

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM



NCS. NGUYỄN ĐỨC HẠNH

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HỖN HỢP NHIÊN LIỆU DẦU THỰC
VẬT - DIESEL ĐẾN PHUN NHIÊN LIỆU, TẠO HỖN HỢP, CHÁY VÀ TÍNH
NĂNG CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY**

Tóm tắt luận án tiến sĩ kỹ thuật

NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC; MÃ SỐ 9520116
CHUYÊN NGÀNH: KHAI THÁC, BẢO TRÌ TÀU THỦY

Hải Phòng - 2020

Công trình được hoàn thành tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS. TSKH. ĐẶNG VĂN UY
2. PGS. TS. NGUYỄN ĐẠI AN

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án tiến sĩ cấp Trường hợp tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam vào hồi.....giờ.....phút, ngày.....tháng.....năm.....2020

Có thể tìm hiểu luận án tại Thư viện Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Hiện nay, ô nhiễm môi trường và cạn kiệt nguồn tài nguyên thiên nhiên là vấn đề mang tính toàn cầu, mà Việt Nam không phải là ngoại lệ. Nhằm giải quyết điều này một cách chiến lược, Liên hiệp quốc cùng với các cơ quan đại diện như Tổ chức năng lượng quốc tế (IAEA), Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO)... đã đưa ra những khuyến cáo thông qua các bộ luật quốc tế mang tính bắt buộc về sử dụng tiết kiệm năng lượng, hạn chế phát thải khí độc hại ra môi trường. Trong lĩnh vực hàng hải, mà Việt Nam là thành viên chính thức của IMO từ năm 1983, với đội tàu vận tải biển có tổng trọng tải trên 8 triệu tấn DWT, Phụ lục VI thuộc Bộ luật MARPOL 73/78 đã đưa ra những tiêu chuẩn về phát thải (NO_x , SO_x , CO_2 ...) rất khắt khe đối với các động cơ diesel được lắp đặt trên tàu làm động lực chính lai chong chóng, cũng như được sử dụng với các mục đích khác. Theo Phụ lục này, khi các tàu được trang bị các động cơ diesel nếu không đáp ứng các tiêu chuẩn về phát thải sẽ không được cập cảng của các nước thành viên khác của IMO và như vậy sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng đến chiến lược kinh doanh vận tải của các đội tàu của các quốc gia, trong đó có nước ta.

Từ khi Phụ lục VI, MARPOL 73/78 có hiệu lực toàn cầu (2013) [6]¹ và ngưỡng lưu huỳnh 0,5% trong dầu nhiên liệu hàng hải toàn cầu theo quy định của IMO sẽ có hiệu lực vào ngày 01/01/2020, Chính phủ Việt Nam đã yêu cầu Bộ Giao thông vận tải, Bộ Công thương... phải xây dựng ngay các giải pháp công nghệ thích hợp để sao cho các công ty vận tải biển nước ta một mặt vẫn tuân thủ được các qui định quốc tế, mặt khác vẫn đáp ứng được tính kinh tế và đặc biệt không làm phát sinh thêm nguồn gây ô nhiễm môi trường. Vậy, để đáp ứng được những vấn đề này, đã có nhiều giải pháp công nghệ được đề xuất nghiên cứu, triển khai ứng dụng trên thế giới và Việt Nam như: chế tạo mới động cơ điện dùng pin lithium, sử dụng các nguồn năng lượng sạch (khí tự nhiên, khí dầu mỏ), nhiên liệu sinh học có khả năng tái tạo...v.v. Tuy nhiên, trong lĩnh vực hàng hải, các động cơ diesel được sử dụng đều có công suất lớn từ vài trăm kW đến hàng vạn kW, vậy nên việc ứng dụng động cơ chạy bằng ắc quy điện là không khả thi, sử dụng nhiên liệu khí đòi hỏi các động cơ diesel hiện đang được lắp đặt trên các con tàu phải được cải tiến với chi phí đầu tư rất cao và vấn đề an toàn cháy nổ rất khó được đảm bảo. Vậy, hướng nghiên cứu khả thi nhất là sử dụng nhiên liệu sinh học giàu thành phần ô xy, rất ít thành phần lưu huỳnh và có khả năng tái tạo.

Hiện tại, NLSH đang được nghiên cứu sử dụng dưới hai dạng khác nhau cho động cơ diesel: nhiên liệu diesel sinh học (Biodiesel) và dầu thực vật nguyên chất (SVO). Nhiên liệu diesel sinh học có đặc tính lý hóa khá giống nhiên liệu diesel truyền thống (DO), nhưng để có được loại nhiên liệu này cần phải thực hiện quá trình e-te hóa dầu thực vật (hoặc mỡ động vật) cần đến công nghệ hiện đại và sử dụng một lượng lớn hóa chất khác (NaOH) và đây cũng là nguồn phát sinh thêm gây ô nhiễm môi trường; bên cạnh đó nhiên liệu diesel sinh học có giá thành khá đắt. Dầu thực vật nguyên chất được sản xuất bằng công nghệ khá đơn giản thông qua ép các loại hạt (hướng dương, jatropha...) hoặc quả (cọ, dừa...), lọc bớt thành phần nước và cặn là có thể sử dụng được. Dầu thực vật nguyên chất có ưu điểm là giá thành rẻ, có khả năng tái tạo, thân thiện với môi trường và không tạo thêm nguồn gây ô nhiễm trong quá trình sản xuất, sử dụng, nhưng có nhược điểm là độ nhớt cao, nhiệt trị thấp. Với những ưu điểm cơ bản của dầu thực vật, đã có một số công trình nghiên cứu sử dụng dầu thực vật trộn với nhiên liệu truyền thống tạo thành nhiên liệu hỗn

hợp và được sử dụng như loại nhiên liệu thay thế dành cho động cơ diesel nói chung và động cơ diesel thủy nói riêng [20, 66].

Như vậy, đối chiếu với yêu cầu cấp bách của Việt Nam nhằm đáp ứng tiêu chuẩn phát thải đối với đội tàu vận tải biển, trên cơ sở các điều kiện về công nghệ, kinh phí đầu tư và các điều kiện xã hội khác, việc lựa chọn hướng nghiên cứu sử dụng nhiên liệu hỗn hợp (trong đó có thành phần dầu thực vật nguyên chất) làm nhiên liệu thay thế cho nhiên liệu hóa thạch truyền thống đối với đội tàu vận tải biển Việt Nam thực sự cần thiết trong giai đoạn hiện tại cũng như trong tương lai. Tuy nhiên, việc sử dụng nhiên liệu hỗn hợp làm nhiên liệu thay thế dành cho các động cơ diesel đang được lắp đặt trên tàu thủy sẽ phát sinh hàng loạt các vấn đề cần được giải quyết đó là: hiệu suất cháy của loại nhiên liệu này trong buồng đốt của động cơ diesel đã được thiết kế để sử dụng nhiên liệu hóa thạch, vấn đề phát thải khí độc hại, vấn đề suy giảm công suất và đặc biệt làm sao để một động cơ diesel thủy đang được khai thác sử dụng hỗn hợp nhiên liệu dầu thực vật - diesel đáp ứng cả hai tiêu chuẩn phát thải và tính kinh tế.

Xuất phát từ những yêu cầu thực tế nêu trên, đề tài luận án: “*Nghiên cứu ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu dầu thực vật – diesel đến phun nhiên liệu, tạo hỗn hợp, cháy và tính năng của động cơ diesel tàu thủy*” được NCS lựa chọn để nghiên cứu.

2. Mục đích nghiên cứu

- Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiên liệu hỗn hợp dầu cọ nguyên chất - diesel theo các tỉ lệ phần trăm khác nhau thể đến đặc tính phun, sự tạo hỗn hợp trong buồng đốt và một số tính năng của động cơ diesel thủy 6LU32.

- Đưa ra các giải pháp hiệu chỉnh thích hợp đối với HTNL của động cơ nghiên cứu và động cơ diesel tàu thủy nói chung khi sử dụng nhiên liệu hỗn hợp trên làm nhiên liệu thay thế.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- **Đối tượng nghiên cứu:** HTPNL động cơ diesel chính tàu thủy Hanshin 6LU32 và hỗn hợp dầu thực vật (dầu cọ) với dầu diesel (DO).

- **Phạm vi nghiên cứu:** Chỉ nghiên cứu ảnh hưởng của đặc tính các loại nhiên liệu DO, PO10, PO20, PO30 và PO100 đến các đặc tính quá trình phun nhiên liệu, hòa trộn - cháy hỗn hợp không khí nhiên liệu trong buồng đốt động cơ diesel chính tàu thủy Hanshin 6LU32 trong PTN. Xác định loại PO và các thông số phun để đạt chỉ tiêu kinh tế và môi trường.

4. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu tổng hợp, kết hợp chặt chẽ giữa nghiên cứu lý thuyết, mô phỏng và thực nghiệm kiểm chứng.

5. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn

- **Ý nghĩa khoa học:** Kết quả của luận án là cơ sở khoa học quan trọng để giúp chọn được loại nhiên liệu thay thế hiệu quả cho động cơ diesel tàu thủy. Bên cạnh đó, việc ứng dụng phương pháp qui hoạch thực nghiệm để hiệu chỉnh tối ưu hệ thống nhiên liệu của động cơ có sẵn khi chuyển sang sử dụng nhiên liệu hỗn hợp dầu thực vật - diesel đạt được cùng một lúc hai mục tiêu: môi trường và tính kinh tế là một sáng tạo quan trọng của nội dung luận án.

- **Ý nghĩa thực tiễn:** Các kết quả nghiên cứu của luận án là cơ sở khoa học góp phần vào định hướng một cách chính xác lựa chọn nhiên liệu hỗn hợp dầu thực vật - diesel làm nhiên liệu thay thế cho động cơ diesel thủy.

6. Những đóng góp mới của luận án

- Đã đưa ra được phương pháp tính toán các thông số phun nhiên liệu và thời điểm phun, thời điểm bốc cháy, thời gian cháy trễ thay đổi theo tỉ lệ dầu cò trong hỗn hợp với dầu diesel;

- Đã thu được qua thực nghiệm trên động cơ diesel chính tàu thủy Hanshin 6LU32 ở 40% và 60% tải những kết quả về phun nhiên liệu, đặc biệt là kết quả đo áp suất trong xy lanh và hình ảnh chụp trong buồng đốt bằng thiết bị Visio Scope, nhằm so sánh và đánh giá độ tin cậy của kết quả tính toán;

- Đã xây dựng được phương pháp mới hiệu chỉnh hệ thống nhiên liệu dựa trên lý thuyết “Bề mặt đáp ứng” với hàm tối ưu hai mục tiêu lần đầu tiên được áp dụng cho động cơ diesel thủy khi sử dụng nhiên liệu thay thế (hỗn hợp nhiên liệu dầu thực vật - diesel).

7. Kết cấu của luận án

Luận án gồm 131 trang A4 (không kể phụ lục), thứ tự gồm các phần sau: Mở đầu; nội dung chính (được chia thành bốn chương); kết luận; hướng nghiên cứu tiếp theo; danh mục các công trình khoa học đã được công bố liên quan đến luận án (07); danh mục tài liệu tham khảo (21 tài liệu tham khảo tiếng Việt, 43 tài liệu tham khảo tiếng Anh, 07 website) và phụ lục (11 phụ lục).

CHƯƠNG I. TỔNG QUAN

1.1. Đặt vấn đề

Như đã biết, HTPNL đóng vai trò vô cùng quan trọng trong quá trình biến năng lượng hóa học từ đốt cháy nhiên liệu thành công năng đối với động cơ đốt trong nói chung và động cơ diesel nói riêng. Trong HTPNL truyền thống kiểu cơ khí, bơm cao áp và vòi phun là hai thành phần cốt lõi và được thiết kế tối ưu đối với mỗi loại nhiên liệu đã được lựa chọn, kể từ bơm cao áp, đường ống cao áp đến vòi phun và đặc biệt là cấu tạo của các lỗ phun. Vậy nên, muốn biết được sự ảnh hưởng của loại nhiên liệu mới đối với một HTPNL đã có sẵn, nhất thiết phải tìm hiểu dựa trên nền tảng lý thuyết về tổng quát HTNL cho động cơ diesel tàu thủy.

Với mục đích như vậy, trong chương này, NCS sẽ trình bày các vấn đề cơ bản cần thiết phục vụ quá trình nghiên cứu như: nguyên lý cấu tạo, chức năng, nhiệm vụ của hệ thống cấp, phun nhiên liệu của động cơ diesel thủy; cấu tạo của vòi phun trong HTPNL kiểu cơ khí truyền thống mà luận án nghiên cứu; xu thế ứng dụng các giải pháp nhằm cải thiện chỉ tiêu kinh tế và môi trường cho động cơ diesel thế hệ cũ hiện nay, trong đó giải pháp áp dụng vào HTPNL là sử dụng nhiên liệu hỗn hợp dầu thực vật – diesel được quan tâm nghiên cứu; bên cạnh đó là đánh giá các công trình khoa học trong và ngoài nước liên quan đến luận án để tìm ra những điểm mà chưa có tác giả nào đề cập để luận án nghiên cứu giải quyết.

