



DOI:10.22144/ctujos.2026.036

## NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ CÔNG SUẤT VÀ PHÁT THẢI CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL D229-4 SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU DIESEL, BIODIESEL B40 VÀ DIMETHYL ETHER (DME) BẰNG PHẦN MỀM DIESEL-RK

Trần Văn Định\* và Nguyễn Hoài Tân

Khoa Kỹ thuật cơ khí, Trường Bách Khoa, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

\*Tác giả liên hệ (Corresponding author): tvdinh@ctu.edu.vn

### Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 13/06/2025

Sửa bài (Revised): 28/07/2025

Duyệt đăng (Accepted): 18/12/2025

**Title:** Study on the evaluation of power and emissions of the D229-4 Diesel engine fueled with Diesel, Biodiesel B40, and Dimethyl Ether (DME) using Diesel-RK software

**Author:** Tran Van Dinh\* and Nguyen Hoai Tan

**Affiliation(s):** Faculty of Mechanical Engineering, College of Engineering, Can Tho University, Viet Nam

### TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm mô phỏng, đánh giá hiệu suất và phát thải của động cơ Diesel D229-4 khi sử dụng ba loại nhiên liệu gồm: Diesel truyền thống (DO), Biodiesel B40 (40% methyl ester từ dầu thực vật/mỡ động vật và 60% DO) và Dimethyl Ether (DME – hợp chất tổng hợp từ khí tự nhiên, sinh khối) bằng phần mềm Diesel-RK (2023). Kết quả mô phỏng tại vòng tua định mức thì nhiên liệu Biodiesel B40 và DME có ưu điểm hơn so với nhiên liệu DO truyền thống. Tổng mức phát thải  $NO_x$  của nhiên liệu B40 và DME so với nhiên liệu Diesel truyền thống giảm mạnh lần lượt là 12,29% và 38,13%. Về hiệu suất, công suất giảm khoảng 3,2% với B40 và 0,5% với DME. Tương tự, mô men xoắn cũng giảm lần lượt là 3,32% và 0,14%. Tuy nhiên, diễn biến nồng độ muội than của DME cao hơn DO, trong khi B40 giảm rõ rệt. Với nhiều ưu điểm về hiệu suất và sự giảm phát thải, B40 và DME có thể được xem như là nhiên liệu thay thế tiềm năng cho động cơ Diesel trong tương lai.

**Từ khóa:** Hiệu suất động cơ, mô phỏng Diesel-RK, nhiên liệu thay thế, phát thải động cơ Diesel

### ABSTRACT

This study simulates and evaluates the performance and emissions of the D229-4 Diesel engine using three different fuels: conventional Diesel (DO), Biodiesel B40 (40% methyl ester from vegetable oil/animal fat and 60% DO), and Dimethyl Ether (DME – a synthetic compound derived from natural gas or biomass) using Diesel-RK software (2023). The simulation results at the rated speed, Biodiesel B40 and DME offer advantages over conventional DO fuel. The total  $NO_x$  emissions of B40 and DME decreased significantly compared with Diesel fuel, by 12.29% and 38.13%, respectively. In terms of performance, power decreased by about 3.2% with B40 and 0.5% with DME. Similarly, torque also decreased by 3.32% and 0.14%, respectively. However, the particulate matter (PM) concentration of DME is higher than that of DO, whereas B40 shows a noticeable reduction. With advantages in performance and emission reduction, B40 and DME can be considered potential alternative fuels for Diesel engines in the future.

**Keywords:** Diesel-RK simulation, alternative fuels, Diesel engine emissions, engine performance

## 1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh hiện nay, nhiên liệu hóa thạch đã xâm nhập vào mọi khía cạnh của cuộc sống, từ những hoạt động sinh hoạt hằng ngày, đến sản xuất và phát triển công nghiệp, đặc biệt là trong lĩnh vực giao thông vận tải. Tuy nhiên, nhiên liệu hóa thạch là một trong những nguồn tài nguyên không thể tái tạo được. Ngoài ra, việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch gây nên vấn đề ô nhiễm môi trường, biến đổi khí hậu và phát thải khí nhà kính. Vấn đề này đang trở thành một trong những mối đe dọa nghiêm trọng nhất mà con người đang phải đối mặt.

