*), Does higher education service quality effect student satisfaction, image and loyalty?: A study of international students in Malaysian public universities*, Quality Assurance in Education, vol.24, Iss.1, pp.70-94.

[2]. Brokaw, A.J., Kennedy, W.A. and Merz, T.E. (2004), *Explaining student satisfaction*, Journal of Business Education, vol.5, no.1, pp.10-20.

[3]. C'erri, S (2012), *Assessing the quality of higher education services using a modified servqual scale*, Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica, 14(2).

[4]. Chen, C.Y., Sok, P. and Sok, K. (2007), *Benchmarking potential factors leading to education quality: A study of Cambodian higher education*, Quality Assurance in Education, 15(2), pp.128-48.

[5]. De Oliveira, O. J., & Ferreira, E. C. (2009, May), *Adaptation and application of the SERVQUAL scale in higher education*, Proceedings of POMS 20th annual conference, Orlando, FL.

[6]. Douglas, J., McClelland, R. and Davies, J. (2008), *The development of a conceptual model of student satisfaction with their experience in higher education*, Quality Assurance in Education, vol.16, no.1, pp.19-35.

[7]. Firdaus, F. (2005), *HEdPERF versus SERVPERF: The quest for ideal measuring instrument of service quality in higher education sector*, Quality Assurance in Education, vol.13, no.4, pp.305-328.

[8]. Phan Văn Hòa, Hoàng Hùng, Nguyễn Trí Lạc (2012), *Nâng cao chất lượng đào tạo lái xe ô tô tại Trường Trung học Giao thông vận tải Huế*, Tạp chí khoa học, Đại học Huế, tập 76A, số 7.

Ngày nhận bài: 07/6/2023
Ngày chấp nhận đăng: 28/6/2023
Người phản biện: PGS. TS. Trần Quang Phúc
TS. Nguyễn Thành Sa

Lý luận về phát triển vận tải hàng hóa đường bộ xanh

■ **ThS. NGUYỄN THỊ NHƯ; PGS. TS. TRẦN THỊ LAN HƯƠNG**(*)
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)huongttl@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Vận tải xanh (VTX) đã trở thành xu hướng phát triển chung của thế giới với mục tiêu hướng tới hoạt động vận tải thân thiện với môi trường, cải thiện chất lượng cuộc sống cũng như nâng cao hiệu quả các quá trình khai thác vận tải. Tại Việt Nam đã có nhiều nghiên cứu về VTX nhưng chủ yếu tập trung vào vận tải hành khách, logistics, trong khi đó các nghiên cứu về vận tải hàng hóa (VTHH) xanh còn hạn chế. Do vậy, cần thiết phải có những nghiên cứu cho vấn đề phát triển VTHH xanh, mà trước hết là các nghiên cứu lý luận để làm cơ sở triển khai những nghiên cứu thực trạng và đề xuất giải pháp cho tương lai. Bài báo tổng hợp và bổ sung thêm những hiểu biết của nhóm tác giả về phát triển VTHH xanh từ khái niệm đến nội dung và những rào cản của VTHH xanh.

TỪ KHÓA: Vận tải hàng hóa, vận tải xanh, giảm phát thải.

ABSTRACT: Green transport (GT) has become a common development trend of the world with the goal of environmentally friendly transport activities, improving the quality of life as well as enhancing the efficiency of transport activities. In Vietnam, there have been many studies on GT but mainly focused on passenger transport, logistics, meanwhile the research on green freight transport is still limited. Therefore, it is necessary to have research on developing green freight transport, and first of all, theoretical studies to serve as a basis for situation studies and proposing solutions for the future. The article synthesizes and complements the authors's understanding of GT development from concept to content and barriers of green transport.

KEYWORDS: Freight transportation, green transportation, emission reduction.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với sự phát triển của nền kinh tế - xã hội trên toàn cầu là các vấn đề về ô nhiễm môi trường, suy giảm hệ sinh thái tự nhiên, biến đổi khí hậu đến từ các lĩnh vực năng lượng, nông nghiệp, sử dụng đất và lâm nghiệp, chất thải và các quá trình công nghiệp. Ngành GTVT được liệt kê là một trong những tiểu lĩnh vực đóng góp vào ô nhiễm môi trường của lĩnh vực năng lượng, với mức đóng góp 24% lượng phát thải CO_2 toàn cầu và là lĩnh vực gây ô nhiễm carbon lớn thứ hai trên toàn thế giới. Trong đó, phần lớn khí thải liên quan đến GTVT đến từ các phương tiện giao thông đường bộ (carboncare.org). Theo nghiên cứu [1] thì vận tải đường bộ (VTĐB) là phương thức vận tải xếp thứ 2 (sau vận tải hàng không) về khối lượng khí thải CO_2 tính trên mỗi Tấn.Km vận chuyển. Do đó, cần thiết phải có những nghiên cứu nhằm thúc đẩy hoạt động VTHH nói chung và VTHH bằng đường bộ nói riêng theo hướng "xanh".

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về vấn đề VTX, trong đó các nghiên cứu tập trung mạnh mẽ vào lĩnh vực vận tải hành khách xanh, một số quốc gia phát triển cũng đã có những nghiên cứu nhằm giảm thiểu phát thải carbon trong lĩnh vực VTHH. Còn tại Việt Nam - một quốc gia đang phát triển, người dân còn quan tâm nhiều hơn đến các vấn đề kinh tế thì vấn đề xanh chưa thật sự được quan tâm, đặc biệt lại là trong lĩnh vực VTHH đường bộ. Để có thể có những nghiên cứu tiếp theo về việc phát triển VTX nói chung và phát triển VTHH xanh trong lĩnh vực VTĐB nói riêng tại Việt Nam, trước hết cần có những nghiên cứu lý luận về nội dung thế nào là phát triển VTX trong VTHH đường bộ, đâu là những giải pháp mà thế giới đã đề xuất cho lĩnh vực này và các rào cản trong việc phát triển xanh.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VỀ VTHH XANH

2.1. VTHH xanh

VTHH bằng ô tô là quá trình sử dụng phương tiện vận tải (PTVT) ô tô di chuyển vị trí của hàng hóa trong không gian và thời gian để nhằm thỏa mãn nhu cầu nào đó của con người. VTHH bằng ô tô đóng vai trò to lớn trong vấn đề lưu chuyển hàng hóa, đáp ứng nhu cầu của người dân và sự phát triển của nền kinh tế. Tuy nhiên, lĩnh vực này cũng tiêu thu một lượng năng lượng tương đối lớn (theo thông tin tại Hội nghị GTVT bền vững, Liên hợp quốc tại Bắc Kinh 2021, VTHH sử dụng 57% nhu cầu dầu hỏa và 28% tổng tiêu thụ năng lượng toàn cầu). Do đó, nhiều học giả, tổ chức đã nghiên cứu và đề cập đến thuật ngữ VTX.

[2] đã đề cập đến vấn đề xanh (giảm thải ô nhiễm môi trường) từ khái niệm về giao thông bền vững. Sự phát triển GTVT bền vững có thể được định nghĩa là khả năng đáp

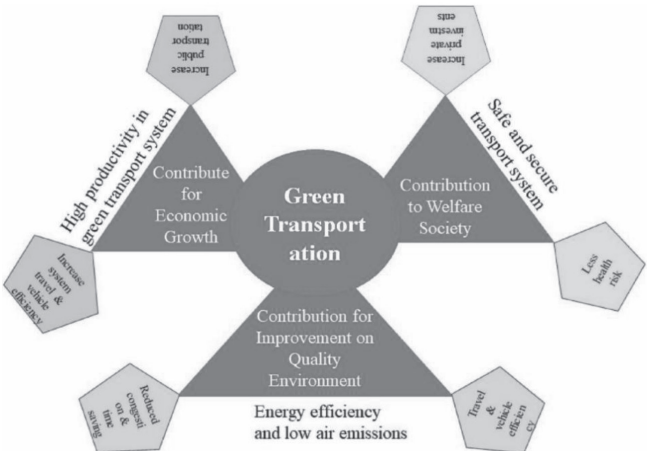
ứng nhu cầu di chuyển của xã hội ngày nay sao cho môi trường ít bị ô nhiễm nhất và nhu cầu di chuyển của thế hệ tiếp theo không bị suy giảm.

[3] đã đưa ra khái niệm: VTX có thể được định nghĩa là "dịch vụ vận tải có ít tác động tiêu cực đến sức khỏe con người và môi trường hơn so với các dịch vụ vận tải hiện có".

VTX có thể được coi là một công nghệ tổ hợp bao gồm việc sử dụng tối ưu nhiên liệu truyền thống, sử dụng hiệu quả các công nghệ xe điện, sử dụng khí sinh học làm nhiên liệu cho phương tiện và tăng cường giao thông công cộng [4].

Tại Việt Nam, VTX được đề cập tại TCCS 22: 2018/TCĐBVN, tuy nhiên không đưa ra khái niệm mà chỉ đề cập đến tập hợp các công nghệ và thực tiễn nhằm nâng cao hiệu quả của ngành vận tải và cung cấp phương pháp để đánh giá và theo dõi doanh nghiệp vận tải đạt xanh [5].

Tóm lại, có nhiều quan niệm khác nhau về VTX theo nhóm tác giả tổng hợp và định nghĩa lại thì: VTX là hoạt động vận tải ít tác động tiêu cực đến môi trường sống và môi trường tự nhiên của con người so với các hoạt động vận tải hiện có.



Hình 2.1: Các mục tiêu của VTX [1]

2.2. Phát triển VTX

Theo quan điểm triết học duy vật biện chứng, phát triển là một phạm trù dùng để chỉ "quá trình vận động tiến lên từ thấp đến cao, từ đơn giản đến phức tạp, từ kém hoàn thiện đến hoàn thiện hơn của sự vật" [6].

Ngân hàng Thế giới đưa ra định nghĩa kinh tế xanh là "phát triển kinh tế đảm bảo sử dụng hiệu quả các nguồn tài nguyên thiên nhiên, trong đó giảm thiểu ô nhiễm và tác động đến môi trường, tăng cường khả năng phục hồi trước biến đổi tự nhiên, đẩy mạnh vai trò của quản lý nhà nước về môi trường và nguồn lực tự nhiên trong việc ngăn ngừa các thảm họa từ thiên nhiên". Kinh tế xanh được thể hiện trên các lĩnh vực kinh tế như: nông - lâm - ngư nghiệp, sản xuất, GTVT, kiến trúc xây dựng, tài nguyên môi trường, du lịch sinh thái và các lĩnh vực khác của đời sống.

Dựa trên những mục đích chính của sự phát triển xanh và các khái niệm VTX, nhóm tác giả đưa ra khái niệm về phát triển VTHH xanh (VTX trong lĩnh vực VTHH) như sau: Phát triển VTX trong lĩnh vực VTHH là việc sử dụng hiệu quả các nguồn năng lượng, tăng cường sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo, giảm thiểu ô nhiễm và tác động đến môi trường thông qua lượng phát thải carbon thấp trong lĩnh vực VTHH, từ đó đóng góp cho sự phát triển kinh tế, phúc lợi xã hội.

Như vậy, phát triển VTX sẽ đạt được ba mục tiêu lớn, đó là:

1) Đóng góp cải thiện chất lượng môi trường thông qua việc sử dụng hiệu quả năng lượng và phát thải thấp; giảm tắc nghẽn giao thông; sử dụng hiệu quả PTVT;

2) Đóng góp cho phúc lợi xã hội thông qua việc sử dụng hiệu quả hệ thống GTVT, từ đó giảm các rủi ro về sức khỏe cho người dân;

3) Đóng góp cho sự phát triển kinh tế thông qua việc tăng cường sử dụng hệ thống GTVT công cộng, nâng cao năng suất phương tiện và lao động, tiết kiệm chi phí vận hành các quá trình vận tải.

2.3. Nội dung phát triển VTX trong VTHH bằng ô tô

Các tài liệu nghiên cứu trong và ngoài nước chỉ ra rằng VTX có thể đạt được thông qua các giải pháp chính, bao gồm:

1) Chuyển đổi PTVT:

Theo [7], xe điện sẽ đóng vai trò chính trong việc giảm một số tác động tiêu cực của giao thông đường bộ đối với sức khỏe con người, môi trường và khí hậu. Lượng phát thải khí nhà kính của xe điện thấp hơn khoảng 17 - 30% so với xe động cơ đốt trong. Việc sản xuất xe điện cũng được kỳ vọng sẽ trở nên hiệu quả hơn và sản xuất điện sạch hơn, hàng năm lượng khí thải trong vòng đời của một chiếc xe điện thông thường có thể giảm ít nhất 73% vào năm 2050.

Phương thức VTĐB chỉ đứng sau vận tải đường hàng không về mức độ phát thải CO_2, vậy nên chuyển đổi phương thức VTHH từ đường bộ sang đường thủy nội địa, đường ven biển và đường sắt là một trong những nội dung quan trọng trong việc tiết kiệm năng lượng, giảm khí thải gây ô nhiễm môi trường của ngành GTVT. [1]

2) Sử dụng nhiên liệu thay thế:

Việc nghiên cứu, sử dụng các loại nhiên liệu sinh học/khí đốt cho các PTVT nói chung và PTVT đường bộ nói riêng đã được coi là một trong các chiến lược quan trọng để giảm phát thải trong lĩnh vực GTVT. Nhiều nước trên thế giới đã và đang đưa ra các chính sách hỗ trợ phát triển nhiên liệu sinh học vì nhiều lý do như giảm thiểu lượng dầu nhập khẩu, đảm bảo an ninh năng lượng, giảm phát thải, giảm biến đổi khí hậu, như các nước tại châu Âu, Bắc Mỹ và Brazil, [8]

3) Sử dụng hiệu quả năng lượng:

Liên quan đến vấn đề PTVT, để có thể đạt được mục tiêu giảm phát thải carbon cần thiết loại bỏ các PTVT đã cũ và thay thế bằng các PTVT mới, có mức tiêu thụ năng lượng thấp hơn và có tiêu chuẩn khí thải đạt chuẩn Euro 4, 5 trở lên [8, 9].

Việc sử dụng hiệu quả năng lượng nhằm giảm phát thải

khí nhà kính, ô nhiễm môi trường còn được nhiều tác giả đề cập thông qua việc giải quyết tốt bài toán định tuyến trong giao hàng, đó là việc tìm ra các đường đi giữa các điểm giao nhận hàng hóa sao cho quãng đường xe chạy là ngắn nhất, tối ưu nhất về mặt tiêu hao năng lượng [9].

Ngoài ra, các giải pháp nhằm giảm quãng đường xe chạy rỗng cũng được đề cập trong các nghiên cứu của [1, 8, 9].

2.4. Các rào cản trong việc phát triển VTHH xanh bằng đường bộ

1) Các rào cản và thách thức về mặt pháp lý:

Sự gia tăng của dân số và sự phát triển kinh tế đòi hỏi sự phát triển mạnh mẽ của hoạt động VTHH như gia tăng về số lượng, chủng loại PTVT, những sự phát triển VTX cần có hệ thống cơ sở hạ tầng và phương tiện VTX. Trong khi đó, sự tham gia của công chúng cũng như các nhà hoạch định chính sách vào sự phát triển này là không chắc chắn. Các quy định về mặt pháp lý của nhiều bộ, ban, ngành, thậm chí là các điều ước, thỏa thuận quốc tế về các lĩnh vực khác nhau như mục tiêu tăng trưởng kinh tế, hợp tác vận tải, trao đổi hàng hóa đôi khi mâu thuẫn với sự đòi hỏi giảm lượng phát thải gây ô nhiễm môi trường từ hoạt động GTVT.

2) Các rào cản và thách thức về mặt thể chế:

Cơ chế chính sách về thuế khóa, trợ giá, cơ sở hạ tầng lỗi thời là những rào cản để tạo ra một hệ thống GTVT xanh. Bởi để có thể xanh hóa cần sự đồng bộ ở các đô thị, các địa phương, các quốc gia, các khu vực. Do đó, cần có sự tham gia của cả bộ máy thể chế ở tất cả các lĩnh vực, tránh việc đùn đẩy trách nhiệm ô nhiễm môi trường lên vai một ngành nghề, một lĩnh vực, một địa phương nào. Ví dụ: Việc sử dụng xe điện làm giảm phát thải CO_2 của ngành vận tải những có thể lại đẩy lượng phát thải của ngành năng lượng tăng lên.

3) Các rào cản và thách thức về mặt công nghệ:

Những công nghệ mới như nhiên liệu sạch, phương tiện sử dụng năng lượng điện, khí hóa lỏng, trạm sạc điện... là những công nghệ mới, chưa có được sự tín nhiệm từ người dùng so với những công nghệ năng lượng, phương tiện, vận hành hiện hữu. Do đó, sự phát triển công nghệ, sự chấp nhận công nghệ của người dùng trong lĩnh vực VTX cũng là một rào cản trong việc phát triển VTX.

4) Rào cản và thách thức về mặt tài chính:

Công nghệ xanh đòi hỏi một nguồn tài chính lớn cho vấn đề công nghệ, phương tiện, cơ sở hạ tầng, trong khi tại các quốc gia đang phát triển thì vấn đề kinh tế vẫn được quan tâm hơn so với những mục tiêu về mặt môi trường. Do đó, tài chính là một trong các rào cản để đạt được chiến lược xanh trong VTHH đường bộ.

5) Nhận thức của cộng đồng về VTX:

Người sử dụng phương tiện có xu hướng quan tâm đến độ tin cậy của phương tiện, tính an toàn của PTVT, đơn giá mua xe, chi phí nhiên liệu hơn là các vấn đề như mức độ phát thải, thuế phí khi đăng ký mua xe, do đó đây cũng là một trong các rào cản khi thúc đẩy VTX [10].

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã nghiên cứu, tổng hợp và làm phong phú thêm những cơ sở luận về phát triển VTHH xanh. Các nghiên cứu thực trạng vấn đề phát triển và khả năng áp dụng, triển khai các giải pháp nhằm xanh hóa hoạt động VTHH đường bộ tại Việt Nam cần có thêm những nghiên cứu tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

[1]. ALAN M c KINNON (2016), *Freight Transport in a Low Carbon World*.

[2]. Gro Harlem Brundtland (1987), *Brundtland Report*.

[3]. M. Björklund (Mar. 2011), *Influence from the business environment on environmental purchasing - Drivers and hinders of purchasing green transportation services*, *J*. Purch. Supply Manag., vol.17, no.1, pp.11-22, doi: 10.1016/j.pursup.2010.04.002.

[4]. C. T. Lee, H. Hashim, C. S. Ho, Y. V. Fan and J. J. Klemeš (Mar. 2017), *Sustaining the low-carbon emission development in Asia and beyond: Sustainable energy, water, transportation and low-carbon emission technology*, J. Clean. Prod., vol.146, pp.1-13, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.11.144.

[5]. Cục Đường bộ Việt Nam (2018), *Tiêu chuẩn cơ sở về tiêu chí doanh nghiệp kinh doanh dịch vụ VTHH đường bộ xanh*.

[6]. N. N. L. Nguyễn Ngọc Long (2006), *Giáo trình Triết học Mác-Lênin*, NXB. Chính trị, Việt Nam.