1.2. Tình hình nghiên cứu

Theo nguyên lý động cơ diesel, cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, đã có nhiều công trình nghiên cứu nhằm làm giảm lượng phát thải độc hại từ động cơ diesel, nhưng để giảm phát thải độc hại mà giữ nguyên công suất động cơ khi dùng nhiều giải pháp luôn là vấn đề khó và chi phí cao, nên hướng nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thân thiện với môi trường (1) và kiểm soát tốt các thông số của quá trình phun nhiên liệu (2) là một trong các giải pháp khả thi và dễ thực hiện hơn [59].

Nhiên liệu sinh học dùng cho động cơ diesel cho đến thời điểm này vẫn là Biodiesel và dầu thực vật nguyên gốc SVO. Do những lợi thế về tính chất thân thiện với môi trường, có thể giảm nồng độ các chất độc hại trong khí thải đặc biệt là NO_x và có thể tái sinh, nên NLSH được khuyến khích nghiên cứu sử dụng.

Trong số các loại dầu thực vật dùng làm nhiên liệu cho động cơ thì dầu cọ có ưu điểm về đặc tính gần giống với dầu diesel. Dầu cọ nguyên gốc không cần tổng hợp thành Biodiesel mà pha trực tiếp vào dầu diesel dùng làm nhiên liệu thông qua một bộ tạo hỗn hợp. Tuy nhiên, dầu cọ có độ nhớt khá cao so với dầu diesel, nên khi pha trộn dầu cọ vào dầu diesel cần gia nhiệt đến khoảng 40 độ C để giảm độ nhớt hỗn hợp về gần với nhiên liệu DO.

L luận án sử dụng nhiên liệu hỗn hợp giữa dầu cọ nguyên chất (Palm Oil) và dầu diesel là kết quả nghiên cứu của đề tài cấp nhà nước Mã số: ĐT.04.11/NLSH thuộc “Đề án phát triển NLSH đến năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025” do PGS.TSKH. Đặng Văn Uy chủ trì có ký hiệu là PO10, PO20, PO30 và loại không pha trộn PO100.

Bảng 1.1. Chỉ tiêu cơ bản của nhiên liệu hỗn hợp dầu cọ - diesel phục vụ nghiên cứu [20]

STT	Tên chỉ tiêu	Loại nhiên liệu				
		DO	PO10	PO20	PO30	PO100
1	Khối lượng riêng ở 15 ⁰ C, (kg/m ³)	850,0	853,8	859,9	866,8	922,5
2	Độ nhớt động học ở 40 ⁰ C, (cSt)	2,60	3,42	5,31	6,45	40,24
3	Trị số Cetan, (CN)	42,89	50,13	50,91	52,11	52,92
4	Nhiệt độ chớp cháy cốc kín, (°C)	72	73	75	77	135
5	Nhiệt trị, (MJ/kg)	43,4	39,72	39,55	38,69	37,11
6	Sức căng bề mặt ở 40 ⁰ C, (mN/m)	20	21,4	22,8	24,2	34
7	Áp suất hơi bão hòa ở 25 ⁰ C, (MPa)	0,0477	0,0456	0,0432	0,0407	0,05

Theo quan điểm khai thác động cơ tàu thủy thì khác nhau cơ bản giữa DTV so với nhiên liệu diesel hoặc biodiesel chính là độ nhớt và trị số Cetan. Ảnh hưởng của độ nhớt và trị số Cetan của DTV làm cho HTPNL hoạt động không bình thường, chất lượng của quá trình phun, hòa trộn và cháy kém hơn dẫn đến các chỉ tiêu kinh tế của động cơ sẽ giảm đi. Tuy nhiên trên tàu thủy khi pha loãng DTV bằng dung môi là dầu diesel và phụ gia thì mới đạt được số lượng lớn để cung cấp cho tàu biển lưu trữ cho những chuyến hành trình dài trên biển.

Gần đây, trên thế giới đã thực hiện được một số thiết bị chuyển đổi để động cơ diesel có thể hoạt động trực tiếp với dầu thực vật hoặc pha trộn với nhiên liệu diesel mà không cần chế biến thành biodiesel. Công nghệ này gọi là “sử dụng trực tiếp dầu thực vật” - SVO. Nghiên cứu một số mẫu SVO của nước ngoài cho thấy phần lớn đều không thích hợp với điều kiện sử dụng hiện nay ở Việt Nam. Chẳng hạn bộ chuyển đổi SVO ở nước ngoài chủ yếu là cho các động cơ mới sản xuất gần đây, đặc biệt là động cơ có hệ thống phun CDI (Common rail diesel injection), trong khi hầu hết tàu biển ở nước ta có đời cũ hơn. Trên thế giới hiện nay, khoảng 30 loại dầu thực vật được chiết xuất từ hạt cải, hạt hướng dương, đậu tương, cọ, dừa,... đã được sử dụng trực tiếp cho các động cơ diesel mà không cần pha phụ gia hoặc xử lý este hoá thành Biodiesel [39, 66]. Những nghiên cứu thử nghiệm đã chứng tỏ rằng các động cơ diesel có thể hoạt động được với SVO [26, 27, 28, 32, 40, 48, 54, 57, 58, 61], nhưng còn một số vấn đề phát sinh chủ yếu ở bộ phận phun nhiên liệu, xéc măng và sự ổn định của dầu bôi trơn. Một số công trình nghiên cứu trên không can thiệp đến HTPNL, mà chỉ dừng lại ở việc xác định sự tương thích của dầu thực vật dùng làm nhiên liệu cho động cơ diesel. Do đó, chưa chỉ ra được ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu đến quá trình hình thành hỗn hợp cháy và phát thải của động cơ diesel khi sử dụng dầu thực vật làm nhiên liệu thay thế. Đặc biệt, các nghiên cứu liên quan trực tiếp đến động cơ diesel tàu thủy thì rất ít có các công bố nghiên cứu.

Ở Việt Nam, nhóm nghiên cứu của PGS-TS Nguyễn Thạch và TS Bùi Trung Thành đã tìm ra được giải pháp tối ưu cho SVO [18]. Bộ chuyển đổi SVO này có thể sử dụng trực tiếp dầu thực vật cho động cơ diesel cỡ nhỏ trên bờ, công suất chỉ đến 100 mã lực (HP). Còn nhóm nghiên cứu của PGS.TSKH. Đặng Văn Uy [20] đã chế tạo thành công hệ thống thiết bị để sử dụng SVO cho động cơ diesel tàu thủy. Và các công trình [10, 11, 13, 15, 16, 17, 20, 21] đã tập trung nghiên cứu về tính chất lý hóa của dầu thực vật, lựa chọn phương án cấp nhiên liệu vào động cơ phù hợp để không ảnh hưởng đến hệ thống nhiên liệu, đã xác định loại dung môi và tỉ lệ pha trộn hợp lý, đảm bảo hỗn hợp có thể thay thế nhiên liệu diesel truyền thống. Tuy nhiên, chưa làm rõ một số yếu tố cơ bản liên quan đến hỗn hợp dầu thực vật - diesel và HTPNL để nâng cao các chỉ tiêu công tác cho động cơ diesel. Đặc biệt đối với các phương tiện vận tải thủy là tàu biển thì nghiên cứu rất hạn chế.

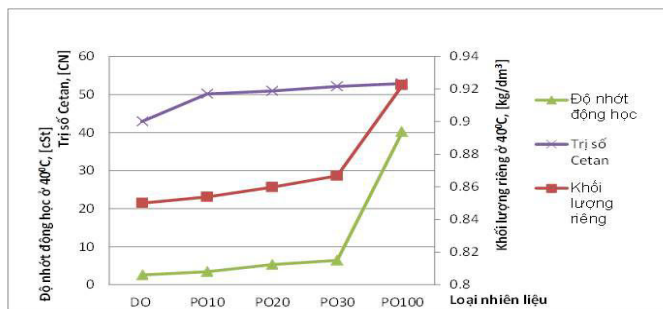
1.3. Hướng nghiên cứu

Từ những phân tích các nghiên cứu về dầu thực vật, hỗn hợp dầu thực vật - diesel dùng làm nhiên liệu cho động cơ diesel và một số nghiên cứu khác theo [39, 66, 71] đã cho thấy, tính chất nhiên liệu có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng quá trình phun, thời điểm phun, hình thành hỗn hợp - cháy và do đó ảnh hưởng đến các chỉ tiêu kinh tế, môi trường của động cơ diesel. Luận án nhận thấy một số thông số chính của hỗn hợp nhiên liệu dầu thực vật - diesel có gây ảnh hưởng là: Độ nhớt và sức căng bề mặt; Nhiệt độ và khối lượng riêng của nhiên liệu hỗn hợp; Trị số Cetan.

Những yếu tố trên có ảnh hưởng đến cấu trúc tia phun gồm chiều dài tia phun (S), chiều dài phân rã sơ cấp tia phun (L_b), góc nón tia phun (θ_s), đường kính trung bình hạt nhiên liệu ($SMD-D_o$). Trung bình dầu thực vật chứa thành phần Cacbon ít hơn $10 \div 12\%$, Hydro ít hơn $5 \div 13\%$, còn lượng ô xy lớn hơn rất nhiều từ $9 \div 11\%$, khối lượng riêng của dầu thực vật cũng lớn hơn khoảng $9 \div 15\%$ và độ nhớt lớn hơn khoảng $10 \div 30\%$ so với dầu diesel [5, 39].

Hỗn hợp dầu thực vật - diesel cần gia nhiệt đến khoảng 40°C để giảm độ nhớt; nhiệt độ và sức căng bề mặt là một trong số các nguyên nhân khiến chiều dài tia phun hỗn hợp nhiên liệu thay đổi so với khi dùng DO. Một số nghiên cứu thực nghiệm đã cho thấy, nhiệt độ nhiên liệu càng lớn càng làm giảm độ xâm nhập của tia phun trong không gian buồng cháy, do đó cần tăng GPS, tăng áp suất phun để quá trình phun và hình thành hỗn hợp cháy diễn ra tương đương với nhiên liệu DO.

Từ Bảng 1.5 có thể biểu diễn mối quan hệ giữa ba thông số: độ nhớt động học, trị số Cetan, khối lượng riêng của hỗn hợp nhiên liệu dầu cọ - diesel theo biểu đồ sau:



Hình 1.6. Quan hệ giữa các thông số nhiệt động của hỗn hợp dầu cọ-dầu diesel theo tỉ lệ % dầu cọ và dầu diesel

Khi pha trộn dầu cò nguyên gốc vào dầu diesel ở tỉ lệ 10%, 20% và 30% sẽ có sự thay đổi rõ rệt các thông số nhiệt động (Hình 1.6). Vì thế để cấu trúc tia phun hỗn hợp nhiên liệu dầu cò - diesel và quá trình phun, cùng với sự tạo hỗn hợp, cháy của nhiên liệu này tương đương với nhiên liệu diesel, thì việc chọn tỉ lệ hòa trộn cao hợp lý, điều chỉnh áp suất phun và GPS của hệ thống nhiên liệu động cơ có ảnh hưởng trực tiếp đến các yếu tố nêu trên. Trên cơ sở phân tích đã được trình bày, luận án xác định các nội dung cần thực hiện với mục tiêu cụ thể như sau (Bảng 1.6).

Bảng 1.2. Nội dung nghiên cứu và mục tiêu cần đạt được

TT	Nội dung nghiên cứu	Mục tiêu cần đạt được
1.	Chương 2: Nghiên cứu lý thuyết ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu hỗn hợp dầu thực vật - diesel đến chất lượng phun nhiên liệu: đặc tính phun; thời điểm bắt đầu phun và thời gian cháy trễ nhiên liệu đến chi tiêu kinh tế và môi trường của động cơ diesel tàu thủy. Cơ sở lý thuyết phương pháp qui hoạch thực nghiệm khi đề xuất giải pháp hiệu chỉnh thích hợp HTNL sử dụng hỗn hợp dầu thực vật - diesel.	Xác định được các công thức thực nghiệm và phương trình toán học biểu thị sự ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu hỗn hợp đến thời điểm bắt đầu phun và thời gian cháy trễ nhiên liệu; đến đặc tính phun làm thay đổi chi tiêu kinh tế và môi trường. Lựa chọn mô hình mô phỏng quá trình phun và hòa trộn – cháy trong động cơ diesel. Xây dựng được hàm mục tiêu gồm 3 biến: áp suất phun, GPS và tỉ lệ % dầu cò trong hỗn hợp tính trên các điểm khảo sát nghiên cứu.
2.	Chương 3: Nghiên cứu lý thuyết xác định ảnh hưởng của đặc tính hỗn hợp nhiên liệu dầu cò - diesel đến đặc tính tia phun. Xây dựng mô hình mô phỏng phun nhiên liệu, hòa trộn - cháy trong động cơ diesel tàu thủy bằng lý thuyết CFD với phần mềm Ansys Fluent.	Dựa vào các công thức thực nghiệm đã tính toán được các kết quả thể hiện ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu hỗn hợp đến thông số phun; đến thời điểm bắt đầu phun và thời gian cháy trễ nhiên liệu; lưu lượng phun. Giới hạn về các trường thông số của đồ thị Ansys Fluent xuất ra về định tính và định lượng. Với các thông số này, có thể rút ra được những đánh giá khá chi tiết về ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu hỗn hợp đến chất lượng phun của vòi phun HTNL động cơ diesel tàu thủy.
3.	Chương 4: Nghiên cứu thực nghiệm xác định ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu hỗn hợp đến các thông số: áp suất cháy; thời điểm phun; thời gian cháy trễ; lưu lượng phun; sự hòa trộn và cháy; tính kinh tế và môi trường.	Xây dựng quy trình và tổ chức thực nghiệm trên động cơ diesel chính tàu thủy Hanshin 6LU32 sử dụng 4 loại nhiên liệu DO, PO10, PO20 và PO30; kiểm chứng kết quả thực nghiệm so với mô phỏng và với các công thức thực nghiệm. Kết quả hiệu chỉnh HTPNL cho động cơ 6LU32 bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm xác định áp suất phun, GPS và tỉ lệ % dầu cò trong hỗn hợp để động cơ hoạt động ổn định đạt chi tiêu kinh tế và môi trường mong muốn.