Việc cấp bách được đưa ra là tìm kiếm và phát triển các nguồn nhiên liệu thay thế thân thiện với môi trường. Cụ thể, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm chứng minh ưu điểm của nhiên liệu Biodiesel như nghiên cứu của Yén (2015), nghiên cứu này góp phần hoạch định chính sách sử dụng nhiên liệu Diesel sinh học trên các phương tiện cơ giới đường bộ nói chung, phương tiện cơ giới quân sự nói riêng. Bên cạnh đó, nghiên cứu của Hạnh (2020) đã góp phần định hướng sử dụng nhiên liệu hỗn hợp dầu thực vật – Diesel làm nhiên liệu thay thế cho động cơ Diesel tàu thủy, hưởng ứng đề án “Sử dụng tiết kiệm nhiên liệu và bảo vệ môi trường” của Chính phủ đề ra. Một minh chứng cho ưu điểm của nhiên liệu DME qua nghiên cứu của Đoàn và Chinh (2018) cho thấy việc sử dụng nhiên liệu DME cấp vào đường nạp thay thế một phần nhiên liệu Diesel làm một giải pháp hữu hiệu để giảm các phát thải  $\text{NO}_x$  và PM cho động cơ Diesel. Nhiên liệu Biodiesel và Dimethyl Ether (DME) như những lựa chọn nhiên liệu thay thế đầy hứa hẹn. Biodiesel là một loại nhiên liệu sinh học được làm từ dầu hữu cơ, chẳng hạn như dầu từ các loại hạt, thực vật hoặc mỡ động vật. Tương tự, Dimethyl Ether (DME) là một hợp chất hữu cơ được chế tạo từ các nguồn tài nguyên có thể tái tạo được, cụ thể như khí tự nhiên, sinh khối hoặc chất thải. Hai loại nhiên liệu này không chỉ là nguồn năng lượng tái tạo mà còn có khả năng phân hủy tốt, là một lựa chọn thân thiện với môi trường, giảm đáng kể lượng khí thải độc hại ra môi trường.

Với mục tiêu so sánh chi tiết các đặc điểm công suất và phát thải của động cơ Diesel khi sử dụng các loại nhiên liệu vừa đề cập. Nghiên cứu này được xây dựng dựa trên những thành tựu nghiên cứu trước đó. Nghiên cứu này được thực hiện dựa trên những kết quả quan trọng từ công trình của Yén (2015), tác giả đã đánh giá ảnh hưởng của Diesel sinh học B10 và B20 đến các khía cạnh kinh tế, hiệu suất năng lượng và tác động môi trường của động cơ Diesel. Nghiên