[7]. EEA (Apr. 27, 2023), *Electric vehicles* (accessed Jun. 09, 2023).

[8]. WB (Sep., 2019), *Addressing Climate Change in Transport: Volume 1 : Pathway to Low-Carbon Transport*, Viet Nam.

[9]. T. Meyer (Dec. 2020), *Decarbonizing road freight transportation - A bibliometric and network analysis*, Transp. Res. Part Transp. Environ., vol.89, p.102619, doi: 10.1016/j.trd.2020.102619.

[10]. K. J. Shah et al. (Dec., 2021), *Green transportation for sustainability: Review of current barriers, strategies, and innovative technologies*, J. Clean. Prod., vol.326, p.129392, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129392.

[10]. *https://www.carboncare.org/en/climate-change.html.*

[11].*https://www.statista.com/topics/7476/transportation-emissions-worldwide/.*

Ngày nhận bài: 02/7/2023
Ngày chấp nhận đăng: 21/8/2023
Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Thị Phương
PGS. TS. Vũ Trọng Tích

Xác định yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả quản lý đấu thầu tại các ban quản lý dự án đầu tư xây dựng cấp quận, huyện ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam

■ **ThS. HỒ ĐỨC TỴ**
Tổng công ty Xây dựng Công trình giao thông 6
■ **TS. NGUYỄN VĂN TIẾP(*); TS. NGUYỄN BÁ QUANG VINH**
Trường Đại học Quốc tế
Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh
■ **PGS. TS. TRẦN QUANG PHÚ**
Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh
Email: (*)nvtiep@hcmiu.edu.vn

TÓM TẮT: Nghiên cứu này nhằm mục đích đánh giá việc quản lý đấu thầu và lựa chọn nhà thầu xây lắp và đề xuất các giải pháp nhằm đem lại hiệu quả cao nhất tại các ban QLDA đầu tư xây dựng ở các quận, huyện thuộc khu vực đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam. Thông qua lược sử các nghiên cứu trước đây, thực trạng công tác quản lý đấu thầu, lựa chọn nhà thầu tại các ban QLDA, nhóm nghiên cứu xác định được 26 yếu tố ảnh hưởng (YTAH) sử dụng trong bảng khảo sát. Trong nghiên cứu này, 135 phiếu đã được gửi đi và nhận được phản hồi từ 105 đối tượng là những kỹ sư giàu kinh nghiệm. Thông qua phân tích nhân tố khám phá, 26 biến quan sát thuộc 4 nhóm YTAH được xác định và xếp hạng theo mức độ ưu tiên. Nghiên cứu cho thấy, chất lượng hồ sơ mời thầu là yếu tố quan trọng hàng đầu và có ảnh hưởng lớn nhất đến việc lựa chọn nhà thầu. Chất lượng hồ sơ mời thầu phụ thuộc vào mức độ tuân thủ pháp luật hiện hành và năng lực của ban QLDA cũng như tổ chức tư vấn và tổ chức thẩm định đấu thầu.

TỪ KHÓA: Quản lý dự án, quản lý đấu thầu, lựa chọn nhà thầu.

ABSTRACT: The purpose of this study is to evaluate the bidding management and contractor selection; and then propose solutions to improve the efficiency for construction project management units (PMUs) in the Mekong Delta region in Southern of Vietnam. From the literature review regarding the current status of procurement management, and contractor selection, the study identified 26 critical factors that were used in the questionnaire survey. In this research, 135 questionnaires were sent out and received 105 responses of experienced engineers. Through exploratory factor analysis (EFA), 26 observed variables belonging to 4 main groups were identified as well as ranked based on the important priority. The findings shows that the quality of bidding documents is the most important factor which has significant influence on the rate of successful contractor selection. The quality of the bidding documents highly depends on the compliance with the current law, the capacity of construction project management units and the professional competence of bidding consulting organizations.

KEYWORDS: Project management, bidding management, constractor selection.

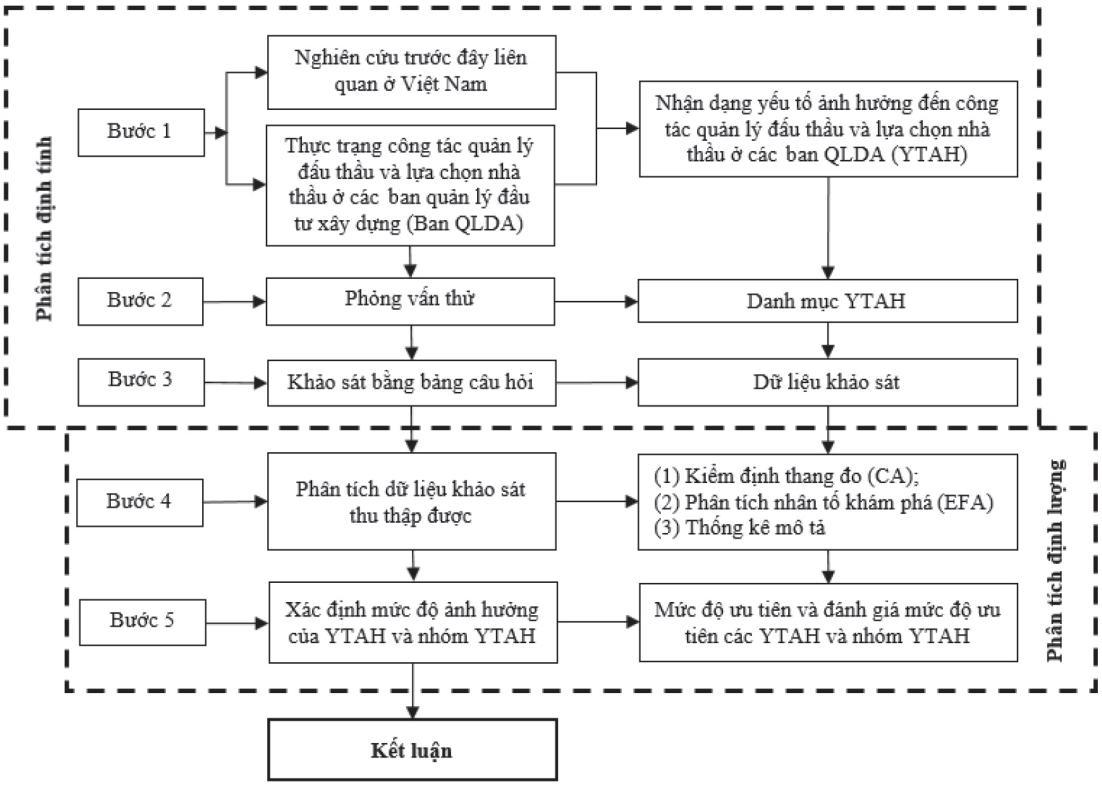
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lựa chọn nhà thầu bao gồm các phương thức chỉ định thầu và đấu thầu. Phương thức đấu thầu, bao gồm cả đấu thầu trực tiếp và đấu thầu qua mạng. Đấu thầu trong lĩnh vực xây dựng là quá trình cạnh tranh giữa những nhà thầu nhằm tìm được đơn vị thực hiện công trình đáp ứng các yêu cầu kinh tế và kỹ thuật đề ra cho việc xây dựng công trình. Đấu thầu là một phương thức vừa có tính khoa học, vừa có tính pháp lý, khách quan, mang lại hiệu quả cao, tạo sự cạnh tranh lành mạnh, công bằng và hợp pháp nhằm mang lại hiệu quả kinh tế trên thị trường xây dựng [1]. Đấu thầu là phương thức thúc đẩy lực lượng sản xuất phát triển, đẩy mạnh phát triển khoa học kỹ thuật trong xây dựng, đổi mới công nghệ thi công, từ đó góp phần tích cực thúc đẩy sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước.

Ban QLDA là đơn vị sự nghiệp nhà nước thuộc UBND quận, huyện, trực thuộc tỉnh hoặc thành phố, có chức năng quản lý, sử dụng vốn nhà nước để đầu tư xây dựng các công trình trên địa bàn quận, huyện và các nhiệm vụ khác do Nhà nước quy định. Do vậy, lựa chọn nhà thầu có đủ năng lực đóng vai trò rất quan trọng trong quá trình QLDA tại các ban. Tuy nhiên, thống kê gần đây cho thấy hoạt động quản lý đấu thầu và lựa chọn nhà thầu xây lắp chưa đạt hiệu quả cao ở những ban QLDA thuộc quận, huyện khu vực đồng bằng sông Cửu Long. Do đó, việc nghiên cứu và nâng cao công tác quản lý đấu thầu và lựa chọn nhà thầu là một đề tài phù hợp với tình hình hiện nay và có ý nghĩa thực tiễn và quan trọng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Quy trình thực hiện nghiên cứu



Hình 2.1: Quy trình nghiên cứu

Bước 1: Khảo sát các nghiên cứu trước đây ở Việt Nam liên quan đến công tác quản lý đấu thầu và lựa chọn nhà thầu ở các ban QLDA.

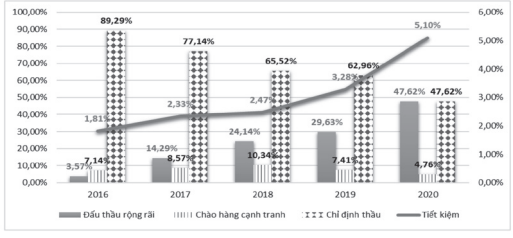
Bước 2: Phỏng vấn chuyên gia nhằm xác định danh mục các YTAH ở các ban QLDA.

Bước 3: Khảo sát đánh giá các YTAH theo thang đo Likert 5 cấp độ theo tứ tự tăng dần từ 1 đến 5 với số lượng mẫu n=5*m [2].

Bước 4: Phân tích dữ liệu thu thập được: (1) Kiểm định thang đo hệ số Cronbach's Alpha từ 0,6 trở lên [3] và hệ số tương quan biến tổng lớn hơn 0,3; (2) Phân tích nhân tố khám EFA với các tham số thống kê quan trọng (i) KMO với 0,5<KMO<1 [4], (ii) Kiểm định Bartlett [4]; (3) Chỉ số Eigenvalue [4]; (4) Phương sai trích [4]; (5) Hệ số tải nhân tố lớn hơn 0,55 được sử dụng để phân tích [4]; (6) Ma trận xoay với phép xoay Varimax.

Bước 5: Thống kê giá trị trung bình ý kiến đánh giá YTAH (Mean).

2.2. Thực trạng



Nguồn: Các Ban QLDA và Phát triển quỹ đất quận, huyện, thuộc TP. Cần Thơ [5]
Hình 2.2: Hiệu quả hoạt động đấu thầu giai đoạn 2016 - 2020

Dựa vào bảng số liệu tổng hợp, trong các năm từ 2016 đến 2020 ở các ban QLDA, tỷ lệ chỉ định thầu trên toàn bộ gói thầu giảm dần theo từng năm, từ 89,29% năm 2016 xuống 47,62% năm 2020. Tỷ lệ tiết kiệm từ hoạt động đấu thầu tăng dần theo từng năm, từ 1,81% năm 2016 lên 5,10% năm 2020. Trong các năm từ 2016 đến 2020, nguồn vốn đầu tư chủ yếu là nguồn ngân sách địa phương quản lý, các gói thầu xây lắp chủ yếu có quy mô nhỏ, áp dụng hình thức chỉ định thầu nên kinh phí tiết kiệm thông qua đấu thầu thấp. Càng về sau, áp dụng đấu thầu qua mạng nên tỷ lệ giảm giá thầu trong các gói thầu xây lắp của ban QLDA tăng lên đáng kể (từ 1,8% năm 2016 lên 5,10% năm 2020) và đã tiết kiệm cho Nhà nước một khoản ngân sách lớn.

2.3. Nhận dạng các YTAH

Khảo lược các nghiên cứu trước đây liên quan đến công tác quản lý đấu thầu và lựa chọn nhà thầu ở Việt Nam nói chung và ở các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long nói riêng, căn cứ các quy định pháp lý của Việt Nam hiện hành liên quan đến công tác đấu thầu, cùng phỏng vấn ý kiến chuyên gia (n =10), 27 YTAH thuộc 6 nhóm YTAH công tác quản lý đấu thầu và lựa chọn nhà thầu được nhận dạng gồm: F01 - Năng lực đơn vị mời thầu (ban QLDA); F02 - Năng lực đơn vị tư vấn hồ sơ mời thầu; F03 - Năng lực đơn vị thẩm định hồ sơ mời thầu; F04 - Chất lượng hồ sơ mời thầu; F05 - Đánh giá hồ sơ dự thầu; F06 - Thương thảo hợp đồng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thống kê mô tả đối tượng khảo sát

135 phiếu khảo sát được gửi đi theo phương pháp lấy mẫu thuận tiện gián tiếp qua email và trực tiếp bằng bản cứng. Số phiếu thu về 105 phiếu, chiếm 77,77% số phiếu gửi đi. 102 số phiếu hợp lệ, chiếm 75,55% số phiếu gửi đi. Kinh nghiệm người tham gia khảo sát trên 10 năm chiếm 37,3%, Trên 20 năm chiếm 8,8%. Giám đốc các cơ quan, ban, ngành được khảo sát chiếm 1,7%, trưởng các bộ phận chuyên môn chiếm 8,8%, chuyên gia trong lĩnh vực đấu thầu và thẩm định chiếm 2,0%. 70,0% là các chuyên viên và kỹ sư. Với vai trò chủ đầu tư và ban QLDA chiếm 29,4%. Các đơn vị tư vấn đấu thầu và thẩm định hồ sơ đấu thầu chiếm 30,4% tổng số người được khảo sát.

3.2. Phân tích độ tin cậy

Thang đo YTAH gồm 27 biến quan sát thuộc 6 nhóm YTAH, được kiểm định bằng hệ số Cronchbach's Alpha, có giá trị đều lớn hơn 0,6 và đủ tin cậy để phân tích dữ liệu.

Bảng 3.1. Độ tin cậy của thang đo bằng hệ số Cronbach's Alpha

Nhóm YTAH	Cronbach's Alpha (CA)
F01	0,771
F02	0,854
F03	0,878
F04	0,886
F05	0,910
F06	0,886

3.3. Phân tích nhân tố khám phá (EFA)

Phân tích chỉ số KMO và Kiểm định Bartlett cho thấy, trị số KMO là 0,904, đủ điều kiện đủ để phân tích nhân tố (0,5<KMO <1), nhân tố thích hợp với tập dữ liệu nghiên cứu. (2) Kiểm định Bartlett (Bartlett's test of sphericity) với Sig. Barlett's Test là 0,000 nên các biến quan sát trong nhân tố có tương quan với nhau, đạt yêu cầu về giá trị hội tụ. Phân tích nhân tố là phù hợp.

Kết quả tổng phương sai trích với phép trích PCA - Principal Components Analysis cho thấy: (1) Chỉ số Eigenvalue: 1,348, lớn hơn 1 và xác định được 4 nhân tố mang ý nghĩa tóm tắt thông tin tốt nhất; (2) Tổng phương sai trích: 70,383% ≥ 50%, cho thấy mô hình EFA của YTAH quản lý đấu thầu và lựa chọn nhà thầu là phù hợp. Như vậy, 4 nhóm nhân tố được trích giải thích được 70,383% biến thiên của dữ liệu các biến quan sát.

Dựa vào kết quả ma trận xoay, một số biến hội tụ ở nhân tố khác ban đầu. Yếu tố TT16 "Điều kiện cụ thể của hợp đồng" không hội tụ và không giải thích cho nhóm nào, do đó bị loại. 26 YTAH còn lại hội tụ dựa trên sự tương quan của các biến được phân loại và giải thích thông qua *Bảng 3.2.*

Bảng 3.2. Nhóm nhân tố ảnh hưởng

ID	Nhóm YTAH	YTAH
F01	Chất lượng hồ sơ mời thầu	DG22, CL14, CL17, DG21, DG20, DG18, TV06, CL15, CL13, DG19
F02	Năng lực tư vấn và thẩm định	TD12, TV08, TD09, TD11, TV07, TV05, TD10
F03	Thưởng thảo hợp đồng	TT25, TT27, TT26, TT24, TT23
F04	Năng lực đơn vị mời thầu	MT04, MT01, MT02, MT03

3.4. Xác định mức độ ảnh hưởng và thảo luận kết quả nghiên cứu

Bảng 3.3. Mức độ ưu tiên các YTAH

	N	Mean	Std. Deviation	Rank
MT03. Tuân thủ các qui định về đấu thầu xây lắp	102	4,51	,609	1
CL14. Tiêu chuẩn đánh giá lựa chọn nhà thầu	102	4,38	,797	2
DG21. Tiêu chí đánh giá năng lực tài chính của nhà thầu tham gia	102	4,33	,775	3
MT02. Am hiểu về nội dung gói thầu xây lắp	102	4,32	,692	4
CL17. Yêu cầu về mặt kỹ thuật - tài chính - nhân sự - thiết bị	102	4,31	,689	5
DG20. Tiêu chí đánh giá uy tín, năng lực và kinh nghiệm của nhà thầu	102	4,31	,758	6
DG18. Tính hợp lệ của hồ sơ dự thầu	102	4,26	,674	7
DG19. Tính trung thực của hồ sơ dự thầu	102	4,26	,832	8
DG22. Tiêu chí đánh giá nhân sự, máy móc thiết bị tham gia gói thầu	102	4,25	,801	9
TT24. Trách nhiệm giữa các bên liên quan	102	4,25	,801	10

Bảng 3.4. Nhóm YTAH

ID	Nhóm YTAH	Mean	Rank
F01	Chất lượng hồ sơ mời thầu	4,27	1
F04	Năng lực ban QLDA đầu tư xây dựng	4,25	2
F02	Năng lực tư vấn và thẩm định	4,11	3
F03	Thương thảo hợp đồng	3,96	4

Nghiên cứu xác định các YTAH và mức độ ảnh hưởng của những yếu tố này đến công tác quản lý đấu thầu và lựa chọn nhà thầu ở các ban QLDA ở các quận, huyện ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long. Kết quả cho thấy 26 YTAH hội tụ và giải thích cho 4 nhóm YTAH. Trong đó, Nhóm F01 "chất lượng hồ sơ mời thầu" có mức độ ảnh hưởng lớn nhất, là yếu tố quan trọng đảm bảo hiệu quả của việc lựa chọn nhà thầu. Hồ sơ mời thầu được chuẩn bị kỹ và đầy đủ thông tin về phạm vi công việc, yêu cầu tiêu chuẩn chất lượng, tiến độ cung cấp cho nhà thầu thông tin cần thiết để đề xuất giá thành, tiến độ thi công hợp lý. Đồng thời, Hồ sơ mời thầu chất lượng là cơ sở xác định được các tiêu chuẩn đánh giá lựa chọn nhà thầu (CL14) với các tiêu chí như: đánh giá về năng lực kỹ thuật, tài chính và nhân sự cũng như uy tín và kinh nghiệm của nhà thầu (CL17, DG21, DG20, DG22) phù hợp với đặc điểm của gói thầu xây lắp cần mời thầu cũng như khuyến khích và thu hút được sự quan tâm của các nhà thầu có năng lực tham gia, tạo được sự cạnh tranh công bằng và minh bạch. Từ đó, chủ đầu tư có thể lựa chọn được nhà thầu có năng lực, kinh nghiệm và giá chào thầu phù hợp, tránh phát sinh các vấn đề trong quá trình thực hiện dự án.