1.4. Kết luận chương 1

Chương 1 đã làm rõ một số vấn đề như sau:

- Đã trình bày HTNL cho động cơ diesel tàu thủy và xu hướng phát triển, những giải pháp khi khai thác vận hành giúp nâng cao chỉ tiêu kinh tế và môi trường cho động cơ diesel tàu thủy;
- NLSH và xu hướng ứng dụng cho động cơ diesel tàu thủy; lý do luận án vẫn chọn nghiên cứu hỗn hợp nhiên liệu dầu cọ – diesel;
- Phân tích, đánh giá kết quả đạt được của các công trình nghiên cứu trong nước và quốc tế về sử dụng dầu thực vật cho động cơ;
- Những thông số cơ bản ảnh hưởng đến chất lượng quá trình phun tạo hỗn hợp-cháy nhiên liệu hỗn hợp dầu cọ – diesel trong động cơ diesel tàu thủy;
- Đã làm rõ được từng nội dung nghiên cứu với các mục tiêu cụ thể như trình bày trong Bảng 1.6 với mục tiêu của luận án là: “Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiên liệu hỗn hợp dầu cọ nguyên chất - dầu diesel theo các tỉ lệ % khác nhau đến phun nhiên liệu, tạo hỗn hợp, cháy và tính năng của động cơ diesel tàu thủy.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐÁNH GIÁ QUÁ TRÌNH PHUN NHIÊN LIỆU ĐỐI VỚI ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY VÀ GIẢI PHÁP HIỆU CHỈNH NHẪM ĐẠT CHỈ TIÊU MÔI TRƯỜNG, KINH TẾ

Đối với HTPNL, các thông số áp suất phun và góc phun sớm là các thông số quan trọng quyết định đến sự hoạt động ổn định của động cơ diesel.

Trên cơ sở các nghiên cứu về nhiên liệu truyền thống cũng như NLSH, KannanK (2010) [44], USV. Prasad (2012) [63] và một số công trình khác [16, 37, 40, 49, 57, 58] đã công bố, các thông số áp suất phun và góc phun sớm ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình phun, hình thành hỗn hợp-cháy, dẫn đến làm thay đổi các chỉ tiêu kinh tế và môi trường của động cơ diesel.

Vì vậy, khi thay loại nhiên liệu mới đối với một HTPNL đã có sẵn sẽ ảnh hưởng đến đặc tính phun nhiên liệu và cuối cùng là ảnh hưởng đến các chỉ tiêu nêu trên. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, sẽ đề xuất được cơ sở lý thuyết các giải pháp hiệu chỉnh thích hợp đối với HTPNL khi muốn chuyển đổi động cơ diesel tàu thủy có sẵn sang sử dụng nhiên liệu mới là nhiên liệu hỗn hợp dầu thực vật-diesel.

Với mục đích như vậy, trong Chương 2 sẽ nghiên cứu cụ thể cơ sở lý thuyết nhằm đánh giá ảnh hưởng của đặc tính hỗn hợp nhiên liệu dầu thực vật - diesel đến đặc tính phun nhiên liệu và các thông số công tác của quá trình phun nhiên liệu vào động cơ diesel tàu thủy thông qua các quan hệ thể hiện bằng các công thức toán học. Bên cạnh đó, cũng trình bày cơ sở lý thuyết mô phỏng quá trình phun, tạo hỗn hợp, cháy nhiên liệu trong buồng đốt động cơ khi sử dụng nhiên liệu hỗn hợp có tỉ lệ phần trăm dầu thực vật khác nhau để thực hiện mô phỏng với các điều kiện biên sát thực tế; cơ sở lý thuyết phương pháp qui hoạch thực nghiệm để xác định được các thông số hiệu chỉnh chính của HTPNL là GPS và áp suất phun phù hợp, đồng thời xác định tỉ lệ % dầu thực vật trong hỗn hợp với nhiên liệu diesel để động cơ diesel tàu thủy hoạt động ổn định đạt chỉ tiêu kinh tế và môi trường.

2.1. Lựa chọn mô hình toán xác định ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu đến chất lượng phun

Trên thực tế, đã có nhiều công trình nghiên cứu về đặc tính tia phun nhiên liệu, cũng như mô hình của tia phun. Bắt đầu từ các nhà khoa học đi tiên phong về vấn đề này như Warunki et all (1960), Dent (1971), Reits & Branco (1979), tuy nhiên Hiroyasu & Arai là những người nghiên cứu vô cùng tỉ mỉ và đưa ra những mô hình

toán có độ chính xác khá cao. Theo một nghiên cứu của F.Dos Santos và Le Moyne tại đại học Universite' de Bourgogne - France về so sánh các mô hình biểu thị đặc tính tia phun nhiên liệu đối với động cơ diesel và thấy rằng, mô hình do Hiroyasu & Arai đề xuất có hệ số quyết định là 87,41% và sai số khoảng 7,15% khi so sánh với các kết quả thực nghiệm đo được, trong khi mô hình của Reits và Bracco với sai số 23,91%, mô hình của Siebers với sai số là 24,27% [24, 34, 37, 42, 43, 47, 64].

Từ các nhận định có cơ sở trên, luận án sẽ lựa chọn mô hình do Hiroyasu & Arai đề xuất để nghiên cứu, tính toán sự ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu hỗn hợp đến chất lượng phun của HTPNL động cơ diesel tàu thủy:

- Mô hình tính chiều dài tia phun theo công thức: (2.3):

$$S = 0,39 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_l}} t \quad \text{với } t=t_{rot} \text{ hoặc } S = 2,39 \left(\frac{\Delta p}{\rho_g} \right)^{0,25} \sqrt{d_o t} \quad \text{với } t=t_{rot} \quad (2.1)$$

, (mm) , (mm)

- Mô hình tính góc nón tia phun của theo công thức: (2.6):

$$\Phi = 83,5 \left(\frac{l}{d_o} \right)^{-0,22} \left(\frac{d_o}{D_o} \right)^{0,15} \left(\frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0,26} \quad \text{, (độ)} \quad (2.6)$$

- Mô hình tính chiều dài phân rã sơ cấp theo công thức: (2.7):

$$L_b = 7d_o \left(1 + 0,4 \frac{r_o}{d_o} \right) \left(\frac{\rho_g}{\rho_l U_o^2} \right)^{0,05} \left(\frac{l}{d_o} \right)^{0,13} \left(\frac{\rho_l}{\rho_g} \right)^{0,5} \quad \text{, (mm)} \quad (2.2)$$

- Mô hình tính đường kính hạt trung bình nhiên liệu theo công thức: (2.13):

$$SMD = 0,38d_o (Re_l)^{0,25} We_l^{-0,32} \left(\frac{\mu_l}{\mu_g} \right)^{0,37} \left(\frac{\rho_l}{\rho_g} \right)^{-0,47} \quad \text{, (μm)} \quad (2.3)$$

- Mô hình tính ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu đến thời điểm phun:

$$\theta = \frac{(P_{MVP} - P_o) V_f}{c^2 \rho v_p A_p} \quad \text{, (độ)} \quad (2.4)$$

- Mô hình tính ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu đến thời gian cháy trễ:

$$\tau_{id}(GQTK) = (0,36 + 0,22 \bar{S}_p) \exp \left[E_A \left(\frac{1}{RT_{cyl}} - \frac{1}{17.190} \right) \left(\frac{21,1}{p_{cyl} - 12,4} \right)^{0,63} \right] \quad \text{, (độ)} \quad (2.5)$$

- Mô hình tính ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu đến áp suất phun:

$$p_{ph,lt} = P_c + \frac{\rho_{nl} \pi^2}{1800} \left(\frac{A_p}{i.F.\varphi_{cn}} \right)^2 \left(\frac{dh_a}{d\varphi} \right)^2 n^2 \quad \text{, (Pa)} \quad (2.6)$$

- Mô hình tính ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu đến lưu lượng phun:

$$Q = C_D F_i \sqrt{2\rho_l \Delta p} \frac{\Delta \theta}{360n} \quad \text{, (kg/h)} \quad (2.7)$$

- Mô hình tính ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu đến phát thải NO_x:

$$NO_{x, tot} = \frac{C_d \cdot A_{x-1} \cdot i \cdot \left(\int_{\frac{P_{x-1}}{P_1}}^{\frac{P_{x-1}}{P_2}} \sum_{i=1}^n V_i \cdot NO_{x,i} \right) \sqrt{2(P_{x-1} - P_2)}}{V_{x-1} \cdot P_1^{1,1}} \quad \text{, (g/kW.h)} \quad (2.8)$$

2.2. Cơ sở lý thuyết CFD mô phỏng, đánh giá quá trình phun, tạo hỗn hợp và cháy trong động cơ diesel tàu thủy

Ngày nay, lý thuyết CFD đã trở thành một công cụ mạnh mẽ và tiện dụng để giải quyết các bài toán liên quan đến động học và các đặc tính lý hóa của dòng lưu chất trong môi trường phức tạp, đa số mô hình toán mô tả các quá trình trên thường ở dạng các phương trình vi phân.

Vì vậy, áp dụng lý thuyết CFD với sự trợ giúp của máy tính thông qua các chương trình mã nguồn mở CFD, để tính toán mô phỏng các quá trình diễn ra trong lỗ phun, buồng cháy động cơ là cần thiết.

Tuy nhiên trong khuôn khổ của luận án, phần này NCS chỉ giới hạn về trường áp suất, trường vận tốc, quỹ đạo chuyển động rời của các loại nhiên liệu hỗn hợp và DO trong lỗ phun của vòi phun vì nguyên nhân tán xạ nhiên liệu khi phun là do nhiễu loạn nhiên liệu phát sinh khi lưu động qua lỗ phun, trong đó cơ chế rối loạn phá vỡ chùm tia đóng vai trò quyết định. Trong khi đó Ansys Fluent hỗ trợ tối đa cả về định tính và định lượng để phân tích cơ chế trên. Với các thông số này, có thể rút ra được những đánh giá khá chi tiết về ảnh hưởng của nhiên liệu hỗn hợp đến chất lượng phun nhiên liệu của HTNL của động cơ diesel tàu thủy [22, 67].

2.3. Cơ sở lý thuyết để hiệu chỉnh HTPNL khi sử dụng hỗn hợp nhiên liệu dầu thực vật - diesel nhằm đạt chỉ tiêu kinh tế và môi trường

Trước các vấn đề nhiên liệu hỗn hợp làm thay đổi thời điểm phun, lưu lượng, áp suất phun và chất lượng phun sương và sự hòa trộn, nhằm làm cho việc sử dụng hỗn hợp nhiên liệu dầu cò-diesel thật sự hiệu quả đối với động cơ diesel tàu thủy, nhất thiết phải thực hiện hiệu chỉnh đối với HTPNL. Vì vậy, luận án chỉ đề xuất giải pháp hiệu chỉnh không tác động nhiều đến kết cấu hay chế tạo thiết bị mới trong HTPNL, người khai thác vận hành động cơ có thể điều chỉnh được đạt hai mục tiêu về tính kinh tế và môi trường. Để giải quyết vấn đề này, phương pháp qui hoạch thực nghiệm được lựa chọn để áp dụng trong quá trình tìm ra các thông số hiệu chỉnh tối ưu đối với HTPNL.

Áp dụng để nghiên cứu hiệu chỉnh động cơ diesel thủy hoạt động với loại nhiên liệu mới, các yếu tố như giá trị GPS, áp suất phun, tỉ lệ phần trăm dầu thực vật trong hỗn hợp có thể được xử lý như các biến số đầu vào; còn chất lượng phun nhiên liệu, hiệu suất động cơ được đặc trưng bằng chỉ tiêu kinh tế (suất tiêu thụ nhiên liệu g_e) và môi trường (nồng độ phát thải NO_x) có thể được xem xét như thông số của đầu ra.