- YTAH TV06: "Có năng lực và kinh nghiệm tham gia tư vấn đấu thầu: (Mean=4,24) hội tụ và giải thích cho nhóm F01 cho thấy rằng, chất lượng hồ sơ mời thầu bị ảnh hưởng ở mức độ rất cao bởi năng lực của tư vấn đấu thầu. Tổ chức tư vấn đấu thầu với cá nhân hoặc chuyên gia có năng lực và kinh nghiệm sẽ tư vấn lựa chọn phương thức đấu, chuẩn bị hồ sơ mời thầu; các thủ tục và hoạt động liên quan đến công tác lựa chọn nhà thầu đúng với quy định của pháp luật, chuẩn mực và đảm bảo các yêu cầu về chất lượng, tính khả thi, minh bạch, công bằng và hiệu quả. Ngoài ra, các tổ chức tư vấn đấu thầu có năng lực cao sẽ giúp chủ đầu tư tối ưu hóa quá trình đấu thầu, từ đó đảm bảo chọn ra nhà thầu có đề xuất giá cả, chất lượng và thời gian thực hiện tốt nhất phù hợp với dự án.

- Nhóm YTAH F04: Năng lực ban QLDA (Mean=4,25) xếp hạng thứ hai về mức độ ảnh hưởng cho thấy năng lực ban QLDA đóng vai trò rất quan trọng trong công tác quản lý và lựa chọn nhà thầu. Ban QLDA với nhân sự có nhiều kinh nghiệm và năng lực cao sẽ giúp cho việc đánh giá và lựa chọn tư vấn đấu thầu có năng lực và kinh nghiệm tốt để thực hiện các thủ tục đấu thầu và lập hồ sơ mời thầu chất lượng. Xác định mức độ và yêu cầu cũng như thẩm định năng lực của nhà thầu. Bên cạnh đó, trong quá trình thương thảo hợp đồng ban QLDA sẽ tối ưu hóa các điều kiện trong hợp đồng được thiết kế một cách chính xác và hợp lý cũng như các điều kiện đảm bảo rủi ro. Xử lý các tình huống đấu thầu hiệu quả, phù hợp với các bên tham gia đấu thầu và tuân theo pháp luật hiện hành.

4. KẾT LUẬN

Với mục tiêu xác định và đánh giá mức độ ảnh hưởng của các YTAH cũng như các nhóm YTAH đến công tác quản lý đấu thầu và lựa chọn nhà thầu tại các ban QLDA đầu tư xây dựng ở các quận, huyện khu vực đồng bằng sông Cửu Long, 26 biến quan sát thuộc 4 YTAH được xác định và xếp hạng, đánh giá. Biến quan sát MT03 - "Tuân thủ các qui định về đấu thầu xây lắp" (Mean=4,51) có mức độ ảnh hưởng cao nhất. Tiếp theo, hai biến quan sát CL14 - "Tiêu chuẩn đánh giá lựa chọn nhà thầu" (Mean=4,38) và DG21 - "Tiêu chí đánh giá năng lực tài chính của nhà thầu tham gia" (Mean=4,33) lần lượt xếp thứ 2 và thứ 3. Nhóm YTAH F01 - "Chất lượng hồ sơ mời thầu" được đánh giá có mức độ ảnh hưởng lớn nhất đến việc lựa chọn nhà thầu. Tiếp theo ở vị trí thứ hai là yếu tố F04 - "Năng lực Ban QLDA ĐTXD". Ở vị trí thứ 3 và thứ 4 lần lượt là các yếu tố F02 - "Năng lực tư vấn và thẩm định" và F03 - "Thương thảo hợp đồng". Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, chất lượng hồ sơ mời thầu trong việc lựa chọn nhà thầu; năng lực của ban QLDA cũng như tư vấn và thẩm định hồ sơ đấu thầu trong công tác quản lý đấu thầu và lựa chọn nhà thầu đóng vai trò vô cùng quan trọng.

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, để nâng cao hiệu quả cũng như hạn chế ảnh hưởng của các yếu tố đến công tác quản lý đấu thầu và lựa chọn nhà thầu tại các ban QLDA, một số ý kiến được đề xuất như sau: (1) Nâng cao năng lực nhân sự của ban QLDA cũng như tổ chức tư vấn và tổ chức thẩm định hồ sơ đấu thầu; (2) Áp dụng công nghệ thông tin như sử dụng các phần mềm QLDA, báo giá để tăng cường hiệu quả trong việc mời thầu; (3) Tăng tỷ lệ lựa chọn nhà thầu qua mạng; (4) Tăng cường sự giám sát và trao đổi thông tin của các ban QLDA trong quá trình đấu thầu để đảm bảo quá trình mời thầu diễn ra đúng quy trình, đảm bảo tính minh bạch và công bằng; (5) Thúc đẩy sự tham gia của các nhà thầu địa phương trong các gói thầu có giá trị nhỏ có thể giúp tăng cường tính cạnh tranh và giảm chi phí; (6) Tuân thủ pháp luật và thực hiện các biện pháp phòng chống tham nhũng.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này nhận được sự giúp đỡ và hỗ trợ của Ban QLDA và Phát triển quỹ đất Thốt Nốt, TP. Cần Thơ và các kỹ sư của các ban QLDA, nhà thầu, tư vấn ở các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long.

Tài liệu tham khảo

[1]. Quốc hội nước CHXHCN Việt Nam (2013), *Luật Đấu thầu số 43/2013/QH13 ngày 26/11/2013.*

[2]. Kline, P. (2014), *An easy guide to factor analysis, Routledge.*

[3]. H. Trọng và C.M. Ngọc (2008), *Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS*, *T.2, Dùng với SPSS phiên bản 11.5, 13, 14, 15, 16*, Hồng Đức.

[4]. Yong, A.G. and Pearce, S. (2013), *A beginner's guide to factor analysis: Focusing on exploratory factor analysis*, Tutorials in quantitative methods for psychology, 9(2), pp.79-94.

[5]. *Báo cáo công tác lựa chọn nhà thầu tại ban QLDA giai đoạn 2016 - 2020.*

[6]. Quốc hội (2014), *Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 ngày 18/6/2014.*

[7]. *Thông tư số 03/2015/TT-BKHĐT ngày 06/5/2015 của Bộ Kế hoạch và Đầu tư về việc quy định chi tiết lập hồ sơ mời thầu xây lắp.*

[8]. *Thông tư liên tịch số 07/2015/TTLT-BKHĐT-BTC ngày 08/9/2015 của Bộ Kế hoạch và Đầu tư và Bộ Tài chính Quy định chi tiết việc cung cấp, đăng tải thông tin về đấu thầu, lựa chọn nhà thầu qua mạng.*

[9]. *Thông tư số 10/2015/TT-BKHĐT ngày 26/10/2015 của Bộ Kế hoạch và Đầu tư Quy định chi tiết về kế hoạch lựa chọn nhà thầu.*

[10]. *Thông tư số 23/2015/TT-BKHĐT ngày 21/12/2015 của Bộ Kế hoạch và Đầu tư quy định chi tiết lập báo cáo đánh giá hồ sơ dự thầu.*

[11]. *Thông tư số 04/2017/TT-BKHĐT ngày 15/11/2017 của Bộ Kế hoạch và Đầu tư Quy định chi tiết về lựa chọn nhà thầu qua Hệ thống mạng đấu thầu Quốc gia.*

Ngày nhận bài: 25/6/2023
Ngày chấp nhận đăng: 17/7/2023
Người phản biện: TS. Huỳnh Thị Yến Thảo
ThS. Nguyễn Minh Đức

Có nên cắt giảm đèn chiếu sáng đường cao tốc?

■ **PGS. TS. TỐNG TRẦN TÙNG; ThS. ĐỖ HOÀNG THẠCH**

Nhiều nước không lắp đèn chiếu sáng trên cao tốc ngoài đô thị, mà chỉ sử dụng thiết bị phản quang để dẫn đường cho tài xế nhằm tránh lóa mắt khi đèn đường tán xạ ánh sáng. Khi lắp đèn cao áp để chiếu sáng trên cao tốc, các chuyên gia cho biết tác hại nhiều hơn là lợi ích. Cảm quan ban đầu cho thấy nhiều đèn để nhìn rõ mọi vật sẽ tốt hơn là không có đèn, nhưng điều đó chỉ đúng khi đứng yên hoặc chạy với tốc độ thấp như trong đô thị, với tốc độ cao thì ngược lại. Ngoài phản tác dụng còn gây thiệt hại về kinh tế làm cho tổng mức đầu tư các dự án tăng lên. Dưới đây là một số kinh nghiệm của một số nước về sử dụng đèn chiếu sáng trên đường cao tốc.

"CHIẾU SÁNG ĐƯỜNG CAO TỐC: CÀNG ÍT ÁNH SÁNG, TẦM NHÌN CÀNG XA"

Đó là tiêu đề bài viết gần đây của tác giả Ralf Wiegand trên tờ *"Sueddeutsche Zeitung" [1]*. Trước đây, do quan niệm của từng quốc gia và các lập luận không thống nhất nên việc chiếu sáng trên đường ô tô cao tốc của từng nước cũng rất khác nhau. Các nước như Đức, Hoa Kỳ... qui định về nguyên tắc chỉ bố trí chiếu sáng vào ban đêm cho đường cao tốc đô thị, còn đường cao tốc ngoài đô thị thì chỉ bố trí ở những chỗ ra, vào và đường hầm. Ảnh dưới đây trên đường cao tốc liên bang số 5 của nước Mỹ ngay tại cửa ngõ của TP. Los Angeles cho thấy hệ thống chiếu sáng tại những vị trí như thế này cũng được bố trí rất ít *(Ảnh 1)*. Một số nước khác như Anh, Pháp... thì qui định thêm việc chiếu sáng cho tất cả các nút giao liên thông.

Ảnh 1: Đường cao tốc số 5 tại cửa ngõ TP. Los Angeles

Cũng có một số nước như Bỉ, Luxembourg, Tiểu Vương quốc Ả Rập hay Thổ Nhĩ Kỳ... thì hầu như tất cả đường ô tô cao tốc trước đây đều được chiếu sáng vào ban đêm. Tuy vậy, với xu thế tiết kiệm năng lượng, giảm chi phí bảo trì và giảm hiệu ứng ánh sáng nhân tạo làm ô nhiễm môi trường tự nhiên - còn được gọi là hiệu ứng ô nhiễm ánh sáng và nhất là qua kết quả nghiên cứu về TNGT về ban đêm trên đường cao tốc, từ nhiều năm nay, những quốc gia này đã cắt bớt, dỡ bỏ hệ thống chiếu sáng này.

** Đức:* Một trong hai quốc gia đầu tiên trên thế giới xây dựng đường ô tô cao tốc từ thập kỷ thứ ba của thế kỷ 20 đã quy định rất chặt chẽ trong hệ thống Richtline (quy chuẩn), việc bố trí chiếu sáng cho loại hình công trình giao thông đặc thù này như trên đã đề cập. Tuy vậy, không phải lúc nào quy định này cũng được xã hội đồng thuận. Liên đoàn Bảo hiểm trách nhiệm dân sự, TNGT và xe ô tô của CHLB Đức (HUK-Verband) đã nhiều lần yêu cầu phải chiếu sáng cho đường cao tốc và đưa ra các luận cứ nào là tai nạn gia tăng vào ban đêm do không bố trí chiếu sáng, nào là chi phí để lắp đặt hệ thống chiếu sáng chỉ chiếm 3% chi phí xây dựng đường, rằng theo luật giao thông chỉ được sử dụng đèn gầm có cự ly chiếu sáng 30 - 35 m thì tốc độ chạy xe cũng chỉ được 30 - 35 km/h, như vậy thì xây dựng đường cao tốc tốn kém mà không phát huy được hiệu quả... Sau một thời gian dài tranh luận, năm 1968, Bộ trưởng Bộ GTVT CHLB Đức Georg Leber đã thẳng thừng bác bỏ yêu cầu này. Theo tính toán của ông, chi phí bảo trì cho chiếu sáng đường cao tốc một năm sẽ lên đến gần 100 triệu mác cho 4.000 km đường cao tốc của nước Đức lúc bấy giờ. Thực tiễn vận hành khai thác đường cao tốc của Đức đã chứng tỏ quyết định của ông là đúng đắn.

Hiện nay, mạng đường ô tô cao tốc của nước Đức có tổng chiều dài hơn 13.000 km và vẫn như 46 năm trước đây, chủ yếu không được bố trí chiếu sáng ban đêm. Vào những năm 70 của thế kỷ 20 đã có những đoạn tuyến đi qua các khu đô thị, dân cư đông đúc hoặc tại các chỗ ra vào được cho là nguy hiểm được bố trí chiếu sáng. Tuy vậy, điều này đang được Bộ GTVT CHLB Đức điều chỉnh theo hướng giảm tối đa việc bố trí chiếu sáng tại các vị trí này. Kết quả là hệ thống chiếu sáng đoạn tuyến nối 2 thành phố Bonn và Köln hiện nay đã ngừng hoạt động, còn ở bang Hessen chỉ còn duy nhất trên đoạn tuyến của đường cao tốc A3 đi sát sân bay Frankfurt là còn được chiếu sáng vào ban đêm và chi phí duy trì việc chiếu sáng này là do sân bay đảm nhận [1].

** Pháp:* Bắt đầu thử nghiệm tắt đèn trên đường cao tốc A16 nối vùng Nord-pas-de-Calais với Vương quốc Bỉ từ năm 2007. Được mệnh danh là "kinh đô ánh sáng", nhưng từ năm 2010, đường cao tốc vành đai của Paris cũng đã thử nghiệm tắt đèn vào ban đêm để tiết kiệm điện và giảm khí thải CO_2. Kết quả thật bất ngờ, Cục Đường bộ vùng Île (DIRIF: Direction des routes Île-de-France, bao gồm Paris và các vùng phụ cận) cho biết, tắt đèn trên đường cao tốc vành đai này đã giảm được 30% số vụ tai nạn [2].

** Bỉ:* Với kế hoạch dỡ bỏ, cắt giảm đèn chiếu sáng trên đường cao tốc từ năm 2011, đây là quốc gia có mạng đèn chiếu sáng đường cao tốc thuộc vào hàng hoành tráng nhất thế giới với ít nhất 335.000 bóng đèn cao áp được lắp trên 150.000 cột đèn chiếu sáng suốt đêm trên các tuyến cao tốc. Chỉ tính riêng cho vùng Wallonie nói tiếng Pháp của Bỉ với 860 km đường cao tốc thì 750 km được chiếu sáng vào

năm 2010 đã ngốn hết một khoản ngân sách lên đến 9,5 triệu Euro tiền điện cho hệ thống chiếu sáng này. Viện Nghiên cứu về An toàn đường bộ của Bỉ (IBSR) còn công bố kết quả khảo sát cho thấy việc chiếu sáng đường cao tốc vào ban đêm không những gây tốn kém ngân quỹ, mà còn gây ra những ảo giác mất an toàn cho lái xe. Số liệu thống kê so sánh còn cho thấy chiếu sáng vào ban đêm trên đường cao tốc còn gây ra nhiều tai nạn hơn do lái xe cho rằng có đèn chiếu sáng sẽ an toàn nên ít tập trung quan sát hơn [1, 3].

* *Hà Lan:* Từ tháng 10/2012, Hà Lan bắt đầu thử nghiệm không bật hệ thống chiếu sáng vào ban đêm trên đường cao tốc thuộc tỉnh Flevoland. Đến đầu tháng 1/2013, Bộ Giao thông Hà Lan đã quyết định tất cả các tuyến cao tốc nối liền các thành phố sát nhau dày đặc dân cư thuộc các tỉnh từ Bắc xuống Nam như Limburg, Utrecht, Brabant... đều không bật đèn vào ban đêm trừ các nút giao, đường hầm và các lối ra vào đường cao tốc được cho là nguy hiểm. Tính toán cho thấy, sau 5 năm triển khai quyết định này, Hà Lan tiết kiệm được 1,64 tỷ Euro. Các nhà hoạt động chống ô nhiễm ánh sáng, chống phá vỡ cân bằng của thiên nhiên do chiếu sáng đường cao tốc vào ban đêm ở Hà Lan đã nhiệt liệt hoan nghênh quyết định này [4].

CHIẾU SÁNG ĐƯỜNG CAO TỐC CỦA VIỆT NAM THEO QUY ĐỊNH CỦA CÁC TIÊU CHUẨN

Theo Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô cao tốc của Việt Nam TCVN 5729 - 1997 trước đây và TCVN 5729 - 2012 hiện hành chỉ yêu cầu "bố trí chiếu sáng cho đường cao tốc ngoài đô thị tại khu vực có trạm thu phí đường và trong hầm" và khuyến cáo "nên bố trí chiếu sáng trong phạm vi các chỗ giao nhau liên thông, ở các đoạn ra khỏi đường cao tốc gặp một đoạn đường có chiếu sáng được nối với đường cao tốc, hoặc đoạn qua một vùng có chiếu sáng (khu công nghiệp, sân bay...), ở bên phải các trạm phục vụ kỹ thuật và ở các biển báo chỉ dẫn quan trọng (khi không có điều kiện sử dụng các biển báo hộp có đèn tự chiếu sáng)".

Đối với đường cao tốc đô thị, đường phố, quảng trường đô thị, TCXDVN 259 - 2001, mục 4.1, bảng 2, phân cấp đường cao tốc đô thị thuộc cấp độ chiếu sáng loại A và định nghĩa cao tốc đô thị như sau: "liên hệ giữa các khu của đô thị loại I, giữa các đô thị và các điểm dân cư trong hệ thống chuỗi đô thị, tổ chức giao thông khác cao độ với tốc độ tính toán 120 km/h".

THỰC TRẠNG CHIẾU SÁNG TRÊN MỘT SỐ TUYẾN CAO TỐC ĐÃ XÂY DỰNG Ở NƯỚC TA

Mặc dù các tiêu chuẩn thiết kế và chiếu sáng đường cao tốc của Việt Nam được biên soạn trên cơ sở nghiên cứu và tham khảo các tiêu chuẩn của các nước phát triển trên thế giới đã quy định chặt chẽ, hợp lý việc chiếu sáng cho đường cao tốc nhưng thực tế một số tuyến cao tốc được xây dựng trong thời gian qua đã được bố trí chiếu sáng khá tốn kém. Người ta viện các lý do như nhiều đoạn là đường đi qua khu đông dân cư, khu đô thị, có tuyến là nối đô thị và các điểm dân cư trong hệ thống chuỗi đô thị, trên cầu, kể cả hàng chục cây số cầu cạn... để thiết kế và lắp đặt hệ thống chiếu sáng sao cho hoành tráng nhất theo những đề xuất cảm tính, phi kỹ thuật của một số người có quyền hành trong việc quyết định phê duyệt kinh phí cho hạng mục này.

Xin được lấy ngay đoạn tuyến cao tốc đầu tiên ở nước ta (cao tốc TP. Hồ Chí Minh - Trung Lương) làm ví dụ. Căn cứ vào các quy định của Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô cao tốc TCVN 5729-97, tại thời điểm chuẩn bị xây dựng thì chi phí cho hạng mục cây xanh và chiếu sáng cho đoạn tuyến cao tốc TP. Hồ Chí Minh - Trung Lương ở bước nghiên cứu khả thi được phê duyệt chỉ khoảng 50 tỷ đồng. Thế nhưng, đến bước thiết kế bản vẽ thi công, kinh phí này bị đội lên thành một con số hàng trăm tỷ đồng.

Thế nhưng chỉ, sau một thời gian ngắn được chiếu sáng long lanh, rực rỡ..., đơn vị khai thác bảo trì không chịu nổi tiền điện nên hệ thống đèn này bị cắt giảm dần và từ nhiều năm nay gần như không còn hoạt động.

Ảnh 2: Hệ thống chiếu sáng trên đoạn tuyến cao tốc TP. Hồ Chí Minh - Trung Lương

Tương tự là tuyến cao tốc Láng - Hòa Lạc, phải nói khi mới khánh thành đưa vào khai thác đây là một rừng đèn. Có thể người ta đã căn cứ vào TCXDVN 259-2001 để bố trí chiếu sáng cho tuyến cao tốc này. Quả thật là rất lung linh, hoành tráng, nhưng hiệu quả kinh tế kỹ thuật thì chắc chắn là rất thấp, thậm chí có điểm còn phản tác dụng. Chiếu sáng của đèn đường sẽ tạo ra hiệu ứng tán xạ ánh sáng, dễ làm cho các lái xe lóa mắt, dẫn đến khó nhận biết được các biển báo giao thông, các vạch chỉ đường và chướng ngại vật trên đường. Với hơn 20 năm kinh nghiệm lái xe, mỗi lần đi trên tuyến Láng - Hòa Lạc, chúng tôi thấy rất rõ khi đi qua những đoạn "bị" tắt bớt hoặc tắt hẳn các dãy đèn chiếu sáng, dưới ánh đèn trực tiếp của ô tô, vạch kẻ phân làn bằng sơn phản quang sáng hơn hẳn so với các đoạn được chiếu sáng và do đó tầm nhìn cũng tốt hơn, cảm giác an toàn khi chạy xe cũng cao hơn *(Ảnh 3, 4)*.

Gần đây là tuyến cao tốc Hạ Long - Vân Đồn - Móng Cái, toàn bộ tuyến này đi qua các vùng đồi núi hoang vắng nhưng hệ thống chiếu sáng được bố trí hai bên đường suốt chiều dài toàn tuyến *(Ảnh 5, 6)*.

Ảnh 3 và 4: Chiếu sáng ban đêm đường cao tốc [8]

Còn nhiều ví dụ tương tự như đường nối sân bay Nội Bài - cầu Nhật Tân, đoạn tuyến cao tốc Cầu Giẽ - Ninh Bình, tuyến cao tốc Hà Nội - Lào Cai, Long Thành - Dầu Giây... Tất cả các tuyến này đều được chiếu sáng rất hoành tráng trên các cây cầu, kể cả cầu cạn và các đoạn được cho là đi qua đô thị, thị trấn, thị tứ... mặc dù chúng đều là cao tốc ngoài đô thị.

Ảnh 5 và 6: Chiếu sáng trên cao tốc Hạ Long - Vân Đồn - Móng Cái

Ngay cả tuyến Vành đai 3 của TP. Hồ Chí Minh cũng đang được các tổ chức tư vấn của dự án thiết kế bố trí chiếu sáng trên toàn tuyến dù không phải đoạn nào cũng đi qua đô thị.

Xung quanh vấn đề này, nhiều đại biểu Quốc hội đã nêu ý kiến. Trong phiên thảo luận tại hội trường vào ngày 1/11/2014, đại biểu Y Khút Niê (đoàn Đắk Lắk) đã chỉ rõ sự lãng phí được dư luận và nhiều cử tri quan tâm là việc lắp đặt quá dày đặc hệ thống chiếu sáng trên một số tuyến đường tại trung tâm thành phố, thị xã, đường cao tốc…, ban đêm hệ thống đèn bật sáng còn hơn cả ban ngày. Có địa phương "chơi sang" hơn còn lắp đặt thêm hệ thống ánh sáng tầm thấp ở giữa dải phân cách mới đủ. Việc thiết kế như vậy là quá lãng phí cả về vốn đầu tư xây dựng cũng như điện năng tiêu thụ. Đại biểu Y Khút Niê nhận xét: "Nếu chúng ta biết cắt giảm đi một số trụ điện ở những khu vực này một cách hợp lý, cả nước có thể đủ số tiền để xây dựng hệ thống điện sinh hoạt cho đồng bào ở vùng sâu, vùng xa, vùng biên giới, nơi người dân đang khao khát chờ dòng điện từ Nhà nước đầu tư. Ở nước ngoài họ rất tiết kiệm và thực tế làm việc gì cũng tính toán đến hiệu quả thiết thực. Thiết nghĩ nếu chúng ta thực hành tiết kiệm chỉ đạt mức như ở nước ngoài thì các dự án đầu tư đã không dàn trải, tránh được lãng phí như thời gian qua" [8].

MỘT SỐ KIẾN NGHỊ

Theo Luật Tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật [9] thì các Tiêu chuẩn TCVN 5729-2012 và TCXDVN 259-2001 chỉ là văn bản kỹ thuật được công bố để tự nguyện hay khuyến khích áp dụng. Do vậy, một số dự án xây dựng đường cao tốc còn vận dụng cả những tiêu chuẩn thiết kế chiếu sáng cho đường ô tô thông thường, đường đô thị, hay sử dụng tiêu chuẩn nước ngoài, thậm chí cả những khuyến nghị của Hiệp hội Chiếu sáng Quốc tế để thiết kế, bố trí chiếu sáng cho đường cao tốc. Do vậy, đã đến lúc cần phải cập nhật kinh nghiệm của thế giới và căn cứ vào điều kiện kinh tế - xã hội của nước ta để nghiên cứu, biên soạn và ban hành Quy chuẩn chiếu sáng đường ô tô cao tốc. Trước mắt, cần ban hành ngay quy định tạm thời về việc bố trí chiếu sáng cho đường cao tốc và yêu cầu bắt buộc áp dụng.

Tài liệu đã dẫn

[1]. Weniger Licht, mehr Sicht (13/5/2014), *Straßenbeleuchtung an Autobahnen (Chiếu sáng đường ô tô cao tốc: Càng ít chiếu sáng tầm nhìn càng xa),* Ralf Wiegand. ©SZ (sueddeutsche Zeitung).

[2]. *Lights out on roads to save CO_2 (www.connexion-france.com)*, May 11, 2010).

[3]. *Belgien schafft teure Autobahn-Beleuchtung ab* (Bỉ cắt giảm chiếu sáng đắt đỏ trên đường cao tốc), Die Welt, 14/7/2011.

[4]. *Niederlande wollen Laternen an Autobahnen ab-schalten - Hà Lan sẽ dẹp bỏ hệ thống chiếu sáng trên đường cao tốc* (*www.derwesten*.de 02/10/2012).

[5]. *TCVN 5729 - 1997: Đường ô tô cao tốc - Yêu cầu thiết kế.*

[6]. *TCVN 5729 - 2012: Đường ô tô cao tốc - Yêu cầu thiết kế.*

[7]. *TCXDVN 259:2001: Tiêu chuẩn thiết kế chiếu sáng nhân tạo đường, đường phố, quảng trường đô thị.*

[8]. Nguyễn Quỳnh, vov.vn (01/11/2014), *Lãng phí đầu tư công từ hệ thống chiếu sáng công cộng*.

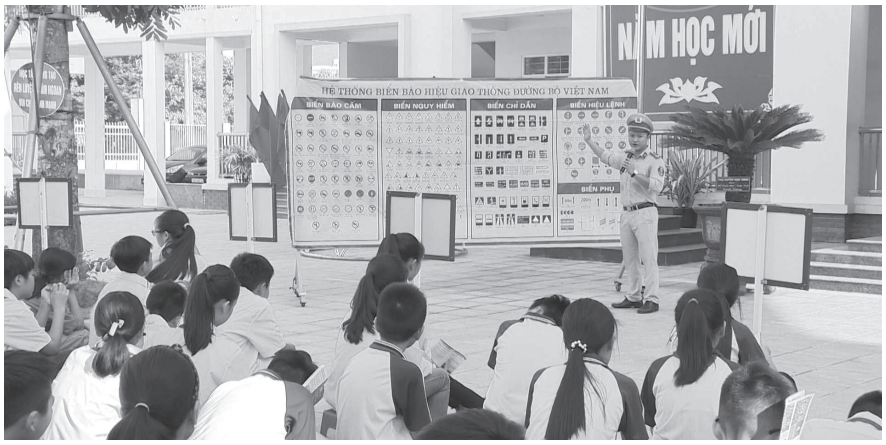
[9]. *Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.*

QUẢNG NINH

Đảm bảo ATGT năm học 2023 - 2024

H. GIANG - B. KHUÊ

Năm học mới 2023 - 2024 đã bắt đầu. Để học sinh các cấp có một năm học mới an toàn, nhà trường và các cơ quan chức năng của tỉnh Quảng Ninh đã tập trung triển khai nhiều giải pháp nhằm đảm bảo trật tự ATGT trong tháng cao điểm ATGT cho học sinh đến trường.



Đội CSGT - Trật tự (Công an TP. Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh) phổ biến kiến thức về ATGT cho học sinh Trường THCS Chu Văn An

MỖI GIÁO VIÊN CHỦ NHIỆM LÀ MỘT TUYÊN TRUYỀN VIÊN

Năm học mới 2023 - 2024, Trường THPT Nguyễn Trãi (huyện Tiên Yên, tỉnh Quảng Ninh) có gần 1.000 học sinh. Để chuẩn bị cho năm học mới, ngoài việc sửa sang lại cơ sở vật chất, trang thiết bị phục vụ công tác giảng dạy, Nhà trường đã đẩy mạnh tuyên truyền, nhắc nhở các em về các quy tắc tham gia giao thông, trước hết tự mình phải đảm bảo an toàn khi đi đến trường và về nhà. Đồng thời, Nhà trường đã giao cho các giáo viên chủ nhiệm phối hợp với phụ huynh học sinh trong việc tuyên truyền, giáo dục các em chấp hành nghiêm Luật Giao thông đường bộ, tránh xảy ra những TNGT đáng tiếc trước thềm năm học mới.

Song song với đó, Nhà trường còn phối hợp với các đơn vị kinh doanh dịch vụ đưa đón học sinh với 6 xe ô tô có sức chở từ 24 - 40 chỗ để đưa đón các em học sinh có nhu cầu. Để đảm bảo an toàn trong quá trình đưa đón học sinh, Nhà trường cũng yêu cầu các lái xe phải nghiêm túc thực hiện việc kiểm tra xe và phải đảm bảo an toàn về kỹ thuật mới được lưu thông.

Thầy Nguyễn Mạnh Thắng, Hiệu trưởng Trường THPT Cẩm Phả chia sẻ: "Để chuẩn bị cho năm học mới được an toàn, chúng tôi đã yêu cầu các giáo viên chủ nhiệm tập trung lớp và nhắc nhở học sinh không được vi phạm quy định an toàn khi tham gia giao thông. Điều đáng mừng là nhờ làm tốt công tác tuyên truyền giáo dục trong những năm học trước nên ý thức tham gia giao thông của các em học sinh nhà trường đã đi vào nền nếp, đảm bảo ATGT cho các em tới trường và về nhà an toàn. Điều này có vai trò quan trọng của giáo viên chủ nhiệm bởi mỗi thầy cô sẽ là một tuyên truyền viên trong quá trình giảng dạy, tuyên truyền pháp luật cho các em học sinh".

Bà Nguyễn Thị Thúy, Trưởng phòng Giáo dục và Đào tạo thị xã Quảng Yên cho biết, để đảm bảo an toàn cho các em học sinh trong năm học mới 2023 - 2024, Sở Giáo dục và Đào tạo tỉnh Quảng Ninh đã có văn bản yêu cầu các trường nghiêm túc thực hiện các giải pháp đảm bảo trật tự ATGT trong năm học mới. Theo đó, các trường phải chú trọng đẩy mạnh công tác tuyên truyền, phổ biến pháp luật giao thông đến từng giáo viên chủ nhiệm, các em học sinh cũng như phụ huynh để nâng cao ý thức tham gia giao thông an toàn. Đồng thời, các trường cũng phải thay đổi hình thức tuyên truyền pháp luật giao thông sao cho phù hợp với từng cấp học, giúp các em tiếp thu một cách tốt hơn.

XÂY DỰNG VĂN HÓA GIAO THÔNG TRONG MỖI GIA ĐÌNH, NHÀ TRƯỜNG

Những năm qua, công tác giáo dục pháp luật giao thông cho học sinh đã được các trường trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh quan tâm và thực hiện rất nghiêm túc, nhờ đó TNGT trong lứa tuổi học sinh đã giảm nhiều so với trước. Tuy nhiên, tình trạng thanh, thiếu niên, học sinh chưa đủ tuổi, không có GPLX, không đội mũ bảo hiểm điều khiển xe mô tô, xe gắn máy với tốc độ cao, lạng lách, đánh võng vẫn còn diễn ra tại các tuyến đường mới xây dựng, tuyến nội thị trung tâm các địa phương như: Hạ Long, Móng Cái, Uông Bí, Hải Hà, Cẩm Phả, Quảng Yên…, gây mất ATGT, an ninh trật tự trên địa bàn.

Nhằm xây dựng ý thức, trách nhiệm, văn hóa giao thông trong học sinh, ngay từ đầu năm 2023, Sở Giáo dục và Đào tạo tỉnh Quảng Ninh đã chỉ đạo 100% cơ sở giáo dục thực hiện nghiêm việc ký cam kết với cha mẹ học sinh và cán bộ, giáo viên, học sinh, học viên về việc chấp hành

những quy định của pháp luật khi tham gia giao thông.

Song song với đó, các cơ sở giáo dục đào tạo trong tỉnh đã đa dạng hóa hình thức và nội dung tuyên truyền bảo đảm trật tự ATGT cho học sinh, học viên tại đơn vị thông qua các hoạt động ngoại khóa, buổi sinh hoạt dưới cờ, sinh hoạt lớp; phát huy hiệu quả tủ sách pháp luật, mô hình "Đội tuyên truyền ATGT tại các lớp học"; thực hiện nghiêm việc dạy học tích hợp, lồng ghép nội dung bảo đảm trật tự ATGT, xây dựng văn hóa giao thông vào trong các môn học một cách phù hợp...

Đặc biệt, triển khai "Tháng cao điểm ATGT cho học sinh đến trường - tháng 9", năm học 2023 - 2024, Sở Giáo dục và Đào tạo tỉnh Quảng Ninh đã phối hợp với các sở, ngành liên quan chỉ đạo và hướng dẫn các trường học đẩy mạnh giáo dục kiến thức và kỹ năng tham gia giao thông an toàn cho học sinh, sinh viên; tăng cường hướng dẫn học sinh chấp hành các quy tắc giao thông khi điều khiển xe máy điện, xe đạp điện để bảo đảm ATGT. Sở chỉ đạo các cơ sở giáo dục trên địa bàn tỉnh, thành phố phối hợp với ban đại diện cha mẹ học sinh vận động cha, mẹ, người giám hộ nhắc nhở, giáo dục con em mình tự giác chấp hành pháp luật giao thông, có biện pháp quản lý và ký cam kết chấp hành pháp luật về ATGT, không giao xe máy cho con điều khiển khi chưa đủ tuổi, chưa có GPLX; phối hợp với cơ quan chức năng, chính quyền địa phương bảo đảm tật tự ATGT khu vực cổng trường văn minh, an toàn.

Bên cạnh sự vào cuộc tích cực của các nhà trường, Tỉnh đoàn Quảng Ninh đã chỉ đạo tổ chức đoàn các cấp trong tỉnh căn cứ vào tình hình thực tế của địa phương, đơn vị để lồng ghép đưa nội dung xây dựng văn hóa giao thông cho giới trẻ vào chương trình công tác trọng tâm hằng tháng, hằng quý, hằng năm. Mặt khác, tổ chức đoàn các cấp trong tỉnh cũng duy trì hiệu quả hoạt động của các đội thanh niên tình nguyện hỗ trợ lực lượng chức năng tham gia điều phối phương tiện, đảm bảo trật tự ATGT tại một số điểm giao thông công cộng...

Trao đổi với PV Tạp chí GTVT, ông Nguyễn Thiên Vương, Chánh Văn phòng Ban ATGT tỉnh Quảng Ninh nhấn mạnh, để đảm bảo an toàn cho học sinh đến trường trong năm học 2023 - 2024, Ban ATGT tỉnh đã tập trung triển khai các hoạt động tuyên truyền theo chủ đề của "Năm An toàn giao thông 2023", trong đó tập trung tuyên truyền lưu động theo hình thức sân khấu hóa đến các khu dân cư, trường học; phối hợp với nhà mạng viễn thông VNPT tuyên truyền pháp luật giao thông trên các thuê bao di động, Luật Phòng chống tác hại của rượu bia, quy định bắt buộc đội mũ bảo hiểm khi tham gia giao thông…

Đồng thời, Ban ATGT tỉnh Quảng Ninh phối hợp với Sở Giáo dục và Đào tạo chỉ đạo các cơ sở giáo dục thường xuyên tuyên truyền, nhắc nhở các em học sinh, sinh viên tự giác chấp hành các "quy tắc an toàn khi tham gia giao thông trên đường bộ", "đội mũ bảo hiểm đạt chuẩn khi ngồi trên xe mô tô, xe gắn máy", "không điều khiển xe mô tô, xe gắn máy tới trường khi chưa đủ tuổi hoặc chưa có GPLX phù hợp"; chủ động phòng ngừa, ngăn chặn và xử lý nghiêm các hành vi tụ tập gây rối trật tự công cộng, đua xe trái phép...

Ngoài ra, Ban ATGT tỉnh Quảng Ninh phối hợp với các lực lượng chức năng tăng cường tuần tra, kiểm soát, giám sát các xe ô tô đưa đón học sinh; xử lý nghiêm tình trạng thanh thiếu niên, học sinh, sinh viên vi phạm về tốc độ, lạng lách, đánh võng; duy trì, xử lý qua hệ thống camera giám sát giao thông và hình thức dán thông báo lên phương tiện vi phạm Luật Giao thông đường bộ ❑

Trường THPT Tiên Yên (huyện Tiên Yên) ra mắt mô hình "Cổng trường ATGT" do đoàn viên thanh niên làm nòng cốt

Các mô hình thu phí đường cao tốc do Nhà nước đầu tư trên thế giới

Một số nước trên thế giới đầu tư phát triển đường cao tốc từ nguồn vốn đầu tư công, sau khi đưa vào sử dụng thì tiến hành thu phí để vận hành, bảo trì, hoàn vốn và tái đầu tư phát triển mở rộng mạng lưới cao tốc mới. Hiện nay, điều kiện nguồn vốn đầu tư của nước ta còn hạn hẹp, trong khi nhu cầu vốn để phát triển hệ thống đường cao tốc là rất lớn, vì vậy những mô hình thu phí đường cao tốc do Nhà nước đầu tư của một số quốc gia dưới đây sẽ là những bài học hay để Việt Nam học hỏi kinh nghiệm.