Vậy đối với một động cơ diesel cụ thể cần nguyên cứu, mô hình phân tích hồi qui áp dụng trong quá trình thực nghiệm như sau [8]:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \pm \varepsilon \quad (2.9)$$

Trong đó: y là biến phụ thuộc, f là hàm phản ứng, x_i là các biến phụ thuộc và ε là lỗi phù hợp.

Trong trường hợp này, để tối ưu hóa phát thải khí độc hại và suất tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel tàu thủy, hàm mục tiêu $f(x)$ sẽ được áp dụng bằng cách xác định tỉ lệ % thể tích dầu cò trong hỗn hợp với dầu diesel và thông số phun hợp lý (GPS, áp suất nâng kim phun) theo chỉ tiêu kinh tế và môi trường như sau [8, 49]:

$$f(x) = \text{Merit} = \frac{1000}{\left(\frac{NO_x}{NO_{x,g}}\right)^2 + \left(\frac{g_e}{g_{e,g}}\right)} \quad (2.72)$$

Trong đó: $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ là các biến (thời điểm bắt đầu phun - SOI, áp suất nâng kim phun (p_{inj}), tỉ lệ pha trộn của dầu thực vật (%PO); NO_x – mức phát thải đo được; g_e – suất tiêu hao nhiên liệu; $NO_{x,g}$ – mức tiêu mức phát thải NO_x ; $g_{e,g}$ – mức tiêu suất tiêu hao nhiên liệu.

Dựa trên phương trình (2.72), ở phần hiệu chỉnh động cơ diesel cụ thể, bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm với giải pháp bề mặt đáp ứng để tìm các thông số hiệu chỉnh tối ưu là: thời điểm bắt đầu phun, áp suất phun và tỉ lệ pha trộn dầu thực vật.

2.4. Kết luận chương 2

Nội dung Chương 2 đã phân tích, dẫn chứng khoa học, mô tả ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu tới các đặc tính vi mô và vĩ mô của quá trình phun nhiên liệu để đưa ra các công thức toán học (2.3, 2.6, 2.7, 2.13) đánh giá các thông số chính của đặc tính phun nhiên liệu vào buồng đốt động cơ diesel như: chiều dài phân rã sơ cấp, góc tia phun, chiều dài tia phun và đường kính trung bình hạt nhiên liệu; các công thức (2.23, 2.25, 2.39, 2.45, 2.47) đánh giá ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu đến các thông số công tác của quá trình phun nhiên liệu như thời điểm phun và thời gian cháy trễ, đến lưu lượng và áp suất phun, đến sự hình thành NO_x trong khí thải của động cơ diesel thông qua các quan hệ toán học.

Những yếu tố này là cơ sở khoa học đưa ra giải pháp xác định tỉ lệ % thể tích dầu cò trong hỗn hợp với dầu diesel và thông số phun hợp lý (áp suất nâng kim phun, GPS) theo chỉ tiêu kinh tế (g_c) và môi trường (NO_x) của động cơ diesel tàu thủy khi chuyển sang sử dụng hỗn hợp nhiên liệu dầu cò - dầu diesel (công thức 2.71, 2.72) bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm.

Đã trình bày được cơ sở lý thuyết mô phỏng số quá trình phun và hòa trộn - cháy nhiên liệu hỗn hợp dầu cò - diesel trong động cơ diesel là lý thuyết CFD với phần mềm chuyên nghiệp Ansys Fluent.

Theo đó, nội dung chương 2 đã hoàn thành mục tiêu được nêu ra trong Bảng 1.6.

CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT ẢNH HƯỞNG CỦA HỖN HỢP NHIÊN LIỆU DẦU THỰC VẬT - DIESEL ĐẾN HTPNL ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY

Để đạt được mục tiêu nghiên cứu ảnh hưởng của nhiên liệu hỗn hợp đến chất lượng phun nhiên liệu của HTPNL động cơ diesel tàu thủy, công việc đầu tiên và không kém phần quan trọng cần phải thực hiện là áp dụng các mô hình lý thuyết để tìm ra những tác động của nhiên liệu hỗn hợp đến chất lượng phun nhiên liệu.

Trong Chương 3 trên cơ sở lý thuyết đặc tính vĩ mô và vi mô quá trình hình thành tia phun nhiên liệu trong buồng đốt của động cơ diesel thủy, NCS đánh giá sự ảnh hưởng của loại nhiên liệu hỗn hợp đến đặc tính tia phun, đến thời điểm bắt đầu cấp nhiên liệu và thời gian cháy trễ của nhiên liệu; lưu lượng phun. Tiếp theo, NCS áp dụng phần mềm mô phỏng chuyên nghiệp để làm rõ thêm bằng hình ảnh trường phân bố vận tốc, áp suất, năng lượng động năng rối của nhiên liệu khi đi qua lỗ phun hẹp dưới áp suất phun cao; sự phân bố áp suất trong quá trình hòa trộn, phân bố nhiệt độ và vận tốc cháy. Các kết quả mô phỏng sẽ khẳng định thêm những tác động của nhiên liệu hỗn hợp đến chất lượng phun nhiên liệu, hòa trộn - cháy của HTPNL của động cơ diesel tàu thủy.

3.1. Đánh giá ảnh hưởng của nhiên liệu hỗn hợp đến đặc tính tia phun nhiên liệu

Đặc tính của tia phun nhiên liệu đã được nhiều tài liệu đề cập đến và được thể hiện thông qua đặc tính vĩ mô (chiều dài tia phun, góc nón tia phun và chiều dài phân rã sơ cấp) và đặc tính vi mô (kích thước hạt nhiên liệu trong chùm tia phun). Để có được các kết quả nghiên cứu về đặc tính tia phun nhiên liệu đối với động cơ diesel thủy 6LU32, các công thức (2.3), (2.6), (2.7) và (2.13) đã được lựa chọn để sử dụng tính toán.

Đối tượng được là động cơ diesel tàu thủy Hanshin 6LU32 có các thông số kỹ thuật theo Bảng 3.1 và Bảng 3.2 - các thông số phục vụ tính toán.

Nhiên liệu nghiên cứu gồm DO, PO10, PO20, PO30 và PO100 có các tính chất lý hóa cần thiết như trong Bảng 1.5 Chương 1.

Bảng 3.1. Các thông số kỹ thuật của động cơ diesel Hanshin 6LU32 [20]

STT	Thông số kỹ thuật	Thứ nguyên	Giá trị
1.	Số xy lanh	Cái	6
2.	Công suất định mức	kW	970
3.	Vòng quay định mức	v/p	340
4.	Đường kính xy lanh	mm	320
5.	Đường kính lỗ phun hình trụ	mm	0,42
6.	Chiều dài lỗ phun	mm	3,1
7.	Số lỗ phun	Cái	10
8.	Áp suất nâng kim phun	bar	280
9.	Áp suất không khí nén bên trong xy lanh	bar	60
10.	GPS	Độ GQTK	11 ⁰ trước ĐCT
11.	Suất tiêu hao nhiên liệu định mức	g/kW.h	200
12.	Áp suất cháy lớn nhất	bar	90

Kết quả tính toán về đặc tính vĩ mô của tia phun thể hiện trên Bảng 3.3 và đặc tính vĩ mô của tia phun thể hiện trên Bảng 3.4.

Bảng 3.3. Đặc tính vĩ mô của tia phun

STT	Đặc tính vĩ mô của tia phun	Loại nhiên liệu				
		DO	PO10	PO20	PO30	PO100
1	Chiều dài tia phun S (mm)	101,5	102,0	102,3	102,6	104,2
2	Góc nón tia phun Φ (độ)	7,89	7,88	7,86	7,80	7,73
3	Chiều dài phân rã sơ cấp L_b (mm)	15,719	15,712	15,707	15,70	15,652

Bảng 3.4. Đường kính trung bình của hạt nhiên liệu SMD

STT	Đặc tính vĩ mô của tia phun nhiên liệu	Loại nhiên liệu				
		DO	PO10	PO20	PO30	PO100
1	Đường kính trung bình Sauters của hạt nhiên liệu SMD (μm)	10,13	10,16	10,17	10,18	10,22
2	So sánh (%) so với DO	/	+0,3	+0,39	+0,49	+0,88

Sự ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu dầu cò-diesel đến chất lượng phun nhiên liệu được đánh giá thông qua đặc tính của tia phun nhiên liệu là khá rõ ràng.

Các kết quả tính toán về ảnh hưởng của nhiên liệu hỗn hợp đến thời điểm phun và thời gian cháy trễ trên Bảng 3.6; 3.7.

Bảng 3.6. Thời điểm bắt đầu phun của các loại nhiên liệu

STT	Thời điểm bắt đầu phun theo GQTK	Loại nhiên liệu				
		DO	PO10	PO20	PO30	PO100
1	(⁰ GQTK)	349	348,8	348,6	348,4	348
2	Chênh lệch so với DO(⁰ GQTK)	/	-0,2	-0,4	-0,6	-1,0

Bảng 3.7. Kết quả tính toán về thời gian cháy trễ của các loại nhiên liệu

So sánh	Loại nhiên liệu				
	DO	PO10	PO20	PO30	PO100
Thời gian cháy trễ (⁰ GQTK)	2,3003	2,2279	2,2181	2,2127	2,1978
So sánh với DO (⁰ GQTK)	/	-0,0724	-0,0822	-0,0876	-0,1025

Nhiên liệu hỗn hợp làm cho thời điểm phun sớm hơn so với nhiên liệu DO và thời gian cháy trễ ngắn hơn so với nhiên liệu DO.

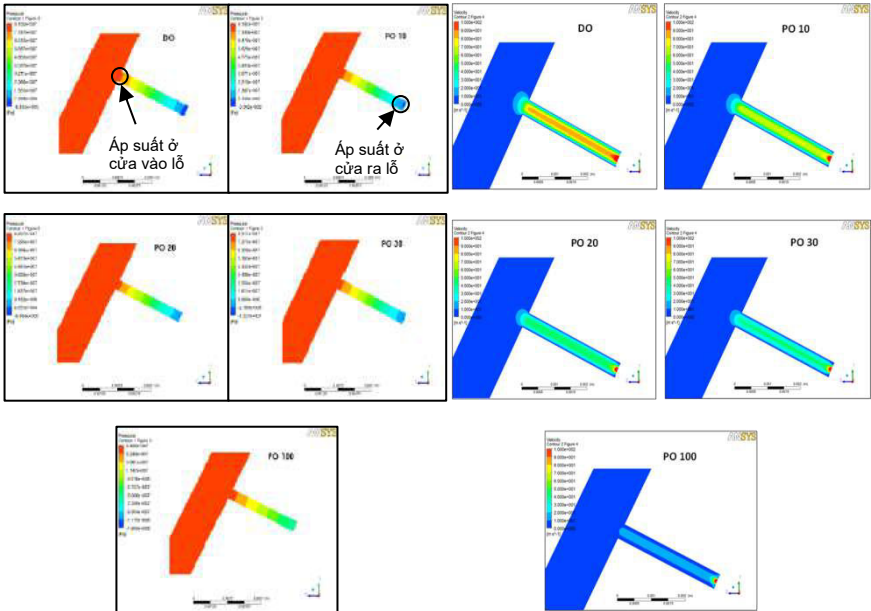
3.2. Kết quả mô phỏng quá trình phun nhiên liệu vào động cơ diesel tàu thủy

Trong bài toán này, yêu cầu được đặt ra là mô phỏng quá trình nhiên liệu lưu thông qua lỗ phun của vòi phun động cơ 6LU32 cho ra kết quả là trường áp suất, đồng năng ròi và vận tốc nhiên liệu khi lưu động qua lỗ phun với các điều kiện biên: không gian tĩnh của 1 lỗ tia phun, không trao đổi nhiệt; mức tải động cơ 60% (ở vòng quay 273 v/p); lưu lượng phun 3,15 g/ct; vận tốc phun 30 m/s; nhiệt độ 1300K; áp suất phun nhiên liệu $p_{inj}=800\text{bar}$ (xem Phụ lục 4) và các thông số kỹ thuật của động cơ diesel Hanshin 6LU32 trong Bảng 3.1. Các loại nhiên liệu được sử dụng ở đây bao gồm 5 loại: DO, PO10, PO20, PO30 và PO100 với các tính chất được thể hiện trên Bảng 1.5 chương 1.

Hình 3.9: nhận thấy có sự khác biệt giữa 5 loại nhiên liệu khi lưu động trong lỗ phun. Các đoạn màu trong lỗ phun vuông góc với đường tâm lỗ chứng tỏ các mặt cắt ngang đẳng áp này cũng vuông góc với đường tâm lỗ nên thể hiện dòng chảy suôn đều, không bị tắc lỗ. Quy luật thay đổi là tương đồng với tính toán mô hình lý thuyết phần 3.1, đó là tia phun của nhiên liệu hỗn hợp có độ xâm nhập lớn hơn và góc phun nhỏ hơn so với nhiên liệu DO. Hiện tượng áp suất ở cửa vào và cửa ra lỗ phun của nhiên liệu hỗn hợp cao hơn so với nhiên liệu DO, có thể được giải thích là do độ nhớt của nhiên liệu hỗn hợp cao hơn so với nhiên liệu DO.

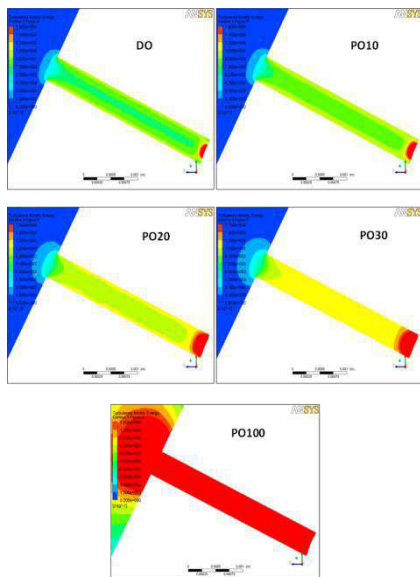
Hình 3.10: vận tốc chuyển động của các loại nhiên liệu không đồng đều trong lỗ phun. Ở trung tâm của lỗ phun đều có vận tốc cao hơn so với khu vực tiếp giáp với thành lỗ phun; Vận tốc chuyển động thấp hơn của nhiên liệu hỗn hợp tại cửa vào và cửa ra của lỗ phun đã giải thích quy luật thay đổi chiều dài tia phun theo đặc tính của nhiên liệu hỗn hợp ngắn hơn so với nhiên liệu DO như tính toán mô hình lý thuyết ở phần 3.1.

Trường phân bố áp suất, vận tốc, năng lượng động năng ròi



Hình 3.1. Trường phân bố áp suất trong lỗ phun của 5 loại nhiên liệu

Hình 3.10. Trường phân bố vận tốc trong lỗ phun của 5 loại nhiên



Hình 3.14. Trường phân bố theo năng lượng động năng rối trong lỗ phun của 5 loại nhiên liệu.

Hình 3.14 thông qua ứng dụng mô phỏng bằng phần mềm Ansys Fluent, cho thấy hình ảnh phân bố năng lượng động năng rối (đơn vị [J/kg]) trong không gian tại cửa vào, bên trong và ở cửa ra lỗ phun của vòi phun của động cơ 6LU32 cho thấy nhiều sự khác biệt giữa các loại nhiên liệu.

- Năng lượng chảy rối của nhiên liệu DO thấp hơn so với nhiên liệu hỗn hợp, tăng dần từ đầu ống đến cuối ống lỗ phun nên đạt hiệu quả phun cao nhất.

- Giữa nhiên liệu DO và PO10 có tính tương đương cao, còn nhiên liệu hỗn hợp PO20 và PO30 cũng có năng lượng chảy rối tương tự nhau; cả 4 loại nhiên liệu này đều có năng lượng động rối phân bố đều, tăng lên theo chiều dài lỗ phun và tập trung cao ở cửa ra của lỗ phun (các chấm màu đỏ);

- Năng lượng động rối cao có thể gây nên sự nhiễu loạn áp suất lớn và đây chính là nguyên nhân gây lên hiện tượng xâm thực mạnh tại cửa vào và cửa ra của các lỗ phun.

3.3. Mô phỏng quá trình hòa trộn-cháy của nhiên liệu hỗn hợp trong động cơ diesel tàu thủy

Dựa vào cơ sở lý thuyết mô phỏng số CFD bằng phần mềm Ansys Fluent đã trình bày ở mục 2.5, NCS cũng nghiên cứu tiếp khi nhiên liệu hỗn hợp được phun vào buồng đốt động cơ diesel sẽ được hòa trộn với không khí sạch và cháy như thế nào? Kết quả mô phỏng sẽ cho thấy một số vấn đề quan trọng sau đây: sự phân bố áp suất, nhiệt độ và vận tốc trong quá trình hòa trộn-cháy.

Các điều kiện biên xác định theo đặc điểm động cơ 6LU32 và vòi phun của động cơ này theo Bảng 3.1; các điều kiện khác như mục 3.2.1.1 và mục 3.2.1.2.

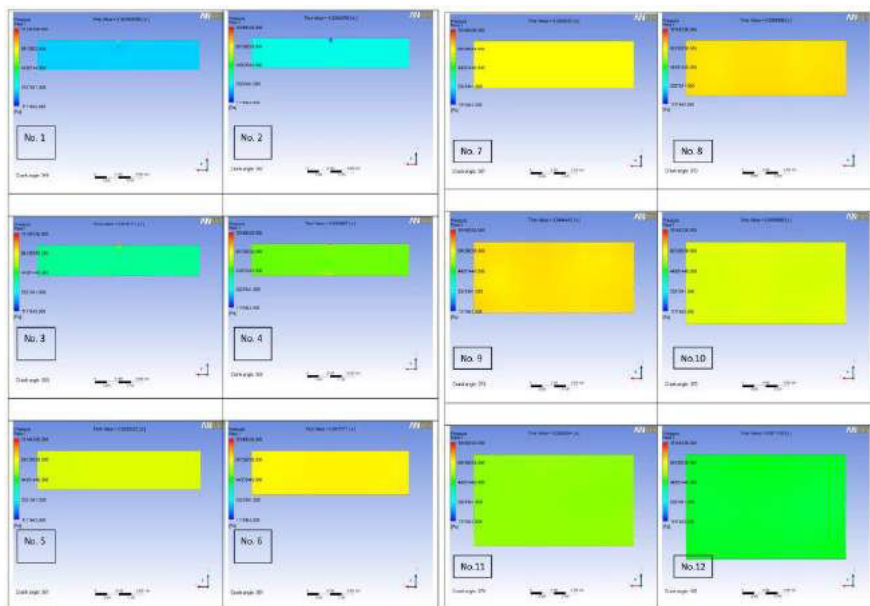
NCS chỉ tập trung thực hiện mô phỏng cho quá trình hòa trộn - cháy của loại nhiên liệu PO20, đây là loại nhiên liệu hỗn hợp được cho là có đặc tính lý hóa phù hợp nhất dành cho động cơ diesel 6LU32 được khuyến cáo bởi kết quả nghiên cứu thuộc đề tài cấp nhà nước mã số: ĐT.04.11/NLSH “Đề án phát triển NLSH đến năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025” [20] tương ứng với mức tải 60%.

Kết quả phân bố áp suất

Bằng việc tính toán cho không gian buồng đốt trong suốt quá trình khảo sát theo các bước thời gian tương ứng với góc quay trục khuỷu khi sử dụng loại nhiên liệu hỗn hợp PO20 cho phép ta ghi lại các kết quả tính toán.

Dưới đây là phân bố áp suất trong toàn không gian buồng đốt theo góc quay trục khuỷu, để tiện theo dõi các kết quả được thể hiện trên mặt phẳng đối xứng đi qua vị trí tia phun nhiên liệu.

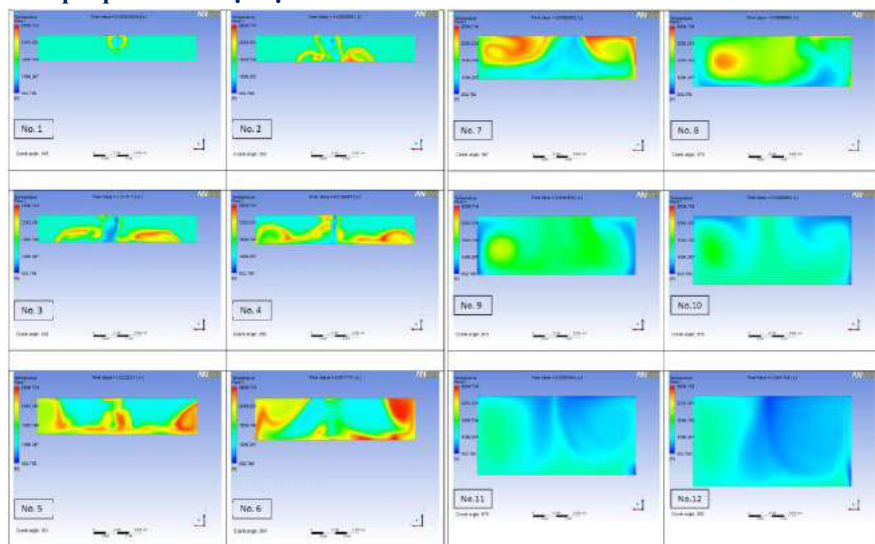
Trên mỗi hình nhỏ là một cửa sổ thể hiện kết quả của chương trình tính toán, ta có thể ghi lại theo các bước thời gian tương ứng với góc quay trục khuỷu hay tương ứng với vị trí của piston.



Hình 3.20. Phân bố áp suất trong buồng đốt tại mặt cắt đứng đi qua đường tâm xy lạnh theo các GQTK trên động cơ diesel 6LU32, PO20

Như vậy bằng cách trích xuất các kết quả hình ảnh được chia nhỏ theo GQTK và khoảng thời gian khảo sát tương ứng đã cho thấy các kết quả về diễn biến thay đổi áp suất trong không gian buồng đốt động cơ thuộc khoảng góc trục khuỷu khảo sát, xác định được vị trí đạt áp suất lớn nhất.

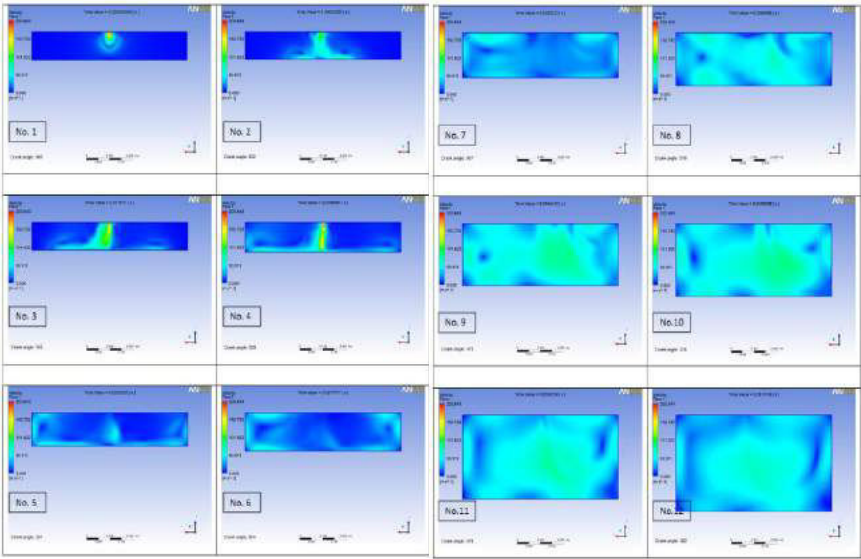
Kết quả phân bố nhiệt độ



Hình 3.21. Phân bố nhiệt độ trong buồng đốt tại mặt cắt đứng đi qua đường tâm xy lạnh theo các GQTK trên động cơ diesel 6LU32, PO20

Mô phỏng số đã xuất các kết quả hình ảnh được chia nhỏ theo GQTK và khoảng thời gian khảo sát tương ứng đã cho thấy các kết quả về diễn biến thay đổi nhiệt độ trong không gian buồng đốt động cơ, thể hiện được các vùng có nhiệt độ lớn khi bắt đầu cháy.

Kết quả phân bố vận tốc

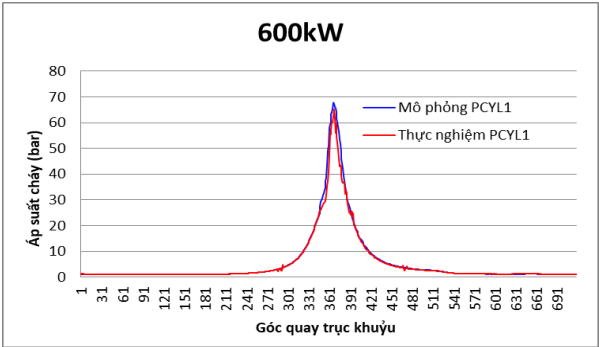


Hình 3.2. Phân bố vận tốc cháy trong buồng đốt tại mặt cắt đứng đi qua đường tâm xy lạnh theo các GQTK trên động cơ diesel 6LU32, PO20

Hình 3.22 cho thấy hình ảnh phun nhiên liệu khá đồng đều trong buồng đốt.

3.4. Đánh giá độ tin cậy kết quả tính toán mô phỏng

So sánh sự biến thiên áp suất trong xy lạnh được thể hiện trên Hình 3.26, đường nét màu đỏ là đường đồ thị chỉ thị áp suất khi thực nghiệm, đường nét màu xanh là đường đồ thị chỉ thị áp suất khi mô phỏng. Sự trùng khớp của hai đường cong chứng minh các thông số tỉ số nén, áp suất và nhiệt độ ban đầu của hai mô hình là phù hợp.



Hình 3.4. So sánh diễn biến áp suất trong xi lanh giữa mô phỏng và thực nghiệm

3.5. Kết luận chương 3

- Trên cơ sở lý thuyết ở Chương 2, dựa vào các mô hình toán được lựa chọn để nghiên cứu sự ảnh hưởng của nhiên liệu đến đặc tính phun và đưa ra các kết quả tính toán lý thuyết so sánh giữa hỗn hợp PO với DO về đặc tính vĩ mô (chiều dài phân rã sơ cấp ngắn hơn; góc phun bé hơn; chiều dài tia phun lớn hơn), vĩ mô (đường kính trung bình hạt nhiên liệu lớn hơn); các kết quả cho thấy thời điểm phun của PO sớm hơn, thời gian cháy trễ ngắn hơn, lưu lượng phun lớn hơn so với DO.