Trạm thu phí tại Nhật Bản

TRUNG QUỐC CHUYỂN NHƯỢNG QUYỀN THU PHÍ

Theo số liệu của Bộ GTVT Trung Quốc, tính đến cuối năm 2021, nước này có trên 160.000 km đường bộ cao tốc. Mạng lưới đường cao tốc của Trung Quốc đã xây dựng các trục chính quốc gia, bao phủ đến 99% thành phố, trung tâm hành chính có dân số trên 200 nghìn người. Mục tiêu đến năm 2035, Trung Quốc sẽ cơ bản hoàn thành xây dựng "cường quốc giao thông", hình thành mạng lưới giao thông lập thể tổng hợp quốc gia hiện đại, chất lượng cao với 460.000 km đường bộ, trong đó cải tạo và xây mới 25.000 km đường bộ cao tốc. Để hoàn thành được mục tiêu đề ra, Chính phủ Trung Quốc đã tổ chức thu phí đường bộ, thuế mua phương tiện giao thông và thuế nhiên liệu, trong đó phí đường bộ cao tốc thông qua trạm thu phí chiếm 80% tổng thuế, phí... Nguồn thu phí này chủ yếu sử dụng cho vận hành và hoàn vốn, một phần sẽ sử dụng tái đầu tư nâng cấp hoặc xây dựng các tuyến đường mới. Hiện nay, Trung Quốc thực hiện thu phí khoảng hơn 150.000 km đường bộ cao tốc. Đồng thời, Trung Quốc đang đẩy mạnh sử dụng công nghệ và hình thức thu phí tự động không dừng (ETC) liên thông trên toàn quốc.

Nhằm huy động các nguồn lực để quay vòng đầu tư các tuyến đường cao tốc mới, Trung Quốc áp dụng hình thức "Chuyển nhượng quyền thu phí" các tuyến đường cao tốc. Sau khi chuyển nhượng quyền thu phí, bên nhận sẽ thu phí và vận hành. Thời hạn chuyển nhượng quyền thu phí theo thỏa thuận, thời gian không quá số năm do Nhà nước quy định. Có thể nói, việc thu phí đường bộ là yếu tố quan trọng cho thành công của chương trình xây dựng kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ cao tốc quốc gia, gồm cả các dự án đầu tư từ ngân sách và các dự án đầu tư ngoài ngân sách những năm qua, đem lại hệ thống cao tốc đồng bộ, thúc đẩy kinh tế - xã hội phát triển vững mạnh.

HOA KỲ: HÌNH THÀNH QUỸ PHÁT TRIỂN ĐƯỜNG CAO TỐC

Tại xứ sở "cờ hoa", Chính phủ sở hữu và chịu trách nhiệm đầu tư xây dựng phát triển kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ cao tốc và tổ chức đấu thầu. Tư nhân chịu trách nhiệm bảo trì, thu phí và vận hành khai thác trên các tuyến đường do Liên bang đầu tư xây dựng thông qua hình thức hợp tác nhượng quyền trong khoảng thời gian từ 5 năm đến 15 năm. Các tuyến cao tốc qua các tiểu bang được Chính phủ dùng ngân sách Liên bang để đầu tư xây dựng thông qua Quỹ Tín thác đường cao tốc (Highway Trust Fund). Quỹ này được hình thành từ nguồn thu thuế nhiên liệu trên toàn Liên bang.

Mặc dù quy định của pháp luật Liên bang không cho phép thu phí người sử dụng đường bộ do Liên bang đầu tư bằng ngân sách, tuy nhiên tại một số tiểu bang và với một số tuyến đường cụ thể có tính chất đặc thù, luật của tiểu bang vẫn cho phép thu phí người sử dụng kết cấu hạ tầng giao thông cao tốc để lấy nguồn thu phục vụ bảo trì và xây dựng mới kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ cao tốc. Bên cạnh đó, các tuyến đường bộ được

Đường cao tốc ở Hàn Quốc

sở hữu, xây dựng, vận hành và bảo trì bởi Chính phủ. Chính phủ hoặc chính quyền các tiểu bang thành lập công ty nhà nước và cho phép phát hành trái phiếu được bảo lãnh bởi Chính phủ và cổ phần của các công ty này sẽ không được bán cho khối tư nhân. Như vậy, từ sở hữu, cấp vốn, xây dựng, vận hành, thu phí đều do Chính phủ đảm nhiệm.

Đồng thời, từ quá trình phát triển kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ cao tốc ở Hoa Kỳ rút ra một số kinh nghiệm, đó là: Quy hoạch và xác định quy mô của kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ cao tốc với tầm nhìn dài hạn đến 30 năm; xây dựng hệ thống pháp luật và các cơ chế chính sách để tạo vốn, sử dụng vốn và thu phí cho xây dựng, quản lý kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ cao tốc.

HÀN QUỐC: MÔ HÌNH 50/50

Chính phủ Hàn Quốc tập trung xây dựng mô hình thành lập các tổng công ty đường bộ cao tốc là doanh nghiệp nhà nước, các công ty nhà nước về đường bộ cao tốc (từ năm 1960). Các tổng công ty có trách nhiệm xây dựng kế hoạch phát triển đường cao tốc.

Nhằm mục tiêu phát triển kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ cao tốc nhanh và bền vững, Chính phủ Hàn Quốc thực hiện mô hình hỗ trợ 50% tổng mức đầu tư và tổng công ty chịu trách nhiệm 50% tổng mức đầu tư. Nguồn vốn đầu tư do Nhà nước hỗ trợ được sử dụng để chi trả cho việc mua đất, bồi thường GPMB để thực hiện dự án (bao gồm cả đất xây dựng đường, đất xây trạm nghỉ, cây xăng) và kinh phí đầu tư xây dựng tuyến đường. Đối với các tuyến cao tốc được doanh nghiệp triển khai xây dựng và đưa vào khai thác, Tổng công ty sẽ trực tiếp quản lý vận hành và thu phí. Toàn bộ nguồn thu này được tập trung vào một quỹ và được sử dụng cho chi phí quản lý, bảo trì tuyến đường, bên cạnh đó còn sử dụng cho việc nghiên cứu, đầu tư xây dựng tuyến đường bộ cao tốc mới.

NHẬT BẢN: CÁC TUYẾN ĐƯỜNG CÓ LÃI ĐƯỢC SỬ DỤNG ĐỂ TRỢ GIÁ CHO TUYẾN KHÔNG CÓ LÃI

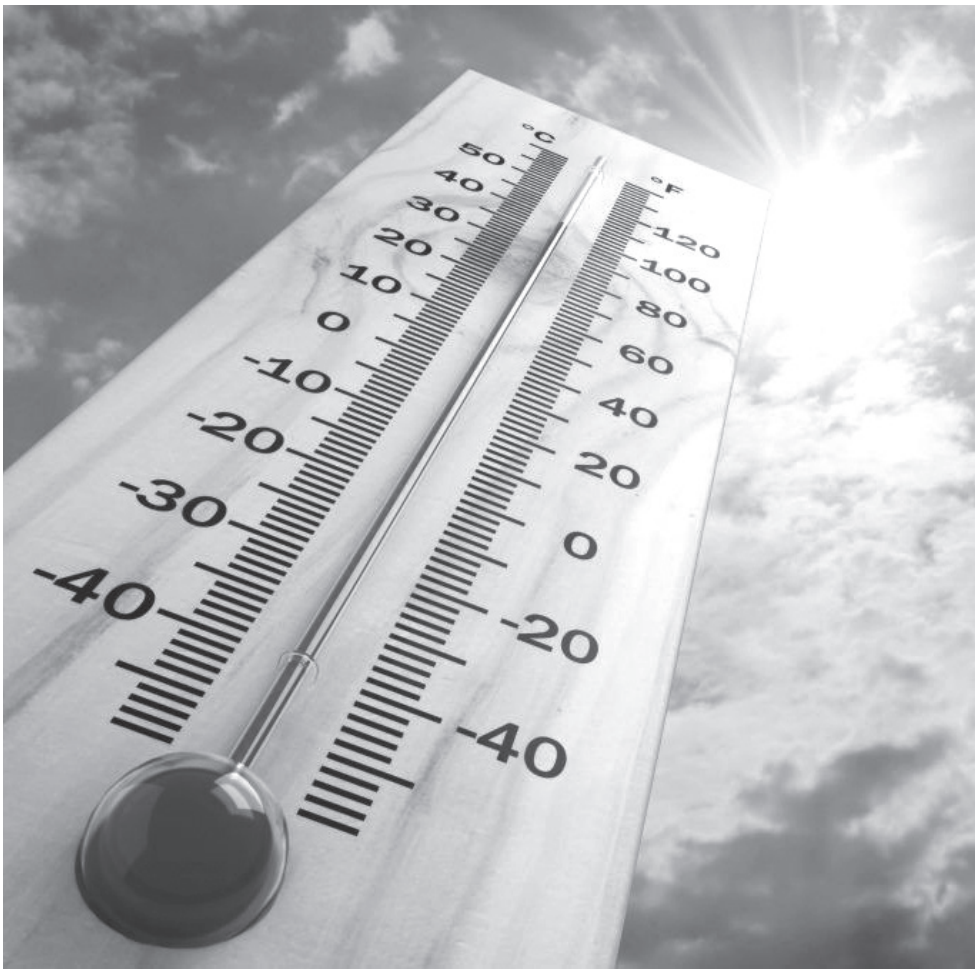
Qua gần 60 năm phát triển đường cao tốc, Nhật Bản đã thông qua hai cơ chế tài chính: Thu phí sử dụng đường bộ cao tốc và thu phí nhiên liệu phương tiện đường bộ để phát triển và mở rộng được hơn 10.000 km đường cao tốc và hầu hết các tuyến đường bộ chính. Khi mới hình thành và phát triển các tuyến đường cao tốc, Chính phủ sử dụng ngân sách để phát triển mạng lưới đường cao tốc và bảo lãnh cho chính quyền địa phương huy động vốn để xây dựng các đường cao tốc và thu phí để hoàn vốn. Ở giai đoạn tiếp theo, Chính phủ thành lập công ty đường cao tốc để thay mặt cho Chính phủ thu phí đường bộ và hoàn trả các khoản vốn huy động ban đầu. Một đặc điểm thú vị ở Nhật Bản là quá trình thu phí các tuyến đường có lãi được sử dụng để trợ giá chéo cho tuyến đường không có lãi.

Bên cạnh đó, Nhật Bản thực hiện mô hình nhượng quyền (BTO) trong đầu tư phát triển kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ cao tốc, nhờ vậy giảm chi phí, giảm rủi ro trong môi trường cạnh tranh cao. Chính phủ đã thành lập Tập đoàn đường bộ cao tốc là cơ quan xây dựng và quản lý kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ cao tốc. Tập đoàn này được hưởng một số ưu đãi như: Miễn các loại thuế khác nhau, bao gồm thuế doanh nghiệp; được thu phí sử dụng kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ cao tốc và các khoản phí khác liên quan đến vận hành kết cấu hạ tầng giao thông đường bộ cao tốc; quyền mua đất bắt buộc và cưỡng chế hành chính; các khoản vay từ Chính phủ, phát hành trái phiếu vào quỹ chính phủ và bảo lãnh của Chính phủ đối với trái phiếu. Nguồn thu phí cùng với việc phát hành trái phiếu đã cho phép Tập đoàn xây dựng và vận hành gần như toàn bộ hệ thống đường cao tốc ❑

CHÂU THÀNH
(Dịch và tổng hợp)

Chống biến đổi khí hậu và hành động quyết liệt của Việt Nam

NGUYÊN TÀI



Biến đổi khí hậu (BĐKH) là một thách thức lớn đối với toàn nhân loại, ảnh hưởng đến mọi mặt của đời sống xã hội. Việt Nam là một trong những quốc gia chịu nhiều tác động của BĐKH và cũng là quốc gia chủ động, tích cực thực hiện cam kết về chống BĐKH.

"KỶ NGUYÊN ĐUN SÔI"

BĐKH trái đất là sự thay đổi của hệ thống khí hậu gồm khí quyển, thủy quyển, sinh quyển, thạch quyển hiện tại và trong tương lai bởi các nguyên nhân tự nhiên và nhân tạo trong một giai đoạn nhất định tính bằng thập kỷ hay hàng triệu năm. Nguyên nhân chính làm BĐKH trái đất là do sự gia tăng các hoạt động tạo ra các chất thải khí nhà kính, các hoạt động khai thác quá mức các bể hấp thụ và bể chứa khí nhà kính như sinh khối, rừng, các hệ sinh thái biển, ven bờ và đất liền khác.

Theo đánh giá của Liên hợp quốc, hiện nay nhiệt độ trung bình đã tăng lên tới 0,3 - 0,4^{0}C trong mấy chục năm vừa qua và hiện đang có xu hướng tăng tiếp.

Trong báo cáo mới đây, Tổ chức Khí tượng thế giới (WMO) cho biết, tháng 7/2023 là tháng 7 nóng nhất trong lịch sử được ghi nhận và phá vỡ nhiều kỷ lục về ngày nóng nhất, tháng nóng nhất, cũng như mức tăng nhiệt độ ở cả đất liền và đại dương. Giáo sư Petteri Taalas - Tổng thư ký của WMO cho biết, mốc tăng nhiệt độ 1,5^{0}C được quy định trong Thỏa thuận Paris vốn đề cập đến sự nóng lên lâu dài trong nhiều năm và gây ra những tác động nguy hiểm đến sự sống trên trái đất. Tuy nhiên, với xu thế diễn biến nhiệt độ như hiện nay, việc tạm thời vi phạm mức 1,5^{0}C sẽ xuất hiện với tần suất ngày càng tăng.

Tổng Thư ký Liên hợp quốc António Guterres cho rằng, những nhận định của WMO khớp với những dự đoán và cảnh báo liên tục được nhắc đi nhắc lại trong những năm qua. Điều ngạc nhiên duy nhất là tốc độ BĐKH đang diễn ra nhanh hơn. Thời kỳ nóng lên toàn cầu đã kết thúc và thế giới bắt đầu chuyển sang "kỷ nguyên đun sôi". Tác nhân chính khiến nhiệt độ tăng bắt nguồn từ lượng phát thải khí nhà kính từ các hoạt động của con người.

NHỮNG TÁC ĐỘNG LÀ RÕ RÀNG VÀ MẠNH MẼ

Báo cáo của Ủy ban liên chính phủ IPCC về BĐKH (IPCC, thuộc Liên hợp quốc) dựa trên 29.000 dẫn chứng và các mô hình nghiên cứu bằng máy tính cảnh báo tình trạng

trái đất nóng lên là "rõ ràng" và "các nước nghèo sẽ chịu ảnh hưởng trước tiên". Bản báo cáo nói trên được coi là ảm đạm nhất từ trước tới nay với lời cảnh báo rằng, tác động của tình trạng ấm lên trên toàn cầu là "bất ngờ và không thể đảo ngược", đồng thời không loại trừ bất cứ quốc gia nào. Đứng thứ hạng cao về khả năng dễ bị tổn thương do tác động của BĐKH, Việt Nam đã được Liên hợp quốc chọn là quốc gia để tiến hành nghiên cứu điển hình về BĐKH và phát triển con người.

Tương tự, báo cáo của Quỹ Quốc tế bảo vệ thiên nhiên (WWF) mang tên "Thay đổi khí hậu: Nhanh hơn, mạnh hơn và sớm hơn" cũng cho rằng, tình trạng mùa màng thất bát, lũ lụt ở Bắc Âu và hạn hán kéo dài ở Địa Trung Hải sẽ xảy ra thường xuyên. Số lượng và cường độ những cơn lốc xoáy tại Anh và nhiều nơi khác sẽ tăng lên.

Khi nhiệt độ toàn cầu ấm lên sẽ tạo điều kiện cho dịch bệnh cũ và dịch bệnh mới phát triển mà con người khó có thể kiểm soát được. Trong báo cáo gần đây của IPPC đã khẳng định, dưới tác động của nhiệt, các căn bệnh đã gia tăng như: sốt rét, sốt xuất huyết, viêm não (truyền qua muỗi); các bệnh đường ruột (qua môi trường nước), các bệnh suy dinh dưỡng, bệnh phổi... Những bệnh này đặc biệt ảnh hưởng lớn đến các vùng kinh tế kém phát triển, đông dân và có tỷ lệ đói nghèo cao.

HÀNH ĐỘNG CỦA VIỆT NAM

Ông Hoàng Đức Cường - Phó Tổng cục trưởng Tổng cục Khí tượng thủy văn nhận định, tại Việt Nam, BĐKH ngày càng có nhiều diễn biến phức tạp, khó lường, với nhiều tác động tiêu cực thậm chí còn diễn ra nhanh hơn nhiều so với các dự báo. BĐKH đã và đang có tác động sâu sắc đến mọi lĩnh vực phát triển kinh tế - xã hội, các khu vực, vùng miền.

Đối với hoạt động GTVT, theo PGS. TS Lưu Đức Hải, Chủ tịch Hội Kinh tế Môi trường Việt Nam, BĐKH còn ảnh hưởng tới hoạt động GTVT. Nếu mực nước biển dâng cao 1 m sẽ có khoảng 9% hệ thống quốc lộ, 12% hệ thống đường tỉnh, 4% hệ thống đường sắt sẽ bị ảnh hưởng, trong đó tập trung nhiều nhất ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long (chiếm 28% quốc lộ và 27% đường tỉnh của cả nước), tiếp đến là các tỉnh ven biển miền Trung và đồng bằng sông Hồng.

Theo Báo cáo GEMMES Việt Nam do Cơ quan Phát triển Pháp phối hợp cùng Bộ Tài nguyên và Môi trường thực hiện, nhiệt độ trung bình của Việt Nam dự tính sẽ tăng ít nhất 1,13 ± 0,87^{0}C vào giữa thế kỷ 21 và tăng khoảng 1,34 ± 1,14^{0}C theo kịch bản quốc gia có sự cắt giảm mạnh mẽ khí nhà kính phù hợp với Thỏa thuận Paris.

Tại Hội nghị COP26, Việt Nam cam kết đạt mức phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050 đã thể hiện quyết tâm, nỗ lực trong ứng phó với BĐKH. Cùng với những thách thức, đây cũng là cơ hội tận dụng từ xu thế phát triển carbon thấp toàn cầu, giảm phát thải khí nhà kính, từ đó giúp Việt Nam thúc đẩy phát triển kinh tế theo hướng xanh và bền vững, nắm bắt thời cơ nâng cao sức cạnh tranh của nền kinh tế và tận dụng các cơ hội hợp tác thương mại, đầu tư cho phát triển.

Sau Hội nghị COP26, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã tổ chức xây dựng Đề án về những nhiệm vụ, giải pháp triển khai kết quả Hội nghị COP26, Chiến lược quốc gia về BĐKH giai đoạn đến năm 2050, Kế hoạch hành động giảm phát thải khí metan đến năm 2030. Các bộ, ngành liên quan cũng đã xây dựng Kế hoạch hành động triển khai kết quả Hội nghị COP26 thuộc phạm vi quản lý của ngành. Đặc biệt, "Chủ động ứng phó hiệu quả với BĐKH, phát triển kinh tế xanh, kinh tế carbon thấp, giảm nhẹ phát thải KNK" là một trong những nội dung quan trọng của Nghị quyết Đại hội đại biểu toàn quốc lần thứ XIII của Đảng.

Trong giai đoạn sắp tới cần tiếp tục triển khai toàn diện các giải pháp để ứng phó với BĐKH thực chất, hiệu quả và minh bạch, đồng thời thúc đẩy xây dựng nền kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn nhằm mục tiêu là nước phát triển, thu nhập cao vào năm 2045 theo Nghị quyết Đại hội lần thứ XIII của Đảng. Trong đó, tiếp tục hoàn thiện chính sách, thể chế nhằm nâng cao hiệu lực, hiệu quả công tác quản lý nhà nước cũng như để phát huy hiệu quả việc sử dụng các nguồn lực. Đặc biệt, Việt Nam phải trở thành một trong những nước đi đầu thúc đẩy vấn đề biến đổi khí hậu. Các bộ, ngành và địa phương cần tích cực tuyên truyền, quan tâm để đưa công việc ứng phó với BĐKH vào hoạt động thường xuyên, cũng như vào từng dự án phát triển khoa học xã hội của ngành và địa phương mình ❑

Tiếp theo các cam kết của Việt Nam tại COP21 Paris, COP26 Glasgow và thiết lập quan hệ đối tác về chuyển đổi năng lượng công bằng (JETP) với một số nước G7 và một số đối tác năm 2022, việc Việt Nam tham gia Hội nghị Thượng đỉnh Hiệp ước Tài chính toàn cầu mới là bước đi cụ thể để huy động nguồn lực tài chính và công nghệ nhằm góp phần thực hiện chủ trương, chính sách của Đảng và Nhà nước Việt Nam về xây dựng nền kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn; hỗ trợ Việt Nam thực hiện các cam kết đạt mức phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050 với sự hỗ trợ của quốc tế. Việt Nam hướng đến chuyển dịch cơ cấu ngành năng lượng theo hướng ưu tiên, tận dụng nguồn năng lượng tái tạo, năng lượng sạch để hướng đến việc giảm tối đa tình trạng khai thác và sử dụng nhiên liệu hóa thạch. Trong lĩnh vực nông nghiệp, Việt Nam hướng đến phát triển nông nghiệp theo hướng nông nghiệp sinh thái, hữu cơ, áp dụng các quy trình sản xuất thân thiện môi trường và an toàn với sức khỏe con người, hướng đến nông nghiệp công nghệ cao.

Đại sứ Việt Nam tại Pháp Đinh Toàn Thắng

An toàn cho các tàu thuyền tuyến từ bờ ra đảo

Hoạt động của các tàu thuyền chở khách, hàng hóa từ bờ ra các đảo lớn Bạch Long Vĩ, Cô Tô, Cồn Cỏ, Lý Sơn, Phú Quốc... luôn phải đối mặt với điều kiện thời tiết bất thường. Do đó, để tăng cường kiểm tra giám sát các tàu chở khách, hàng hóa từ bờ ra đảo luôn được các cơ quan hữu quan tập trung chỉ đạo đảm bảo tính mạng hành khách, tài sản nhân dân.

Tàu cao tốc đi từ Rạch Giá ra Phú Quốc

TĂNG CƯỜNG QUẢN LÝ, KIỂM TRA, GIÁM SÁT HOẠT ĐỘNG CẤP PHÉP CHO TÀU THUYỀN RỜI CẢNG, BẾN, ĐẢM BẢO AN NINH TRẬT TỰ, AN TOÀN HÀNG HẢI

Thời gian qua, Cảng vụ Hàng hải Kiên Giang luôn xác định công tác quản lý nhà nước được thực hiện hiệu quả, đúng quy định, đảm bảo an toàn cho tàu thuyền và hành khách các đảo. Đơn vị đã chú trọng công tác kiểm tra, giám sát đối với tàu thuyền hoạt động vận chuyển hành khách, hàng hóa trên các tuyến từ bờ ra đảo, đặc biệt quan tâm những ngày thời tiết xấu, ngày nghỉ lễ, tết, cuối tuần… Hiện nay, Cảng vụ Kiên Giang đang quản lý 18 tuyến vận tải thủy từ bờ ra đảo, luôn chú trọng công tác quản lý, kiểm tra, giám sát hoạt động cấp phép cho tàu thuyền rời cảng, bến, đảm bảo an ninh trật tự, an toàn hàng hải và phòng ngừa ô nhiễm môi trường tại cảng biển và khu vực quản lý. Đặc biệt, đối với các tàu thuyền hoạt động vận chuyển hành khách, hàng hóa trên các tuyến từ bờ ra đảo, Cảng vụ đã bố trí cán bộ trực 24/7 để kịp thời tiếp nhận, xử lý thông tin các sự cố, tai nạn hàng hải trên biển; cải cách thủ tục hành chính theo hướng nhanh gọn, kịp thời, đúng pháp luật, tạo điều kiện thuận lợi cho doanh nghiệp hoạt động; quan tâm, giải quyết kịp thời những khó khăn, vướng mắc của doanh nghiệp trong khu vực quản lý.

Bên cạnh đó, Cảng vụ Hàng hải Kiên Giang đã kiểm tra tàu biển Việt Nam hoạt động nội địa và tuyến vận tải thủy từ bờ ra đảo; kiểm tra đặc tính báo hiệu hàng hải của các luồng trong khu vực; kiểm tra công tác bảo đảm an toàn hàng hải trong thi công các công trình trong vùng nước cảng biển và khu vực quản lý; phối hợp với Đài Thông tin duyên hải Kiên Giang, Chi Cục Đăng kiểm Kiên Giang và các cơ quan quản lý nhà nước chuyên ngành tại cảng, bến tiến hành kiểm tra lượt phương tiện mang cấp VR-SB.

Cùng với việc tăng cường công tác kiểm tra, giám sát, Cảng vụ đã đẩy mạnh hoạt động tuyên truyền phổ biến pháp luật đến các đối tượng thuộc khu vực quản lý, nhằm nâng cao nhận thức, ý thức pháp luật của doanh nghiệp, người dân. Theo ông Phạm Thống Nhất, Phó Chánh Văn phòng Ban ATGT tỉnh Kiên Giang, Ban ATGT tỉnh thường xuyên kết hợp với các ngành liên quan tổ chức đoàn kiểm tra, xử lý nghiêm các hành vi vi phạm đối với các phương tiện vận tải hành khách hoạt động tuyến vận tải thủy nội địa, nhất là từ bờ ra đảo và các tàu phục vụ khách tham quan du lịch trên sông, trên biển.

Còn đối với tuyến luồng Sa Kỳ để ra các đảo ở Quảng Ngãi, thời gian qua, Cảng vụ Hảng hải Quảng Ngãi đã phối hợp với các lực lượng CSGT, Đồn Biên phòng Cửa khẩu Sa Kỳ... thường xuyên kiểm tra chấp hành pháp luật về phương tiện thủy. Với mục đích tăng cường tuyên truyền, nâng cao nhận thức và ý thức tự giác chấp hanh pháp luật của người tham gia giao thông hàng hải và thủy nội địa, các lực lượng chức năng ở Quảng Ngãi đã tăng cường kiểm tra các phương tiện thủy (bao gồm tàu biển, phương tiện thủy nội địa, tàu cá) hoạt động, bao gồm vận tải khách, vận tải hàng hóa, đánh bắt thủy sản, thi công xây dựng, neo đậu ở vùng nước cảng biển Sa Kỳ.

NHÂN RỘNG CÁC MÔ HÌNH ĐẢM BẢO AN TOÀN CHO TÀU THUYỀN

Không chỉ có tập trung kiểm tra giám sát việc chấp hành các quy định pháp luật để đảm bảo cho tàu thuyền an toàn hoạt động trên các luồng tuyến ra đảo, thời gian qua, các địa

Tăng cường công tác kiểm tra đảm bảo an toàn cho tàu thuyền tuyến từ bờ ra đảo

phương đã đẩy mạnh tuyên truyền, nhân rộng các mô hình và phát huy hiệu quả cuộc vận động xây dựng phong trào "Văn hóa giao thông với bình yên sông nước", "Cảng bến an toàn", "Chuyến tàu bình yên"…; xây dựng mô hình văn hóa giao thông tại các cảng bến dọc tuyến hàng hải, góp phần ngăn ngừa tai nạn và đảm bảo ATGT. Thông qua kiểm tra, các đơn vị kết hợp tuyên truyền các quy định pháp luật có liên quan cho đối tượng kiểm tra, nhằm nâng cao nhận thức và ý thức tự giác chấp hành pháp luật của người tham gia giao thông hàng hải và thủy nội địa. Theo ông Nguyễn Thiên Vương, Chánh Văn phòng Ban ATGT tỉnh Quảng Ninh, hoạt động của các mô hình không dàn trải mà tập trung vào các nội dung chính, như không chở quá số người quy định, neo đậu đúng nơi, đúng chỗ..., góp phần quan trọng trong việc nâng cao ý thức chấp hành Luật Giao thông Đường thủy nội địa cho người dân, chủ phương tiện, người điều khiển phương tiện, từ đó ngăn chặn có hiệu quả tai nạn đáng tiếc xảy ra.

Theo tìm hiểu của chúng tôi, tại Quảng Ninh, người dân còn được tuyên truyền các quy định như không chở hàng quá vạch dấu mớn nước an toàn, mặc áo phao đúng quy định khi đi đò..., đặc biệt là Nghị định số 139/2021/NĐ-CP quy định xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực giao thông đường thủy nội địa. Nhờ đó, nhận thức của người dân được nâng lên, tích cực tham gia đảm bảo trật tự ATGT trên tuyến đường thủy và hàng hải.

PHỐI HỢP LIÊN NGÀNH GÓP PHẦN NÂNG CAO ĐẢM BẢO AN TOÀN HÀNG HẢI

Trước những diễn biến phức tạp về tình hình trật tự và an toàn cho các tàu chở người, hàng hóa ra các đảo và các tàu cá đánh bắt ven bờ được an toàn, lực lượng chức năng thường xuyên tuyên truyền, vận động trực tiếp với những người điều khiển phương tiện vận tải, phương tiện đánh bắt thủy hải sản chấp hành nghiêm Luật Đường thủy nội địa, đặc biệt chú ý quan sát khi lưu thông qua khu vực tuyến luồng giao cắt, nghiêm cấm không được đỗ, hành nghề đánh bắt hải sản trên luồng, trang bị đầy đủ thiết bị đảm bảo an toàn, dụng cụ cứu sinh.

Bên cạnh đó, nhiều địa phương đã tập trung phối hợp với các lực lượng chức năng khẩn trương rà soát, kiểm tra, thống kê, đánh giá thực trạng tất cả hoạt động vận tải hành khách liên quan đến phương tiện thủy nội địa, gồm: hoạt động vận tải hành khách theo tuyến cố định, du lịch, lưu trú nghỉ đêm...

Các cơ quan hữu quan đã tập trung vào các nội dung, gồm: Điều kiện hoạt động của cảng, bến thủy nội địa có liên quan đến hoạt động vận tải hành khách; điều kiện hoạt động của phương tiện, thuyền viên; điều kiện kinh doanh vận tải; phương án cứu nạn, cứu hộ tại chỗ; công tác quản lý nhà nước đối với hoạt động vận tải hành khách trên đường thủy nội địa.

Đối với các tuyến vận tải đường thủy từ bờ ra đảo phải xác định rõ trách nhiệm của từng cơ quan có liên quan, đặc biệt là ở những nơi có nhiều lực lượng cùng có chức năng xử lý vi phạm, nhưng không xác định cơ quan chịu trách nhiệm chính trong việc bảo đảm an ninh, an toàn trong hoạt động vận tải hành khách.

Thông qua công tác rà soát để làm rõ những tồn tại, bất cập trong hoạt động vận tải hành khách trên đường thủy nội địa, nhất là việc thiết kế phương tiện gây khó khăn cho việc thoát nạn khi xảy ra sự cố, tai nạn; phân tích, đánh giá nguyên nhân xảy ra các vụ TNGT đường thủy và đề xuất giải pháp khắc phục.

Thời gian qua, các cảng vụ hàng hải đã triển khai có hiệu quả công tác quản lý nhà nước chuyên ngành trong khu vực quản lý, chú trọng tăng cường công tác kiểm tra, giám sát hoạt động vận chuyển hành khách, hàng hóa trên các tuyến từ bờ ra đảo; phát huy các mặt đã đạt được và không ngừng khắc phục các mặt còn tồn tại để hoàn thiện, nâng cao hiệu quả quản lý nhà nước tại khu vực. Ý thức được điều đó, Cảng vụ Hàng hải Kiên Giang tăng cường mối quan hệ phối hợp với các cơ quan liên ngành tại địa phương như: Ban An toàn giao thông, Ban Phòng chống thiên tai - Tìm kiếm cứu nạn tỉnh Kiên Giang, Cà Mau... nhằm thực hiện tốt công tác phối hợp phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn; đảm bảo an toàn, an ninh hàng hải, phòng chống cháy nổ và phòng ngừa ô nhiễm môi trường tại khu vực được giao quản lý ❑

PV

Những "ổ gà, ổ voi" trên con đường phát triển xe điện Việt Nam

HUYỀN THƯƠNG

Xe điện đang là xu hướng tất yếu của ngành công nghiệp ô tô thế giới và Việt Nam cũng không đứng ngoài cuộc. Tuy vậy, vẫn còn những "ổ gà, ổ voi" gây trở ngại cho con đường phát triển xe điện Việt Nam.

VinFast hiện đang là thương hiệu ô tô điện nắm nhiều lợi thế nhờ sở hữu hệ thống 3.000 trạm sạc trên toàn quốc

Với mục tiêu đến năm 2050 đưa phát thải ròng bằng 0 và 100% phương tiện giao thông cơ giới đường bộ chuyển sang sử dụng điện và năng lượng xanh, ô tô điện chạy pin được xem là một trong những phương tiện giao thông xanh, đóng vai trò lớn để Việt Nam hiện thực hóa mục tiêu được Chính phủ đặt ra.

Chính vì vậy, Việt Nam đã áp dụng một số chính sách ưu tiên để phát triển ô tô điện. Một trong những chính sách quan trọng đang được thực hiện là miễn lệ phí trước bạ đối với ô tô điện chạy pin (BEV). Điều này giúp giảm giá thành và tăng tính cạnh tranh của ô tô điện trên thị trường. Ngoài ra, Chính phủ cũng đang khuyến khích đầu tư vào hạ tầng sạc điện công cộng để hỗ trợ việc sử dụng ô tô điện. Các chính sách khác bao gồm ưu đãi thuế và hỗ trợ tài chính cho các doanh nghiệp sản xuất và phân phối ô tô điện.

Tuy nhiên, con đường phát triển xe điện Việt vẫn còn những "ổ gà, ổ voi" cần được san lấp để có thể tăng trưởng tốt hơn.

HẠ TẦNG TRẠM SẠC Ô TÔ ĐIỆN VẪN CÒN HẠN CHẾ

Để thúc đẩy thị trường xe điện phát triển, điều tất yếu là phải có một hạ tầng trạm sạc đầy đủ, đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng đi xe điện, bao gồm nguồn cung cấp điện, các trạm sạc, pin và quy trình xử lý pin. Trên thực tế, hạ tầng trạm sạc ô tô điện tại Việt Nam đang được hình thành, tuy nhiên vẫn còn hạn chế và cần được nâng cấp để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của thị trường ô tô điện.

Theo kết quả khảo sát mới đây của Vero - đơn vị tư vấn truyền thông thương hiệu tại ASEAN, hạn chế về hạ tầng trạm sạc là thách thức lớn khiến người tiêu dùng e ngại chuyển sang sử dụng ô tô điện. Có đến 90% người dùng không chọn mua xe điện vì họ cho rằng việc thiếu hụt hệ thống trạm sạc sẽ ảnh hưởng quá trình sử dụng xe điện, nhất là khi đi xe đường dài.

Một trong những vấn đề lớn với hệ thống trạm sạc ô tô điện tại Việt Nam là thiếu các bãi đậu xe có lắp trạm sạc cũng như thiếu các trạm sạc bố trí trên

EV One là đơn vị cung cấp hạ tầng trạm sạc cho nhiều thương hiệu ô tô điện khác nhau

các tuyến đường tỉnh, điều này khiến người dùng xe điện lo lắng khi đi từ tỉnh này sang tỉnh khác. Mặc dù có sự gia tăng doanh số ô tô điện nội địa và sự tham gia tích cực của các hãng xe điện nhập khẩu, nhưng hệ thống trạm sạc hiện tại vẫn chưa đáp ứng được nhu cầu. Chính phủ đã có những giải pháp để thúc đẩy phát triển xe điện tại Việt Nam. Bộ GTVT cũng đã đề xuất chính sách hỗ trợ chuyển đổi sang xe ô tô điện và kiến nghị Chính phủ sớm có quy định về hệ thống trạm sạc điện trong hạ tầng kỹ thuật đô thị.

DỠ BỎ RÀO CẢN GIÁ THÀNH XE ĐIỆN

Ngoài rào cản về hệ thống trạm sạc, giá xe cũng là một trong những lý do được đưa ra khi nói về thách thức của thị trường ô tô điện. Giá ô tô điện tại Việt Nam vẫn còn khá cao so với ô tô chạy bằng động cơ đốt trong. Nguyên nhân chủ yếu là do chi phí sản xuất ô tô điện vẫn đắt đỏ và cần phải nhập khẩu nhiều linh kiện từ nước ngoài.

Hiện tại, các mẫu xe điện VinFast đang bán dao động từ khoảng 500 triệu đồng đến hơn 1,5 tỷ đồng, tùy thuộc vào từng dòng xe. Thị trường cũng đang đón nhận các mẫu xe điện mới như Kia EV6 hay Hyundai Ioniq 5. Các dòng xe điện của những thương hiệu khác như Porsche hay Mercedes hầu hết đều nằm ngoài tầm với của người tiêu dùng đại chúng.

Tuy nhiên, với sự phát triển của công nghệ và quy mô sản xuất tăng lên, dự kiến giá ô tô điện sẽ giảm dần trong tương lai. Đặc biệt, thị trường đã có sự tham gia của ngày càng nhiều các mẫu xe điện bình dân hơn như các mẫu xe cỡ nhỏ của Trung Quốc Wuling Hongguang Mini EV hay sắp tới sẽ là những thương hiệu như Lynk & Co, Haval.

Những chính sách hỗ trợ như mức nộp lệ phí trước bạ lần đầu của ô tô điện chạy pin bằng 0% sẽ giúp giá lăn bánh xe ô tô điện giảm đáng kể, có cơ hội cạnh tranh với các mẫu xe đốt trong. Hàng loạt các mẫu xe điện từ các thương hiệu mới dự kiến ra mắt thị trường trong thời gian tới sẽ giúp người tiêu dùng có thêm nhiều lựa chọn.