- Đã dựa vào lựa chọn giải pháp ứng dụng mô phỏng số CFD bằng phần mềm Ansys Fluent để hỗ trợ nghiên cứu những hiện tượng xảy ra tại lỗ phun nhiên liệu mà các mô hình lý thuyết được đề cập ở trên chưa xử lý được như: các trường phân bố áp suất, vận tốc và năng lượng động năng rối. Kết quả mô phỏng quá trình phun nhiên liệu qua lỗ phun của vòi phun động cơ 6LU32 bằng phần mềm Ansys Fluent cho những kết quả có cơ sở khoa học (Từ Hình 3.9 đến 3.14). Các kết quả này phù hợp quy luật thay đổi với các kết quả nghiên cứu bằng mô hình toán về xu thế ảnh hưởng của nhiên liệu hỗn hợp đến chất lượng phun của HTPNL cho động cơ, nhưng cho thấy hình ảnh rõ hơn;

- Kết quả mô phỏng về động năng rối của các loại nhiên liệu khi đi qua lỗ phun được thể hiện cụ thể. Với nhiên liệu hỗn hợp, động năng rối có xu thế cao hơn so với DO, mà trường hợp của nhiên liệu PO100 là tiêu biểu. Trên thực tế, các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực này đều khẳng định rằng, động năng rối càng cao sẽ dẫn đến tạo hiện tượng xâm thực càng lớn. Vậy nên, khi sử dụng nhiên liệu hỗn hợp làm nhiên liệu thay thế cho động cơ diesel thủy, phải đặc biệt lưu ý đến hiện tượng xâm thực có thể xảy ra tại lỗ phun, không gian nhiên liệu của vòi phun;

- Kết quả nghiên cứu mô phỏng về quá trình hòa trộn-cháy đối với nhiên liệu hỗn hợp PO20 để minh chứng cho kết quả thực nghiệm thông qua phần mềm Ansys Fluent cho hình ảnh theo thang đo định lượng về áp suất, nhiệt độ và vận tốc cháy của động cơ 6LU32 được thể hiện rất rõ (Hình 3.20 đến Hình 3.25) cho thấy chất lượng hòa trộn - cháy khá tốt, đảm bảo các thông số chỉ thị gần với thực nghiệm.

Các kết quả nghiên cứu lý thuyết và mô phỏng tại Chương 3 đã hoàn thành mục tiêu đặt ra trong Bảng 1.6 Chương 1 và hoàn toàn đáng tin cậy để có thể áp dụng cho các phần nghiên cứu tiếp theo.

CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

Quá trình thực nghiệm được tiến hành tại Trung tâm thí nghiệm hệ động lực - Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, động cơ diesel thủy 6LU32 và 4 loại nhiên liệu (DO, PO10, PO20 & PO30) - Bảng 1.5 được lựa chọn cùng với các thiết bị đo, các trang thiết bị phụ trợ hiện đại của hãng AVL, Cộng hòa Áo (mục 4.2.3 và PL1).

Thực nghiệm tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của 4 loại nhiên liệu trên đến chất lượng phun và chỉ tiêu kinh tế (g_e) và môi trường (NO_x) để kiểm chứng kết quả mô phỏng và tính toán lý thuyết ở phần 3.1 chương 3.

4.1. Mục đích, chế độ, điều kiện và đối tượng thực nghiệm

Mục đích

Thu thập đầy đủ các kết quả về quá trình cấp nhiên liệu cho động cơ liên quan đến thời điểm bắt đầu phun nhiên liệu, áp suất phun nhiên liệu cao nhất... trong động cơ ở 2 chế độ tải nhất định nhằm đánh giá sự ảnh hưởng đến thời điểm phun, lưu lượng và áp suất của hệ thống phun nhiên liệu; đo nồng độ NO_x trong khí thải.

So sánh những chỉ tiêu quan trọng giữa nghiên cứu lý thuyết và nghiên cứu thực nghiệm trên động cơ diesel thực;

Chế độ tải động cơ và điều kiện thực nghiệm

Thực nghiệm được tiến hành trong điều kiện nhiệt độ môi trường là 24°C, áp suất môi trường $p_0=1$ bar, độ ẩm tương đối là 75%.

Bảng 4.1. Các chế độ thử nghiệm

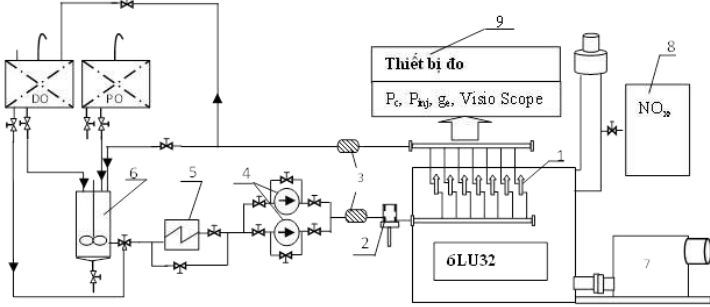
Chế độ tải của động cơ	Tốc độ (v/p)
40% (400 kW)	238
60% (600 kW)	273

Đối tượng thực nghiệm

Động cơ diesel tàu thủy HANSHIN 6UL32 lai phanh thủy lực Omega 1500 và HTPNL cho động cơ được lắp đặt tại Trung tâm nghiên cứu hệ động lực, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Đề xuất mô hình thực nghiệm

Nhằm đáp ứng các mục tiêu về thử nghiệm như đã nêu ở trên, mô hình thực nghiệm được đề xuất như trên Hình 4.1.



1 – Bơm cao áp; 2 – Phin lọc tinh; 3 – Lưu lượng kế; 4 – Bơm cấp nhiên liệu hỗn hợp; 5 – Bầu hâm; 6 – Bộ khuấy trộn nhiên liệu hỗn hợp; 7 – Phanh thủy lực; 8 – Bộ phân tích khí xả; 9- Các thiết bị đo.

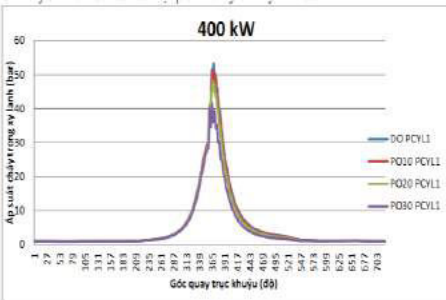
Hình 4.1. Sơ đồ HTPNL cho động cơ và các thiết bị thí nghiệm

4.2. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm

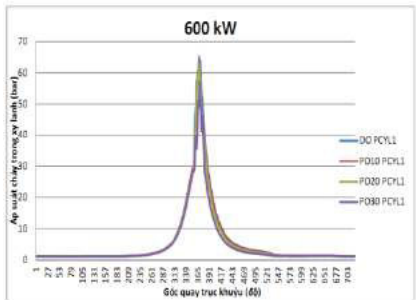
4.2.1. Áp suất cháy trong xy lanh động cơ

Bảng 4.2. Giá trị p_z đối với các loại nhiên liệu ở 2 chế độ tải khác nhau

Chế độ tải của động cơ	Áp suất cháy cực đại - p_z (bar)			
	DO	PO10	PO20	PO30
40%	53,245	52,869	49,241	45,823
60%	65,245	63,869	62,941	59,823



Hình 4.3. Đồ thị áp suất cháy đo thực tế động cơ 6LU32 của 4 loại nhiên liệu ở cùng xy lanh số 1, 400kW



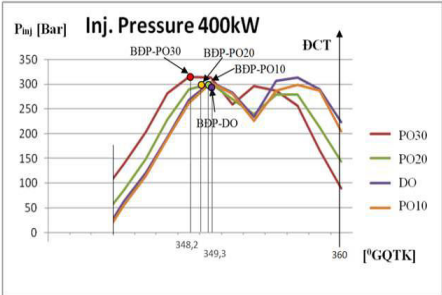
Hình 4.4. Đồ thị áp suất cháy đo thực tế động cơ 6LU32 của 4 loại nhiên liệu ở cùng xy lanh số 1, 600kW

Áp suất cháy cực đại của nhiên liệu hỗn hợp PO có xu hướng nhỏ hơn so với của nhiên liệu DO.

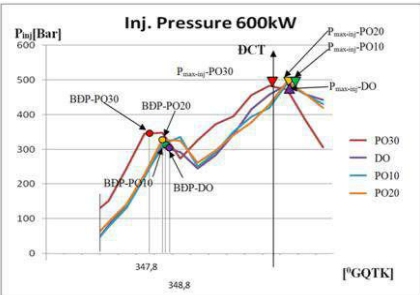
4.2.2. Thời điểm bắt đầu phun và áp suất phun lớn nhất

Bảng 4.3. Thời điểm bắt đầu phun và áp suất phun nhiên liệu lớn nhất

STT	Vòng quay (v/p)	Thời điểm bắt đầu phun (°GQTK)				Áp suất phun lớn nhất (bar)			
		DO	PO10	PO20	PO30	DO	PO10	PO20	PO30
1	238	349,3	349,0	348,7	348,2	300	303	308	314
Chênh lệch so với DO		/	-0,3	-0,6	-1,1	/	+3	+8	+14
2	273	348,8	348,5	348,1	347,8	459	483	486	495
Chênh lệch so với DO		/	-0,3	-0,7	-1,0	/	+24	+27	+36



Hình 4.1. Thời điểm bắt đầu phun và áp suất phun nhiên liệu lớn nhất ở chế độ 400kW của động cơ 6LU32



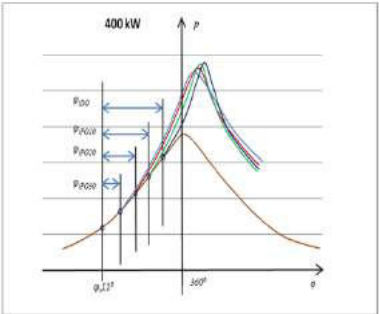
Hình 4.1. Thời điểm bắt đầu phun và áp suất phun nhiên liệu lớn nhất ở chế độ 600kW của động cơ 6LU32

Nhiên liệu hỗn hợp có thời điểm phun sớm, áp suất phun lớn nhất $p_{max-inj}$ cao hơn so với nhiên liệu DO và tỉ lệ với % dầu thực vật.

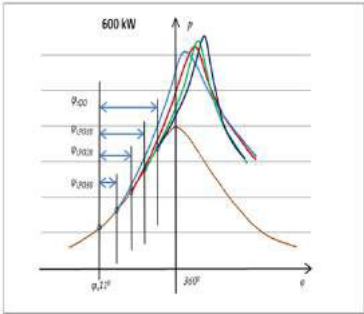
4.2.3. Thời gian cháy trễ của nhiên liệu

Bảng 4.4. Kết quả thực nghiệm về thời gian cháy trễ của nhiên liệu

STT	Chế độ tải (kW)	Thời gian cháy trễ của nhiên liệu (°GQTK)			
		DO	PO10	PO20	PO30
1	400	2,4082	2,3879	2,3663	2,3430
Chênh lệch so với DO (°GQTK)		/	-0,0203	-0,0419	-0,0652
2	600	2,4235	2,3774	2,3560	2,3312
Chênh lệch so với DO (°GQTK)		/	-0,0461	-0,0675	-0,0923



Hình 4.8. Đồ thị quá trình cháy và thời gian cháy trễ của các loại nhiên liệu đối với động cơ 6LU32 ở chế độ tải 400kW



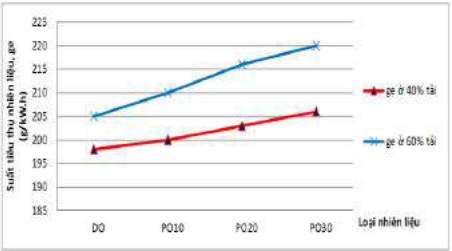
Hình 4.7. Đồ thị quá trình cháy và thời gian cháy trễ của các loại nhiên liệu đối với động cơ 6LU32 ở chế độ tải 600kW

Các loại nhiên liệu hỗn hợp PO10, PO20 và PO30 đều có thời điểm bốc cháy sớm hơn so với nhiên liệu DO do có thời gian cháy trễ ngắn hơn.