Thực tế, thách thức của thị trường xe điện là điều không thể tránh khỏi. Không chỉ Việt Nam mà các thị trường xe điện khác trên thế giới đều gặp phải. Tuy nhiên, thị trường xe điện có tiềm năng phát triển lớn. Thời điểm này, Chính phủ cùng với các thương hiệu đang nỗ lực thúc đẩy thị trường, các hãng xe có cơ hội vàng thu hút người tiêu dùng, xây dựng lòng tin và thiết lập một vị thế vững chắc để có được "trái ngọt" dài hạn ❑

TUYÊN TRUYỀN VỀ XỬ PHẠT VI PHẠM HÀNH CHÍNH TRONG LĨNH VỰC ĐƯỜNG BỘ VÀ CÁC QUY ĐỊNH CÓ LIÊN QUAN VỀ ĐẢM BẢO TRẬT TỰ ATGT

Nâng cao hiệu quả thiết bị giám sát hành trình

KHÁNH LÊ

Phát huy hiệu quả từ thiết bị giám sát hành trình (TBGSHT) trong quản lý, điều hành và đảm bảo ATGT trong vận tải hành khách cố định, Cục Đường bộ Việt Nam (ĐBVN) đã có nhiều giải pháp nhằm nâng cao năng lực quản lý nhà nước đối với lĩnh vực vận tải hành khách.

THU HỒI PHÙ HIỆU TRÊN 20 NGHÌN PHƯƠNG TIỆN

Thời gian qua, tình trạng "xe dù, bến cóc", xe hợp đồng trá hình, xe tuyến cố định bỏ bến, các phương tiện kinh doanh vận tải đã bị đình chỉ, tước phù hiệu nhưng vẫn thực hiện đón, trả khách; các phương tiện bỏ bến, thu tiền cao hơn giá vé niêm yết; các phương tiện mang phù hiệu xe hợp đồng nhưng chạy như tuyến cố định... diễn ra tại nhiều địa phương.

Trao đổi với Tạp chí GTVT, lãnh đạo Cục ĐBVN cho biết, hiện nay tình trạng sử dụng xe hợp đồng ứng dụng phần mềm hợp đồng điện tử, xe hợp đồng chất lượng cao Limousine tiếp tục tham gia kinh doanh vận tải ngày càng nhiều. Đây là loại phương tiện có thực hiện các quy định đối với xe hợp đồng như: có đăng ký đề nghị cấp phù hiệu xe hợp đồng, sử dụng hợp đồng điện tử để ký hợp đồng với hành khách, thông báo hợp đồng vận chuyển, thỏa thuận hợp đồng cũng như danh sách hành khách... Các phương tiện này hoạt động khá cơ động, có thể thực hiện đưa, đón khách tại nhà, hoạt động vào tất cả các khung giờ cố định trong ngày và có thể tiếp cận đến các tuyến phố, khu dân cư một cách dễ dàng, hàng ngày đều chạy theo một tuyến nhất định kết nối các khu đô thị và các vùng phụ cận, đặc biệt là giữa các thành phố lớn với các tỉnh lân cận (với cự ly gần) và ngược lại, gây ra tình trạng mất trật tự ATGT, cạnh tranh không lành mạnh giữa các loại hình kinh doanh vận tải.

Trước vấn đề này, ngày

18/01/2023, Cục ĐBVN đã có Văn bản số 446/CĐBVN-QLVT, PT&NL gửi các sở GTVT yêu cầu rà soát, kiểm tra và xử lý các phương tiện kinh doanh vận tải hành khách thông qua Hệ thống TBGSHT. Tiếp theo đó, ngày 28/7/2023, Bộ GTVT đã có Văn bản số 8111/BGTVT-VT gửi UBND các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương về việc tăng cường kiểm tra, xử lý "xe dù, bến cóc", xe trá hình tuyến cố định trên địa bàn địa phương với mục đích tiếp tục đảm bảo ATGT, an ninh trật tự cũng như nâng cao chất lượng dịch vụ vận tải nhằm đáp ứng tốt nhu cầu đi lại của người dân, đồng thời tăng cường công tác quản lý nhà nước trong lĩnh vực hoạt động vận tải đường bộ bằng xe ô tô.

Qua thống kê, trong 8 tháng đầu năm, các sở GTVT đã kiểm tra, trích xuất dữ liệu trên Hệ thống xử lý dữ liệu từ thiết bị, qua đó đã xử lý, thu hồi phù hiệu đối với 20.316 phương tiện (đối với các trường hợp vi phạm tốc độ từ 5 lần/1.000 km trở lên), đồng thời chấn chỉnh, nhắc nhở đối với 156.400 phương tiện có vi phạm quá tốc độ, vi phạm quá thời gian lái xe, vi phạm không truyền dữ liệu.

TĂNG CƯỜNG XỬ LÝ "NGUỘI"

Bà Phan Thị Thu Hiền, Phó Cục trưởng Cục ĐBVN cho biết, qua hệ thống giám sát, Cục ĐBVN đã rà soát, trích xuất dữ liệu, kiểm tra xác suất một số xe ô tô kinh doanh vận tải hành khách theo hợp đồng tại một số địa phương thông qua Hệ thống dữ liệu từ TBGSHT, từ đó phát hiện một số xe ô tô kinh doanh vận tải hành khách theo hợp đồng có tần suất hoạt động liên tục, lặp đi lặp lại trong một khoảng thời gian nhất định và có một số xe không truyền dữ liệu về Cục ĐBVN. Bên cạnh đó, để từng bước lập lại trật tự hoạt động vận tải, đảm bảo công bằng, bình đẳng giữa các loại hình kinh doanh vận tải, đảm bảo ATGT, nâng cao chất lượng dịch vụ vận tải đáp ứng nhu cầu đi lại của người dân, phát triển kinh tế - xã hội và tiếp tục tăng cường công tác quản lý nhà nước trong lĩnh vực hoạt động vận tải đường bộ bằng xe ô tô, Cục ĐBVN đề nghị các sở GTVT tiếp tục bố trí cán bộ theo dõi, khai thác và sử dụng dữ liệu từ TBGSHT trên hệ thống thông tin của Cục ĐBVN và của các đơn vị kinh doanh vận tải; tăng cường thực hiện kiểm tra, rà soát đối với các đơn vị kinh doanh vận tải hành khách theo tuyến cố định, theo hợp đồng để theo dõi, chấn chỉnh hoạt động vận tải hành khách bằng xe ô tô tại địa phương nhằm hạn chế tình trạng "xe dù, bến cóc", xe hợp đồng trá hình; tăng cường cán bộ chủ động khai thác, sử dụng dữ liệu từ thiết bị giám sát hành trình của xe ô tô, camera lắp đặt trên xe kinh doanh vận tải; rà soát, kiểm tra đối với các đơn vị kinh doanh vận tải hành khách theo tuyến cố định, theo hợp đồng; cảnh báo và xử lý theo quy định đối với các hành vi vi phạm hoạt động vận tải hành khách bằng xe ô tô.

Cục ĐBVN tiếp tục có văn bản yêu cầu các đơn vị kinh doanh vận tải hành khách theo hợp đồng trước khi đưa phương tiện ra vận chuyển hành khách phải thực hiện nghiêm các nội dung tại Nghị định số 10/2020/NĐ-CP ngày 17/01/2020 của Chính phủ quy định về kinh doanh và điều kiện kinh doanh vận tải bằng xe ô tô (đặc biệt là chú trọng đến quy định tại khoản 5 Điều 7 Nghị định 10/2020/NĐ-CP) và các văn bản quy phạm pháp luật khác có liên quan đến hoạt động vận tải đường bộ bằng xe ô tô.

Thanh tra các sở GTVT tiếp tục phối hợp với lực lượng chức năng tại địa phương tăng cường kiểm tra, rà soát và xử lý phương tiện kinh doanh vận tải hành khách hợp đồng vi phạm về hành trình, lịch trình chạy xe, thời gian bắt đầu thực hiện và kết thúc hợp đồng (ngày, giờ), địa chỉ điểm đầu, địa chỉ điểm cuối và các điểm đón, trả khách trên hành trình vận chuyển, cự ly hành trình vận chuyển, số lượng khách... được quy định tại các văn bản quy phạm pháp luật về hoạt động vận tải đường bộ bằng xe ô tô; tiếp tục công bố công khai trên các phương tiện thông tin đại chúng số điện thoại đường dây nóng của sở GTVT, đơn vị chức năng thuộc sở, bến xe, bãi đỗ xe và các lực lượng có chức năng liên quan để tiếp nhận thông tin phản ánh của người dân, đơn vị vận tải, lái xe và nhân viên phục vụ trên xe, qua đó kịp thời đưa ra các biện pháp xử lý theo quy định ❑

TUYÊN TRUYỀN VỀ XỬ PHẠT VI PHẠM HÀNH CHÍNH TRONG LĨNH VỰC ĐƯỜNG BỘ VÀ CÁC QUY ĐỊNH CÓ LIÊN QUAN VỀ ĐẢM BẢO TRẬT TỰ ATGT

Tăng cường khai thác dữ liệu giám sát hành trình

Văn bản của Cục Đường bộ Việt Nam (ĐBVN) yêu cầu các sở GTVT chỉ đạo các đơn vị kinh doanh vận tải khai thác, sử dụng dữ liệu từ thiết bị giám sát hành trình (TBGSHT), đồng thời nhắc nhở, chấn chỉnh và xử lý kịp thời đối với các trường hợp vi phạm. Tuyệt đối không đưa phương tiện không đảm bảo an toàn kỹ thuật, không lắp đặt TBGSHT, camera (đối với các xe thuộc đối tượng phải lắp camera) tham gia hoạt động kinh doanh vận tải; chịu trách nhiệm duy trì tình trạng kỹ thuật tốt, đảm bảo truyền dẫn, cung cấp đầy đủ, chính xác, liên tục các thông tin bắt buộc từ TBGSHT, camera theo quy định; không được sử dụng các biện pháp kỹ thuật, trang thiết bị ngoại vi, các biện pháp khác để can thiệp vào quá trình hoạt động, phá (hoặc làm nhiễu) sóng GPS, GSM hoặc làm sai lệch dữ liệu của TBGSHT, camera lắp trên xe ô tô; thực hiện nghiêm quy trình bảo đảm ATGT theo quy định tại Điều 4, Điều 5 của Thông tư số 12/2020/TT-BGTVT.

Tăng cường bảo mật thông tin

Nhằm đảm bảo an ninh, an toàn đối với các đơn vị sử dụng TBGSHT, Cục ĐBVN yêu cầu các đơn vị cung cấp thiết bị giám sát hành trình, camera, đơn vị cung cấp dịch vụ truyền dữ liệu thực hiện vận hành, bảo mật thông tin, dữ liệu của hệ thống, bảo đảm an toàn thông tin theo đúng quy định; rà soát việc truyền dữ liệu từ thiết bị giám sát hành trình lắp trên phương tiện đảm bảo đầy đủ, chính xác; không được sửa chữa và làm sai lệch dữ liệu trước hoặc trong khi truyền dữ liệu đối với toàn bộ phương tiện kinh doanh vận tải về máy chủ của Cục ĐBVN theo đúng quy định; kiểm tra, theo dõi để truyền đầy đủ, kịp thời, chính xác, xử lý kịp thời các sự cố phát sinh đảm bảo hệ thống vận hành ổn định, thông suốt theo đúng quy định tại Thông tư số 09/2015/TT-BGTVT; chịu trách nhiệm về chất lượng của TBGSHT, camera khi cung cấp ra thị trường theo đúng quy định của Luật Bảo vệ quyền lợi người tiêu dùng, Luật Chất lượng sản phẩm, hàng hóa và Nghị định số 132/2008/NĐCP.

Khẩn trương cập nhật dữ liệu trên các tuyến cao tốc mới

Cục ĐBVN có văn bản hướng dẫn các sở GTVT xử lý đối với các trường hợp vi phạm về thời gian lái xe, tốc độ khi đi vào một số tuyến cao tốc mới đưa vào khai thác. Cụ thể, đối với việc xử lý các trường hợp vi phạm quá tốc độ theo quy định hiện nay, trên hệ thống xử lý dữ liệu từ TBGSHT, Cục ĐBVN chưa cập nhật xong biển báo tốc độ trên các tuyến cao tốc (gồm: Nha Trang - Cam Lâm, Trung Lương - Mỹ Thuận, La Sơn - Túy Loan, Vân Đồn - Móng Cái, Phan Thiết - Dầu Giây, Vĩnh Hảo - Phan Thiết và Mai Sơn - QL45). Vì vậy, trước khi thực hiện xử lý, đề nghị sở GTVT có thông báo, yêu cầu đơn vị kinh doanh vận tải kiểm tra đối với từng trường hợp vi phạm, đồng thời thực hiện kiểm tra, rà soát từng lần vi phạm quá tốc độ tại báo cáo chi tiết quá tốc độ để xác định chính xác số lần vi phạm tại các thời điểm phương tiện đi qua các tuyến đường nêu trên.

Tạo điều kiện cho doanh nghiệp vận tải tuyến cố định

Theo Hiệp hội Vận tải ô tô Việt Nam, hiện nhiều phương tiện vận tải tuyến cố định muốn đi vào các tuyến cao tốc mới đưa vào khai thác nhưng bị lực lượng CSGT không cho vào do không có mã QR trên biển tuyến cố định mà Bộ GTVT đã đồng ý. Để hỗ trợ, tạo điều kiện cho các đơn vị kinh doanh vận tải hành khách theo tuyến cố định, đồng thời nâng cao công tác quản lý nhà nước trong lĩnh vực GTVT, Cục ĐBVN đề nghị sở GTVT các tỉnh, thành phố căn cứ theo các quy định tại Điều 4, Điều 20 của Nghị định số 10/2020/NĐ-CP ngày 17/01/2020 của Chính phủ, Khoản 5 Điều 22 của Thông tư số 12/2020/TT-BGTVT ngày 29/5/2020 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định: "Trong quá trình tổ chức thực hiện, nếu có phát sinh như: Có tuyến đường mới được đưa vào khai thác; bến xe mới công bố được đưa vào khai thác, bến xe ngừng hoạt động hoặc do các vấn đề phát sinh khác dẫn đến phải cập nhật, điều chỉnh, bổ sung vào Danh mục mạng lưới tuyến vận tải hành khách cố định".

Đối với những đơn vị kinh doanh vận tải hành khách theo tuyến cố định có nhu cầu muốn di chuyển trên các đường cao tốc mới đưa vào khai thác, đề nghị sở GTVT có văn bản đề xuất điều chỉnh, lấy ý kiến thống nhất của sở GTVT đối lưu báo cáo Cục ĐBVN cập nhật và báo cáo Bộ GTVT ban hành theo quy định.

Mở cao điểm xử lý vi phạm xe kinh doanh vận tải

Theo Cục CSGT (Bộ Công an), thực hiện cao điểm xử lý vi phạm liên quan đến xe kinh doanh vận tải hành khách và xe container, trong 15 ngày tổng kiểm soát (từ ngày 15 - 29/8), lực lượng CSGT phát hiện 22.013 phương tiện vi phạm, trong đó: 16.526 xe khách, 5.487 xe ô tô vận tải container; xử lý 22.451 lỗi vi phạm, trong đó vi phạm về nồng độ cồn là 46 trường hợp, ma túy là 13 trường hợp, vi phạm tốc độ 1.204 trường hợp, chở quá số người quy định 3.209 trường hợp, vi phạm tải trọng 273 trường

hợp... Từ ngày 15 - 29/8, toàn quốc xảy ra 45 vụ TNGT có liên quan đến xe ô tô chở khách và ô tô vận tải container, làm chết 28 người, bị thương 29 người; so với cùng thời điểm tháng 7 giảm 14 vụ (-23,73%), giảm 6 người chết (-17,65%), giảm 6 người bị thương (-17,14%).

Hà Nội: Thu hồi 750 phù hiệu do vi phạm tốc độ

Ông Đào Việt Long, Phó Giám đốc Sở GTVT Hà Nội vừa ký quyết định thu hồi 750 phù hiệu, biển hiệu ô tô vi phạm tốc độ thông qua trích xuất dữ liệu GSHT của Cục ĐBVN với lý do trong 1 tháng có 5 lần vi phạm tốc độ/1.000 km xe chạy, theo quy định tại điểm b, khoản 10, Điều 22 của Nghị định số 10/2020/NĐ-CP. Theo đó, các đơn vị kinh doanh vận tải có phương tiện bị thu hồi nộp lại phù hiệu, biển hiệu về Sở GTVT Hà Nội kể từ ngày quyết định có hiệu lực. Đơn vị kinh doanh vận tải không được sử dụng các phương tiện nêu trên để tham gia hoạt động kinh doanh vận tải trong thời gian phương tiện đó bị thu hồi phù hiệu. Đồng thời, tổ chức kiểm điểm, chấn chỉnh công tác quản lý hoạt động của bộ phận theo dõi ATGT, đội ngũ lái xe nghiêm chỉnh chấp hành đúng các quy định; tổng hợp báo cáo việc chấn chỉnh, khắc phục vi phạm tại đơn vị.

Hoà Bình: Xử lý 950 phương tiện không truyền dữ liệu

Bà Trần Thị Thu Hiền, Trưởng phòng Quản lý vận tải, phương tiện và người lái, Sở GTVT tỉnh Hòa Bình cho biết, từ đầu năm đến nay, Sở đã thu hồi 78 phù hiệu phương tiện kinh doanh vận tải vi phạm tốc độ qua trích xuất dữ liệu từ hệ thống TBGTHT, đồng thời tham mưu cho lãnh đạo Sở yêu cầu Thanh tra Sở kiểm tra, rà soát, xử lý đối với hơn 950 phương tiện vận tải không thực hiện việc truyền dữ liệu theo quy định. Thông qua việc trích xuất dữ liệu GSHT của Cục ĐBVN cho thấy có hơn 700 phương tiện xe tải thuộc các đơn vị kinh doanh vận tải trên địa bàn tỉnh vi phạm thời gian lái xe, không thực hiện việc truyền dữ liệu lên hệ thống GSHT của Cục. Phòng đã tham mưu cho lãnh đạo Sở yêu cầu Thanh tra Sở tăng cường công tác kiểm tra, rà soát và xử lý theo quy định đối với các trường hợp xe không thực hiện việc truyền dẫn dữ liệu theo quy định của pháp luật.

Nam Định: Nhiều xe không truyền dữ liệu cả tháng

Theo Sở GTVT tỉnh Nam Định, trong tháng 7 có rất nhiều phương tiện không truyền dữ liệu từ 10 ngày trở lên hoặc truyền dữ liệu không đầy đủ lên đến 1.184 xe, trong đó có nhiều xe tắt dữ liệu cả 31 ngày. Trong tháng có 18.071 lần các phương tiện vi phạm tốc độ dưới 5 lần và 70 xe vi phạm tốc độ quá 5 lần trên 1.000 km hành trình. Riêng lái xe vi phạm quá 4h liên tục lên đến 16.928 lần và vi phạm thời gian lái quá 10h trong ngày có 160 lần.

Bình Định: Xe không truyền dữ liệu vẫn cho xuất bến

Lãnh đạo Sở GTVT tỉnh Bình Định cho biết vừa ra quyết định xử phạt vi phạm hành chính đối với 2 đơn vị là Bến xe khách Bồng Sơn với lỗi "Thực hiện không đúng, không đầy đủ quy trình đảm bảo ATGT cho xe ra, vào bến" theo điểm d, khoản 7 Điều 28 Nghị định 100/2019/NĐ-CP với số tiền 22 triệu đồng và Công ty CP Vận tải Đạt Thành 11 triệu đồng về hành vi vi phạm "Phương tiện quản lý không truyền dữ liệu TBGSHT" theo điểm C khoản 6 Điều 28 Nghị định 100/2019/NĐ-CP.

Cụ thể, đối với Bến xe Bồng Sơn, việc thực hiện quy trình đảm bảo ATGT đối với bến xe trước khi cho xe ô tô BKS 77F-001.32 của Công ty CP Vận tải Đạt Thành xuất bến, xe có lắp TBGSHT và camera. Trước khi xe vào vị trí đón khách tại bến xe, nhân viên bến xe đã đăng nhập hệ thống để kiểm tra dữ liệu vị trí tại bến xe nhưng trên hệ thống TBGSHT không có dữ liệu, tuy nhiên Bến xe Bồng Sơn vẫn cho xe BKS 77F-001.32 xuất bến. Sau đó, chiếc xe này đã gây tai tai nạn khiến 13 người bị thương tại địa bàn tỉnh Quảng Nam.

Phương tiện bị thu hồi phù hiệu không được tham gia kinh doanh

Bà Nguyễn Thu Thảo, Phó Giám đốc Sở GTVT tỉnh Sóc Trăng cho biết, Sở vừa ra quyết định thu hồi phù hiệu vận tải cấp cho xe mang BKS 83C-029.19 của Công ty TNHH Sơn Phụng do vi phạm khoản 9, Điều 22 của Nghị định 10/2020/NĐ-CP. Công ty không được sử dụng xe mang BKS 83C-029.19 để tham gia hoạt động kinh doanh vận tải trong thời gian bị tước quyền sử dụng phù hiệu (từ ngày 30/8 - 30/10/2023) theo quy định tại điểm n, khoản 12, Điều 22 của Nghị định 10/2020/NĐ-CP. Sau khi hết thời gian bị tước quyền sử dụng phù hiệu, nếu đơn vị có nhu cầu tiếp tục phương tiện để tham gia hoạt động kinh doanh vận tải thì phải làm thủ tục cấp lại phù hiệu theo quy định. Thanh tra giao thông có trách nhiệm theo dõi, giám sát, kiểm tra, xử lý nghiêm đối với trường hợp đơn vị cố tình sử dụng phương tiện nêu trên tham gia hoạt động kinh doanh vận tải trong thời gian bị tước quyền sử dụng phù hiệu ❑

PV

Bài toán phát triển vận tải buýt Hà Nội
Góc nhìn từ các chuyên gia, nhà khoa học

Xây dựng làn ưu tiên cho xe buýt giúp nâng cao năng lực của hệ thống

Dưới góc nhìn của một số nhà khoa học, nhà quản lý, để hoạt động vận tải bằng xe buýt nói chung và buýt Hà Nội nói riêng phát triển xứng tầm, hiệu quả và bền vững thì cần có sự điều chỉnh trong quy hoạch, cơ sở hạ tầng, đặc biệt là cách tiếp cận đối với hàng khách sử dụng dịch vụ. Đây là lăng kính ở góc độ nghiên cứu, khoa học, vì vậy các nhà quản lý, hoạch định chính sách có thể tham khảo để áp dụng cho vận tải buýt Thủ đô.

Theo PGS. TS. Nguyễn Thanh Chương và nhóm nghiên cứu Trường Đại học GTVT, vận tải hành khách công cộng (VTHKCC) là "trái tim" của hệ thống đi lại tại các thành phố vì nó cho phép người dân có thể di chuyển dễ dàng giữa các khu vực bất chấp những hạn chế về khả năng tài chính và sở hữu phương tiện cá nhân. Tuy nhiên, Nhà nước không thể đảm nhiệm toàn bộ các khâu của cung ứng dịch vụ này. Thay vào đó, mô hình được cho là phù hợp nhất là Nhà nước đóng vai trò quản lý và tạo cơ chế chính sách hỗ trợ cho các doanh nghiệp tư nhân tham gia cung ứng và kinh doanh dịch vụ buýt. Khác với dịch vụ kinh doanh đơn thuần, vận tải hành khách công cộng bằng xe buýt cần phải được nhìn nhận ở góc độ tổng hợp - tức là trên quan điểm phát triển bền vững.

Nhóm nghiên cứu đề xuất khung các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả VTHKCC bằng xe buýt tại Hà Nội, được chia thành 5 nhóm: Nhóm đặc điểm và chất lượng của dịch vụ; Nhóm các đặc điểm xã hội và địa lý của khu vực hoạt động; Nhóm tổ chức quản lý; Nhóm trợ giá; Nhóm cuối cùng là các yếu tố khác - chủ yếu gắn với các vấn đề môi trường.

Phân tích về gia tăng tiện ích và công năng sử dụng tại các điểm dừng nhà chờ xe buýt nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ và tăng tính thu hút cho dịch vụ vận tải xe buýt, PGS. TS. Nguyễn Thị Bích Hằng, Phân hiệu tại TP. Hồ Chí Minh, Trường Đại học GTVT đánh giá, đối với hệ thống vận tải xe buýt, điểm dừng, nhà chờ là nơi hành khách tiếp cận hệ thống và bắt đầu hành trình, cũng là nơi họ kết thúc hành trình và rời khỏi hệ thống. Nó không chỉ là điểm tiếp xúc đầu tiên về mặt vật lý mà còn là nơi diễn ra "cái chạm" đầu tiên của dịch vụ với tâm lý của hành khách, tạo ấn tượng ban đầu và quy định hình ảnh tâm lý của hành khách về dịch vụ, từ đó tác động đáng kể đến cảm xúc, thái độ, quyết định, hành vi của khách hàng đối với dịch vụ xe buýt.

PGS. TS. Nguyễn Thị Bích Hằng đề xuất bổ sung các ke đón/trả hành khách tại các điểm dừng xe buýt; tăng khả năng nhận diện vị trí điểm dừng xe buýt (như biển báo và cột nhận diện…); tăng "sức sống" cho các điểm dừng, nhà chờ xe buýt bằng cách cần được thiết kế theo hướng tạo môi trường tiện nghi cho hành khách và kết nối đa dịch vụ để giúp cho việc đi lại của hành khách thoải mái hơn. Muốn vậy, các điểm dừng, nhà chờ xe buýt có thể được kết hợp với các tiện nghi đô thị khác như: tích hợp dịch vụ bán sách báo, tạp chí ấn phẩm, cửa hàng bán đồ ăn nhanh, cafe, khu vui chơi trẻ em, dịch vụ ATM, máy bán nước, máy bán vé tự động... để nâng cao trải nghiệm tổng thể của người dùng phương tiện công cộng. Tiếp đó, cần bổ sung các trang thiết bị cần thiết tại các điểm dừng (ánh sáng xung quanh, thùng rác, camera giám sát…). Ngoài ra, cần thiết kế điểm dừng đỗ thân thiện môi trường và giảm thiểu các tác động của thời tiết khí hậu đến không gian chờ của hành khách; xây dựng các cơ chế, chính sách cho hoạt động vận hành khai thác các điểm dừng nhà chờ xe buýt.

Còn theo PGS. TS. Nguyễn Văn Điệp, Trường Đại học GTVT, đo lường mức độ hài lòng của hành khách khi họ sử dụng VTHKCC bằng xe buýt là một việc làm hết sức quan trọng và nên được tiến hành định kỳ, bởi vì qua kết quả đo lường, các chủ thể liên quan sẽ biết được hiện tại hành khách hài lòng cao hay thấp khi họ sử dụng xe buýt để đi lại, biết được một cách cụ thể những hạn chế của VTHKCC nói chung, xe buýt nói riêng, qua đó sẽ đưa ra được giải pháp hoàn thiện tối ưu. Việc đánh giá chất lượng dịch vụ thông qua đo lường sự hài lòng của hành khách là một trong những cách làm rất hiệu quả. Thông qua việc đo lường đó, chúng ta sẽ biết được bản thân hệ thống VTHKCC bằng xe buýt còn tồn tại những khiếm khuyết gì, những nội dung nào chưa được hành khách hài lòng, nội dung nào được hành khách quan tâm nhiều nhất, nội dung nào được hành khách đánh giá tốt, từ đó doanh nghiệp cung cấp dịch vụ, cơ quan quản lý nhà nước sẽ có cơ sở để ra giải pháp hoàn thiện chất lượng dịch vụ, nâng cao sự hài lòng của hành khách, thu hút người dân sử dụng xe buýt để đi lại, giảm tắc nghẽn giao thông một cách hiệu quả.

Các yếu tố ảnh hưởng sự hài lòng của hành khách khi sử dụng VTHKCC bằng xe buýt như: Dạng tuyến vận chuyển; khoảng cách bình quân giữa hai điểm dừng; sự hợp lý về vị trí điểm dừng; tỷ lệ điểm dừng có thiết kế và xây dựng nhà chờ; chất lượng phương tiện vận tải; giá vé và các yếu tố khác.

Trong nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng tới chuyển tuyến bằng xe buýt tại TP. Hà Nội, ThS. Hà Thanh Tùng, Trường Đại học GTVT đánh giá, để thực hiện chuyến đi, phần lớn hành khách cần chuyển tuyến giữa các tuyến buýt. Vì vậy, cần phải nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng tới việc chuyển tuyến bằng xe buýt, từ đó xác định vai trò các yếu tố ảnh hưởng và đề xuất các giải pháp trong thiết kế mạng lưới tuyến và phối hợp giữa các tuyến buýt đảm bảo chất lượng dịch vụ cung cấp cho hành khách là cao nhất. Theo ThS. Hà Thanh Tùng, các yếu tố ảnh hưởng tới chuyển tuyến VTHKCC bằng xe buýt gồm có: Yếu tố thời gian chuyển tuyến giữa 2 tuyến: đảm bảo thời gian khai thác của các tuyến buýt trong cùng một thời điểm giúp chuyến đi của hành khách phải thông suốt, giảm thời gian chờ đợi và năng lực vận chuyển phù hợp giữa 2 tuyến; Yếu tố về điểm chuyển tiếp (điểm dừng hoặc điểm trung chuyển); Yếu tố thông tin chuyển tiếp giữa 2 tuyến; Yếu tố về hệ thống vé chuyển tiếp giữa 2 tuyến.

Trong nghiên cứu xây dựng làn đường ưu tiên cho xe buýt ứng dụng cho TP. Hà Nội, TS. Nguyễn Minh Hiếu, Trường Đại học GTVT cho rằng cần thiết phải có giải pháp đột phá về cơ sở hạ tầng, đó là xây dựng làn ưu tiên cho xe buýt để nâng cao năng lực của hệ thống, tạo điều kiện nâng cao chất lượng dịch vụ.

TS. Nguyễn Minh Hiếu đề xuất xây dựng làn ưu tiên cho xe buýt ở Hà Nội trên nguyên tắc phát triển làn ưu tiên trên các tuyến đồng bộ, theo hướng kết hợp, tạo thành mạng thay vì bố trí trên các tuyến đường đơn lẻ, rời rạc. Các làn ưu tiên cho xe buýt nên được bố trí ở ngoài vành đai 1, theo các hướng trục hiện có công suất luồng hành khách lớn, tần suất hoạt động của xe buýt cao. Bên cạnh đó, các tuyến đường có từ 3 làn trở lên theo mỗi hướng được phân tách bằng dải phân cách cứng cần xem xét mở làn ưu tiên cho xe buýt. Trong quá trình xây dựng các làn ưu tiên cần có giải pháp đồng bộ, đảm bảo hạn chế tối đa sự xâm phạm của các phương tiện cá nhân thông qua hệ thống giám sát thủ công (lực lượng tuần tra kiểm soát) và hệ thống camera ở đường cũng như trên phương tiện.

TS. Nguyễn Minh Hiếu nêu phương án ưu tiên xây dựng các làn dành cho xe buýt trên nền các tuyến BRT theo quy hoạch làm cơ sở cho phát triển BRT sau này cũng như nâng cao năng lực phục vụ của các tuyến buýt thường. Đối với các đoạn tuyến này, cần thống nhất áp dụng tiêu chuẩn đối với làn đường dành cho BRT ngay từ đầu để đảm bảo tính đồng bộ và hạn chế các chi phí phát sinh cho các giai đoạn sau.

TS. Nguyễn Minh Hiếu đề xuất nghiên cứu xây dựng làn ưu tiên dành cho xe buýt trên các tuyến đường/phố lớn ở khu vực đường Vành đai 2 và 3 và các trục giao thông lớn từ nay đến năm 2025. Trong giai đoạn 2026 - 2030 và tầm nhìn tới 2050, tiếp tục xây dựng các tuyến dành cho xe buýt ở các trục nối đô thị vệ tinh (Xuân Mai, Hòa Lạc, Sơn Tây...) với đường Vành đai 3; các tuyến đường có BRT hoạt động.

Với việc làn ưu tiên cho xe buýt được thực hiện, tốc độ xe buýt có thể cải thiện đáng kể (đạt trên mức 20 km/h), tính an toàn và công suất của hệ thống được nâng cao. Đây là cơ sở quan trọng để thu hút thêm hành khách và thực hiện mục tiêu tăng tỷ lệ đáp ứng của VTHKCC lên mức 20% ❑

PV

Nâng cao chất lượng phục vụ luôn là nhiệm vụ trọng tâm, hàng đầu của buýt Thủ đô

Công bố thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực đăng kiểm thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT

Ngày 25/8/2023, Bộ GTVT đã ban hành Quyết định số 1079/QĐ-BGTVT công bố thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực đăng kiểm thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT.

Theo đó, công bố kèm theo Quyết định thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực đăng kiểm thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT. Cụ thể: 3 thủ tục hành chính do Trung ương giải quyết và 1 thủ tục hành chính do Trung ương và địa phương giải quyết.

Nội dung cụ thể của từng thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực đăng kiểm thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT được quy định chi tiết trong Phụ lục Quyết định.

Quyết định này có hiệu lực thi hành kể từ ngày 15/9/2023.

Công bố thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực hàng hải thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT

Ngày 10/8/2023, Bộ GTVT đã ban hành Quyết định số 996/QĐ-BGTVT công bố thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực hàng hải thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT.

Công bố kèm theo Quyết định này thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực hàng hải thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT.

Quyết định này có hiệu lực thi hành kể từ ngày 1/9/2023.

Khẩn trương công bố Quy hoạch phát triển hệ thống cảng cạn thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050

Ngày 30/8/2023, Bộ GTVT đã có Văn bản số 9693/BGTVT-KHĐT yêu cầu Cục Hàng hải Việt Nam khẩn trương công bố Quy hoạch phát triển hệ thống cảng cạn thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 theo Quyết định số 979/QĐ-TTg ngày 22/8/2021 của Thủ tướng Chính phủ.

Theo đó, Bộ GTVT giao Cục Hàng hải Việt Nam khẩn trương xây dựng, thực hiện kế hoạch công bố Quy hoạch theo quy định tại Điều 40 Luật Quy hoạch và Điều 5 Nghị định số 37/2019/NĐ-CP ngày 7/5/2019 của Chính phủ (đăng tải thông tin Quy hoạch trên trang điện tử của Bộ GTVT và Cục Hàng hải Việt Nam; Công bố Quy hoạch trên phương tiện thông tin đại chúng; công bố Quy hoạch thông qua mô hình, hệ thống sơ đồ, bản đồ quy hoạch; tổ chức Hội nghị trực tuyến để phổ biến nội dung Quy hoạch; phát hành ấn phẩm để gửi các cơ quan, đơn vị có tên trong "nơi nhận" ghi tại Quyết định số 979/QĐ-TTg ngày 22/8/2021 của Thủ tướng Chính phủ...)

Cục Hàng hải Việt Nam báo cáo bằng văn bản gửi Bộ GTVT về kế hoạch công bố trước ngày 1/9/2023, bảo đảm công bố quy hoạch chậm nhất là 15 ngày kể từ ngày quy hoạch được phê duyệt theo quy định tại Điều 38 Luật Quy hoạch.

Công bố thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực đường sắt thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT

Bộ GTVT vừa ban hành Quyết định số 994/QĐ-BGTVT về việc công bố thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung trong lĩnh vực đường sắt thuộc phạm vi chức năng quản lý của Bộ GTVT.

Theo đó, có 10 thủ tục hành chính được sửa đổi, bổ sung bao gồm: Cấp giấy chứng nhận đăng ký phương tiện giao thông đường sắt; cấp lại giấy chứng nhận đăng ký phương tiện giao thông đường sắt; xóa, thu hồi giấy chứng nhận đăng ký phương tiện giao thông đường sắt; chấp thuận chủ trương kết nối các tuyến đường sắt; cấp giấy phép kết nối các tuyến đường sắt; gia hạn giấy phép kết nối, bãi bỏ kết nối các tuyến đường sắt; cấp giấy phép lái tàu cho lái tàu trên các tuyến đường sắt đang khai thác; cấp giấy phép lái tàu cho các lái tàu đầu tiên trên các tuyến đường sắt đô thị mới đưa vào khai thác, vận hành có công nghệ lần đầu sử dụng tại Việt Nam; cấp lại giấy phép lái tàu; cấp giấy phép lái tàu trên đường sắt đô thị cho người nước ngoài đã có giấy phép lái tàu do cơ quan nhà nước có thẩm quyền nước ngoài cấp.

Quyết định này có hiệu lực thi hành kể từ ngày 1/9/2023.

Hợp nhất Thông tư Quy định chất lượng dịch vụ hàng khách tại cảng hàng không

Bộ GTVT vừa ban hành Văn bản hợp nhất số 45/VBHN-BGTVT ngày 7/8/2023 hợp nhất Thông tư Quy định chất lượng dịch vụ hành khách tại cảng hàng không.

Theo đó, Thông tư số 36/2014/TT-BGTVT ngày 29/8/2014 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định chất lượng dịch vụ hành khách tại cảng hàng không, có hiệu lực kể từ ngày 1/12/2014 được sửa đổi, bổ sung bởi:

Thông tư số 27/2017/TT-BGTVT ngày 25/8/2017 của Bộ trưởng Bộ GTVT sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 36/2014/TT-BGTVT ngày 29/8/2014 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định chất lượng dịch vụ hành khách tại cảng hàng không, có hiệu lực kể từ ngày 1/11/2017;

Thông tư số 19/2023/TT-BGTVT ngày 30/6/2023 sửa đổi, bổ sung, bãi bỏ một số điều của các Thông tư quy định liên quan đến vận tải hàng không, có hiệu lực kể từ ngày 1/9/2023 ❑