4.2.4. Suất tiêu hao nhiên liệu

Bảng 4.5. Suất tiêu hao nhiên liệu đối với các loại nhiên liệu khác nhau

STT	Loại nhiên liệu	Suất tiêu thụ nhiên liệu (g/kW.h)			
		Tải/vòng quay (40%/238v/p)	Tăng so với DO	Tải/vòng quay (60%/273v/p)	Tăng so với DO
1	DO	198	/	205	/
2	PO10	200	2 (1,0%)	210	5 (2,4%)
3	PO20	203	5 (2,5%)	216	11 (5,3%)
4	PO30	206	8 (4,0%)	220	15 (7,3%)



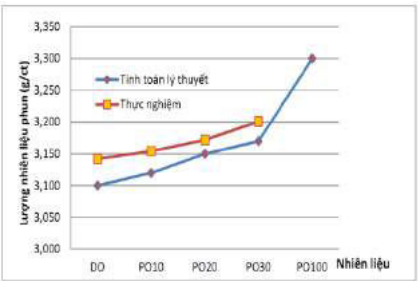
Hình 4.9. Suất tiêu thụ nhiên liệu đối với các loại nhiên liệu ở hai chế độ tải

Khi sử dụng nhiên liệu hỗn hợp, suất tiêu thụ nhiên liệu cao hơn so với sử dụng nhiên liệu DO. Ở chế độ tải cao 600kW (60% tải), suất tiêu thụ nhiên liệu khi sử dụng nhiên liệu hỗn hợp PO30 cao hơn so với khi sử dụng DO khoảng 7,3% và sự chênh lệch này ở chế độ tải 400kW (40% tải) tăng khoảng 4%.

4.2.5. Đánh giá sự thay đổi của lưu lượng phun

Bảng 4.6. Ảnh hưởng của loại nhiên liệu đến định lượng cấp nhiên liệu

Lượng nhiên liệu phun/lần (g/ct)	Loại nhiên liệu			
	DO	PO10	PO20	PO30
Q, (g/ct)	3,142	3,154	3,172	3,201
Sự thay đổi so với DO, (%)	/	+0,381	+0,946	+1,843



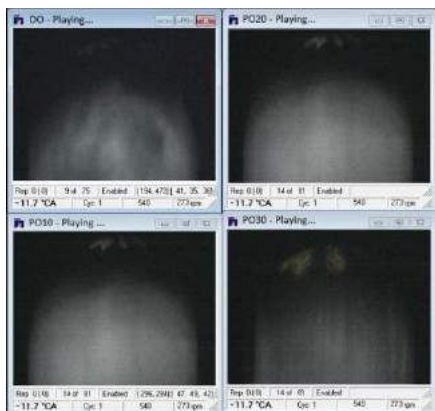
Hình 4.10. Ảnh hưởng của loại nhiên liệu đến lượng nhiên liệu phun vào động cơ

Lượng nhiên liệu cấp cho một chu trình của nhiên liệu hỗn hợp lớn hơn so với nhiên liệu DO và tỉ lệ với phần trăm dầu cò trong hỗn hợp. Theo thực nghiệm lượng cấp nhiên liệu cho một chu trình của nhiên liệu PO30 tăng tới 1,843% và PO20 tăng khoảng 0,946% so với nhiên liệu DO.

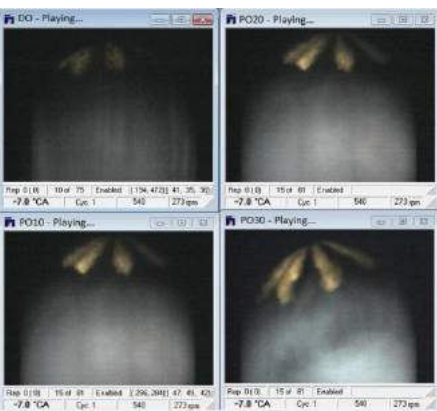
4.2.6. Chất lượng phun sương, tạo hỗn hợp và cháy

Trong quá trình thí nghiệm, lần lượt 4 loại nhiên liệu được thử nghiệm và thiết bị Visio Scope được áp dụng để ghi lại hình ảnh quá trình diễn biến của thời điểm bắt đầu cấp nhiên liệu vào buồng đốt động cơ, thời điểm bắt đầu cháy và diễn biến quá trình cháy.

Hình 4.11 đến 4.16 cho thấy hình ảnh thời điểm nhiên liệu bắt đầu được phun vào buồng đốt của xy lanh số 1 động cơ diesel thủy 6LU32 ở vòng quay 273 v/p tương đương 600kW (60% tải) và các quá trình bắt đầu hòa trộn cháy của hỗn hợp. Nhiên liệu hỗn hợp được phun, cháy sớm hơn so với nhiên liệu DO.



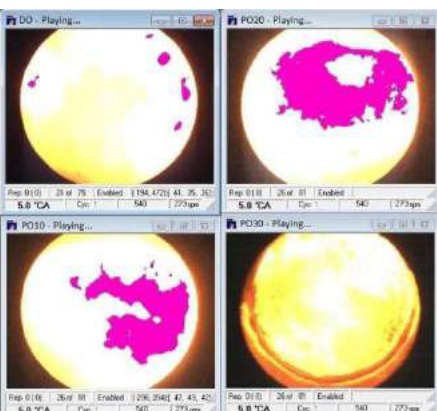
Hình 4.11. Hình ảnh nhiên liệu bắt đầu phun ở -11,7 độ GQTK trước ĐCT, 273 v/p



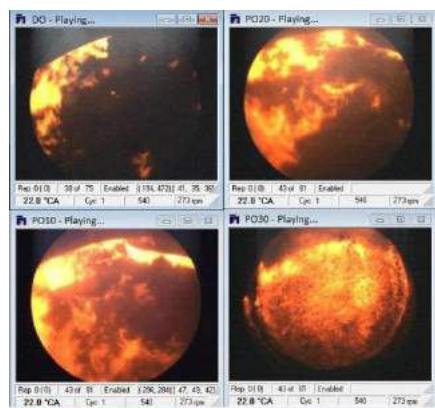
Hình 4.12. Hình ảnh nhiên liệu hòa trộn, cháy ở -7 độ GQTK trước ĐCT, 273 v/p



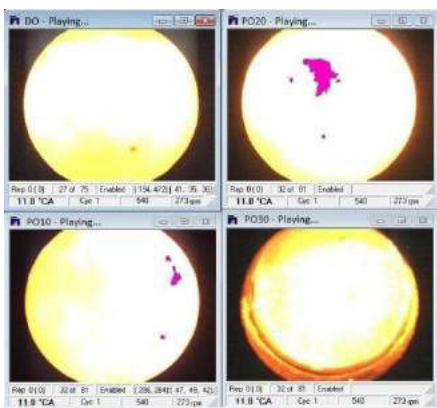
Hình 4.13. Hình ảnh nhiên liệu cháy ở -3 độ GQTK trước ĐCT, 273 v/p



Hình 4.14. Hình ảnh nhiên liệu cháy ở 5 độ GQTK sau ĐCT, 273 v/p



Hình 4.15. Hình ảnh nhiên liệu cháy ở 22 độ GQTK sau ĐCT, 273 v/p

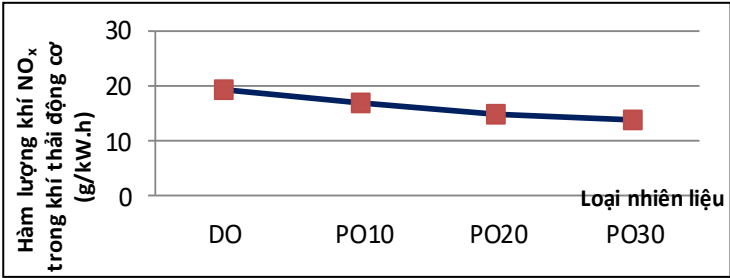


Hình 4.16. Hình ảnh nhiên liệu cháy ở 11 độ GQTK sau ĐCT, 273 v/p

4.2.7. Phát thải NO_x

Bảng 4.7. Kết quả thực nghiệm về hàm lượng NO_x trong khí thải

Hàm lượng khí NO _x trong khí thải động cơ(g/kW.h)			
DO	PO10	PO20	PO30
19,4	17,0	14,8	13,9



Hình 4.17. Đồ thị biểu thị hàm lượng NO_x trong khí thải động cơ ở chế độ tải 600kW khi sử dụng 4 loại nhiên liệu

Kết quả thực nghiệm về nồng độ phát thải khí NO_x cho thấy: hàm lượng khí NO_x trong khí thải khi sử dụng nhiên liệu DO có giá trị bằng 19,4 g/kW.h. Như vậy hàm lượng phát thải này cao hơn so với hàm lượng phát thải khí NO_x khi sử dụng nhiên liệu hỗn hợp. Khi sử dụng nhiên liệu hỗn hợp PO30, hàm lượng khí NO_x trong khí thải động cơ 6LU32 đo được bằng 13,9 g/kW.h, thậm chí còn thấp hơn so với tiêu chuẩn phát thải được qui định đối với loại động cơ này bởi Phụ lục VI, MARPOL 73/78; còn đối với PO20 là 14,8 g/kW.h;

4.3. Kết quả giải pháp hiệu chỉnh bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm

Trên cơ sở kết quả phân tích sử dụng lý thuyết tối ưu hóa bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm đã nêu ở phần 2.6 Chương 2 để thực hiện các giải pháp hiệu chỉnh thích hợp cho HTPNL cho động cơ nhằm đáp ứng các mục tiêu cần thiết. Trong đó công thức toán học được xây dựng dưới dạng một hàm mục tiêu (2.72) được ứng dụng.

Thực nghiệm hiệu chỉnh đã được thực hiện trên động cơ diesel chính tàu thủy Hanshin 6LU32 được trang bị tại PTN Trung tâm thí nghiệm hệ động lực - Trường Đại học Hàng hải Việt Nam có các thông số đã trình bày ở Bảng 3.1 theo các điều kiện thực nghiệm đã được trình bày trong phần 4.1 và 4.2 Chương 4 và các loại nhiên liệu PO10, PO20, PO30 có các tính chất được trình bày ở Bảng 1.5.

Bảng 4.8. Bảng dự kiến về yếu tố gây ảnh hưởng và mức giá trị

Yếu tố ảnh hưởng	Ký hiệu	Mức		
		Thấp (-1)	Trung tâm (0)	Cao (1)
Thời điểm bắt đầu phun (⁰ CA GQTK)	A	9	11	13
Áp suất phun (MPa)	B	27	28	29
Ti lệ dầu cọ (%)	C	10	20	30

Tiến hành thực nghiệm trên động cơ 6LU32: dựa trên số lần cần làm thực nghiệm và tiến hành đo đạc các thông số cần thiết như đề xuất tại Bảng 4.10, cho động cơ diesel làm việc ở chế độ 600kW (273 v/p) và đo mức độ phát thải cùng với suất tiêu thụ nhiên liệu. Ở đây cần lưu ý rằng, mỗi lần làm thí nghiệm sẽ được tiến hành với sự ghép của 3 yếu tố ảnh hưởng với mức giá trị khác nhau. Như vậy, cần thực hiện 9 lần thí nghiệm và hiệu chỉnh giá trị của các yếu tố ảnh hưởng.

Trong quá trình hiệu chỉnh, công việc cần làm khá phức tạp và công phu đó là hiệu chỉnh cam nhiên liệu theo đúng yêu cầu với các vị trí để mở vòi phun ở các thời điểm 10^0 , 11^0 và 12^0 GQTK trước ĐCT. Bằng cách làm như vậy, toàn bộ số lần thực nghiệm và các dữ liệu cần thiết được thể hiện trên Bảng 4.11.

Bảng 4.9. Tạo ma trận thí nghiệm

TT	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁ (g/kW.h)	Y ₂ (g/kW.h)
1	1	1	1	223	15,3
2	-1	1	1	221	16,1
3	1	-1	1	222	15,2
4	1	-1	-1	221	15,7
5	1	1	-1	219	14,8
6	-1	1	-1	222	16,5
7	-1	-1	1	224	16,4
8	-1	-1	-1	222	16,8
9	0	0	0	221	16,1

Các kết quả thí nghiệm được trình bày trong Bảng 4.13.

Bảng 4.10. Kết quả nghiên cứu tối ưu hóa

TT	X ₁ SOI [°CA ĐCT]	X ₂ IP [MPa]	X ₃ PO [%]	Y ₁ g _e [g/kW.h]	Y ₂ NO _x [g/kW.h]	Mức chất lượng
Điểm trung tâm (1)	11	28	20	223	15,3	472,63
(2)	11	28,5	10	221	16,1	427,42
(3)	11	29	30	222	15,2	431,24
(4)	12	29,5	10	221	15,7	469,86
(5)	10	29,5	20	219	14,8	492,58
(6)	12	30	20	222	16,5	483,48
(7)	12	30	20	224	16,4	429,75
(8)	10	29	30	222	15,8	456,32
(9)	10	28	30	221	15,1	467,95

Giới hạn NO_x theo yêu cầu của Tổ chức Hàng hải Quốc tế được trình bày tại phụ lục VI của Công ước quốc tế MARPOL 73/78, vì vậy động cơ diesel chính tàu thủy Hanshin 6LU32 có mức phát thải NO_x = 19,4g/kW.h (ở chế độ thử nghiệm có thể trong PTN ứng với tải 600kW, 273 v/p) cần hướng tới mức phát thải giới hạn mục tiêu NO_{x.g} = 14,19g/kW.h.

Thông qua các kết quả của hàm tối ưu, có thể xác nhận rằng sự kết hợp (SOI = 10^0 CA, IP = 29,5MPa, tỉ lệ = 20% PO) là các giá trị điều chỉnh HTPNL phục vụ cho động cơ hoạt động hiệu quả cao đạt các chỉ tiêu là g_e = 219g/kW.h, mức phát thải NO_x = 14,8g/kW.h. Điều này cũng có nghĩa là quá trình tối ưu hóa theo phương pháp bề mặt đáp ứng đã tìm thấy các yếu tố kiểm soát tối ưu cho động cơ diesel 6LU32 là GPS = 10^0 GQTK, áp suất nâng kim phun = 29,5MPa, nhiên liệu hỗn hợp với dầu diesel có tỉ lệ dầu cò là 20% PO có thể được chọn để đặt các thông số làm việc tối ưu cho động cơ diesel tàu thủy 6LU32 sử dụng nhiên liệu hỗn hợp cho thay thế nhiên liệu thông thường.

Kết luận chương 4

Từ cơ sở các kết quả nghiên cứu lý thuyết ở Chương 2 và tính toán lý thuyết, mô phỏng ở Chương 3, Chương 4 đã triển khai nghiên cứu thực nghiệm xác định các thông số quan trọng đánh giá chất lượng phun của nhiên liệu DO và các hỗn hợp PO10, PO20, PO30 ở hai chế độ tải 40% (238 v/p) và 60% (273 v/p) trên động cơ diesel chính tàu thủy lai phanh thủy lực Hanshin 6LU32 trong PTN.

Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm đã cho các kết quả thử nghiệm rất phong phú, xác thực được tổng hợp và phân tích trong mục 4.3 đã cho thấy rõ hơn về sự ảnh hưởng này như sau: áp suất cháy cháy cực đại của PO nhỏ hơn DO (PO20 nhỏ hơn khoảng 3,5% ở tốc độ 273 v/p); thời điểm phun của PO sớm hơn DO (PO20 sớm hơn khoảng 0,7 độ ở tốc độ 273 v/p), áp suất phun lớn nhất của PO lớn hơn DO (PO20 lớn hơn khoảng 5,5% ở tốc độ 273 v/p); thời gian cháy trễ PO nhỏ hơn của DO (PO20 nhỏ hơn khoảng 0,0675 độ ở tốc độ 273 v/p); suất tiêu hao nhiên liệu (PO20 tăng khoảng 5,3% ở tốc độ 273 v/p); lưu lượng phun của PO20 tăng khoảng 0,946% so với DO; chất lượng phun sương và hòa trộn - cháy được camera VisioScope chụp hình và quay phim lại cho thấy PO20 vẫn đảm bảo tuy có kém hơn DO; phát thải NO_x của PO20 giảm khoảng 23% so với DO.

Xây dựng được giải pháp hiệu chỉnh thích hợp là một phương pháp tổng hợp các biện pháp hiệu chỉnh các thông số của hệ thống nhiên liệu để đạt được hiệu quả kinh tế cũng như tiêu chuẩn về môi trường bằng công thức toán học dưới dạng một hàm mục tiêu (2.72) và thực hiện thực nghiệm kiểm chứng trực tiếp đối với động cơ diesel Hanshin 6LU32. Kết quả xác định được các thông số điều chỉnh các yếu tố kiểm soát tối ưu cho động cơ diesel 6LU32 là $GPS = 100GQTK$ trước ĐCT, áp suất nâng kim phun = 29,5MPa, nhiên liệu hỗn hợp với dầu diesel có tỉ lệ dầu cò là 20%PO có thể được chọn để đặt các thông số làm việc tối ưu cho động cơ diesel tàu thủy 6LU32 sử dụng nhiên liệu hỗn hợp cho thay thế nhiên liệu truyền thống đạt chỉ tiêu kinh tế $g_e=219$ g/kW.h và chỉ tiêu môi trường $NO_x=14,8$ g/kW.h.

Nội dung Chương 4 đã hoàn thành các mục tiêu đề ra trong Bảng 1.6 Chương 1.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận:

Sau thời gian làm việc nghiêm túc, bằng phương pháp nghiên cứu tổng hợp giữa nghiên cứu lý thuyết, áp dụng mô phỏng số và nghiên cứu thực nghiệm, NCS đã thực hiện hoàn chỉnh mục tiêu, yêu cầu của đề tài luận án ***“Nghiên cứu ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu dầu thực vật – diesel đến phun nhiên liệu, tạo hỗn hợp, cháy và tính năng của động cơ diesel tàu thủy”*** và sau đây là những kết luận:

1. Đã phân tích các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến luận án, trên cơ sở đó đã tổng hợp và lựa chọn được cơ sở lý thuyết thích hợp để phục vụ nghiên cứu ảnh hưởng của đặc tính hỗn hợp nhiên liệu dầu cò - dầu diesel đến chất lượng phun nhiên liệu và các chỉ tiêu kinh tế (g_e), môi trường (NO_x) của động cơ diesel tàu thủy; đề xuất giải pháp để áp dụng giải pháp hiệu chỉnh thích hợp các thông số chính của HTPNL và tỉ lệ % dầu cò trong hỗn hợp để động cơ hoạt động ổn định đạt chỉ tiêu kinh tế và môi trường;

2. Đã đánh giá được sự ảnh hưởng của đặc tính nhiên liệu hỗn hợp đến chất lượng phun nhiên liệu của HTPNL cho động cơ diesel tàu thủy Hanshin 6LU32 sử dụng hỗn hợp nhiên liệu dầu cò - diesel PO10, PO20, PO30 và DO. Các kết quả cho thấy: hỗn hợp nhiên liệu dầu cò - diesel làm thay đổi đặc tính vĩ mô và vi mô của tia phun nhiên liệu của vòi phun; dẫn đến thay đổi quá trình phun, hòa trộn - cháy của

hỗn hợp nhiên liệu-không khí trong buồng đốt động cơ diesel tàu thủy; làm cho thời điểm phun sớm hơn so với nhiên liệu DO; giảm thời gian cháy trễ và thời điểm bốc cháy nhiên liệu cũng sớm hơn so với DO;

3. Xây dựng được mô hình mô phỏng số cho kết quả về các trường vận tốc, trường áp suất, trường phân phối năng lượng động năng rồi được phân phối trong không gian chứa nhiên liệu ở đầu vòi phun, ở tại cửa vào và cửa ra của lỗ phun làm cơ sở khoa học quan trọng đánh giá chất lượng phun nhiên liệu. Kết quả mô phỏng quá trình hòa trộn - cháy của PO20 trong buồng đốt động cơ diesel 6LU32 cho các thông số khả quan đã minh chứng cho kết quả thực nghiệm;

4. Tổ chức thực nghiệm trên động cơ 6LU32 ở 2 chế độ tải 40% (238 v/p) và 60% (273 v/p), xác định được các thông số: áp suất cháy; thời điểm phun, áp suất phun lớn nhất; thời gian cháy trễ; suất tiêu hao nhiên liệu; lưu lượng phun; chất lượng phun sương và hòa trộn - cháy; phát thải NO_x và các thông số công tác khác của động cơ nhằm so sánh, đánh giá chất lượng phun nhiên liệu của từng loại nhiên liệu nghiên cứu;

5. Từ các kết quả nghiên cứu kết hợp giữa lý thuyết bằng việc sử dụng các công thức toán học, xây dựng mô hình mô phỏng số và nghiên cứu thực nghiệm tại phòng thí nghiệm đã đề xuất được giải pháp hiệu chỉnh thích hợp HTPNL động cơ diesel 6LU32 khi sử dụng nhiên liệu hỗn hợp một cách hiệu quả và thân thiện hơn với môi trường. Đây là những biện pháp nghiên cứu hiện đại được ứng dụng vào khai thác vận hành hệ động lực tàu thủy phù hợp với chuyên ngành khai thác bảo trì tàu thủy mã số 9520116. Kết quả sau khi thực nghiệm hiệu chỉnh:

- Xác định được 3 thông số điều chỉnh để kiểm soát tối ưu cho động cơ diesel Hanshin 6LU32 hoạt động ổn định là $\text{GPS} = 10^0 \text{GQTK}$ (giảm đi 1^0), áp suất nâng kim phun = 29,5MPa (tăng lên 1,5MPa), nhiên liệu hỗn hợp với dầu diesel có tỉ lệ dầu cò là 20% PO;

- Động cơ diesel làm việc đạt được hai mục tiêu là suất tiêu thụ nhiên liệu hợp lý ($g_c=219\text{g/kW.h}$) và tiệm cận với tiêu chuẩn phát thải về NO_x ($=14.8 \text{ g/kW.h}$) của IMO. Tuy nhiên đây là chế độ thử nghiệm cao nhất có thể trong PTN đối với một động cơ diesel chính tàu thủy cỡ vừa.

6. Các kết quả nghiên cứu được tổng hợp trên đây có thể khẳng định rằng: hoàn toàn có thể sử dụng nhiên liệu hỗn hợp dầu thực vật - diesel làm nhiên liệu thay thế trên các tàu thuộc đội vận tải biển Việt Nam đáp ứng tiêu chuẩn phát thải Quốc tế. Hơn nữa, đây cũng là những kết quả khoa học lần đầu tiên được nghiên cứu thành công ở Việt Nam hưởng ứng đề án “Sử dụng tiết kiệm nhiên liệu và bảo vệ môi trường” của Chính phủ đề ra.

Kiến nghị:

Đây mới chỉ là những thành công bước đầu, luận án còn những hạn chế sau đây cần tiếp tục nghiên cứu trong thời gian tới:

1. Mở rộng nghiên cứu đến BCA, hệ thống cam nhiên liệu để nghiên cứu ảnh hưởng của QLCCNL đến quá trình phun, hình thành hỗn hợp cháy, cháy và phát thải của động cơ diesel tàu thủy khi chuyển sang sử dụng hỗn hợp nhiên liệu dầu cò-dầu diesel;

2. Đánh giá độ ổn định của HTPNL động cơ diesel tàu thủy khi chuyển sang sử dụng hỗn hợp nhiên liệu dầu cò-dầu diesel như vấn đề bôi trơn, mài mòn, ăn mòn và ô xy hóa các chi tiết trong hệ thống;

3. Mở rộng đối tượng nghiên cứu, đó là loại động cơ diesel tàu thủy hiện đại với HTPNL common rail được điều khiển bằng bộ điều khiển điện tử ECU.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

- [1] **ThS. Nguyễn Đức Hạnh**, PGS. TSKH. Đặng Văn Uy, PGS. TS. Nguyễn Đại An (tháng 11/2013). *Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của hỗn hợp dầu thực vật – dầu diesel đến áp suất phun nhiên liệu của động cơ diesel Hanshin 6LU32*. Tạp chí Khoa học–Công nghệ Hàng hải số 36. ISSN 1859-316X.
- [2] **ThS. Nguyễn Đức Hạnh**, PGS. TSKH. Đặng Văn Uy, PGS. TS. Nguyễn Đại An (tháng 10/2014). *Nghiên cứu ảnh hưởng của hỗn hợp dầu thực vật – dầu diesel đến lưu lượng phun nhiên liệu vào động cơ diesel Hanshin 6LU32*. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số đặc biệt. ISSN 0866-7056.
- [3] **ThS. Nguyễn Đức Hạnh**, PGS. TSKH. Đặng Văn Uy, PGS. TS. Nguyễn Đại An, (tháng 4/2015). *Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của hỗn hợp dầu thực vật – dầu diesel đến trạng thái kỹ thuật của bơm cao áp và vòi phun động cơ diesel Hanshin 6LU32*. Tạp chí Khoa học – Công nghệ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội số 27. ISSN 1859-3585.
- [4] **MSc. Nguyen Duc Hanh**, Prof., Dr. Nguyen Dai An, Prof., Dr. Dang Van Uy (July/2017). *A study on the applicability of biofuel for the small marine diesel engines in Vietnam conditions*. Tạp chí Khoa học–Công nghệ Xây dựng số 4. ISSN 1859-2996.
- [5] Prof., DSc. Dang Van Uy, Prof., Dr. Nguyen Dai An, **MSc. Nguyen Duc Hanh** (Oct.17-19/2018, Barcelona, Spain). *An optimization of marine diesel engine operation parameters when using a mixed fuel (DO and palm oil) as alternative fuel*. IAMU 2018, 19th Annual General Assembly – AGA, of the International Association of Maritime Universities (IAMU).
- [6] **ThS. Nguyễn Đức Hạnh**, PGS. TSKH. Đặng Văn Uy, PGS. TS. Nguyễn Đại An. *Ứng dụng CFD tính toán mô phỏng số quá trình hòa trộn - cháy trong động cơ diesel thủy khí sử dụng nhiên liệu hỗn hợp (dầu DO - dầu cọ) làm nhiên liệu thay thế*. Tạp chí KHKT Thủy lợi và Môi trường số đặc biệt tháng 10 năm 2019. ISSN 1859-3941.
- [7] **MSc. Nguyen Duc Hanh**, Prof., Dr. Nguyen Dai An, Prof., Dr. Dang Van Uy. *Simulation of fluid dynamics through nozzles into marine diesel engine combustion chamber using the mixture fuel oil (diesel oil and palm oil) as an alternative one by Fluent-Ansys software*. 30th International Symposium on Transport Phenomena, Vinpearl Halong Bay Resort | 1-3 November 2019.