cứ của Yén (2015) đã đánh giá ảnh hưởng của Biodiesel B10, B20 đến quy luật cung cấp nhiên liệu, diễn biến các quá trình nhiệt động trong xy lanh, các thông số công tác và mức phát thải  $\text{NO}_x$ , độ khói của động cơ. Thêm vào đó, kết quả nghiên cứu của Al-Dawody and Bhatti (2011) về tác động của việc sử dụng dầu đậu nành trộn với dầu Diesel đối với việc đánh giá hiệu suất và phát thải của động cơ đã cho thấy chỉ số khói Bosch giảm 41,3% với B20% Soybean Methyl Ester (SME), 53,2% với B40% SME, và 62,6% với B100% SME so với vận hành bằng Diesel nguyên chất. Ngoài ra, phát thải bụi mịn (PM) cũng giảm 47,2% với B20% SME, 60% với B40% SME và 68% với B100% SME. Bên cạnh đó, một nghiên cứu của Chiên và ctv. (2015) đã giới thiệu, so sánh một số tính chất cơ bản của nhiên liệu Diesel truyền thống (DO) và nhiên liệu thay thế Dimethyl Ether (DME), cũng như trình bày kết quả tính toán, so sánh các chỉ tiêu môi trường của động cơ D1146 lắp trên xe bus khi sử dụng hai loại nhiên liệu này khi làm việc ở cùng một chế độ. Kết quả tính toán về diễn biến nồng độ  $\text{NO}_x$ , nồng độ khói đen, cũng như áp suất, nhiệt độ, tốc độ tỏa nhiệt trong xy lanh động cơ khi sử dụng phần mềm chuyên dụng Diesel-RK. Trên cơ sở kết quả tính toán so sánh, kết quả chứng tỏ nhiên liệu DME có nhiều ưu điểm vượt trội so với nhiên liệu diesel truyền thống về các chỉ tiêu môi trường, dưới góc độ môi trường, DME là một loại nhiên liệu thay thế đầy triển vọng. Những nghiên cứu này là tiền đề để tác giả có thể thực hiện một đánh giá chuyên sâu hơn.

Trong nghiên cứu này, phần mềm Diesel-RK (2023) được sử dụng để mô phỏng quá trình làm việc từ khâu chọn nhiên liệu đến quá trình phát thải của động cơ Diesel D229-4. Mục tiêu trọng tâm là so sánh các đặc tính hiệu suất, tiêu hao nhiên liệu, nhiệt lượng sinh công, phát thải các khí độc hại ( $\text{NO}_x$ , CO,  $\text{CO}_2$ ), cũng như khả năng hình thành muội than trong buồng đốt và tại đầu vòi phun khi sử dụng ba loại nhiên liệu: DO, B40 (Biodiesel B40 với thành phần 40% methyl ester có nguồn gốc sinh học pha trộn với 60% dầu Diesel) và DME. Nghiên cứu được thực hiện trên cơ sở giữ nguyên kết cấu động cơ, chỉ thay đổi loại nhiên liệu nhằm đánh giá khả năng ứng dụng thực tế của nhiên liệu thay thế mà không cần cải biến lớn về mặt kỹ thuật. Kết quả sẽ là cơ sở khoa học quan trọng cho việc chuyển đổi sang các loại nhiên liệu sạch, góp phần bảo vệ môi trường và phát triển bền vững ngành công nghiệp giao thông vận tải.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện bằng phương pháp mô phỏng trên phần mềm Diesel-RK (2023) – một công cụ chuyên dụng trong phân tích hiệu suất và phát thải động cơ Diesel. Đối tượng nghiên cứu là động cơ Diesel D229-4, được mô hình hóa dựa trên các thông số kỹ thuật gốc của nhà sản xuất, bao gồm: thông số cơ bản của động cơ, quy luật cung cấp nhiên liệu, hệ thống phân phối khí và các thông số của nhiên liệu.

Các loại nhiên liệu được khảo sát trong nghiên cứu bao gồm Diesel truyền thống (DO), Biodiesel B40 và Dimethyl Ether (DME). Thành phần và đặc tính nhiệt – hóa lý của từng loại nhiên liệu được thu thập từ cơ sở dữ liệu trong phần mềm Diesel-RK và từ các tài liệu đã được công bố trước đó. Trong trường hợp cần thiết, các thông số được hiệu chỉnh phù hợp với thực tế sử dụng tại Việt Nam. Cụ thể, chất lượng nhiên liệu bao gồm thành phần hóa học (chỉ số độ nhớt, độ bay hơi, mật độ năng lượng,...), điều kiện khí hậu và điều kiện vận hành của động cơ thực tế tại Việt Nam. Việc hiệu chỉnh này giúp kết quả mô phỏng đảm bảo sát với thực tế hơn.

Quá trình mô phỏng được thực hiện tại điều kiện vòng tua định mức – điều kiện vận hành tiêu chuẩn của nhà sản xuất mà tại đó công suất cực đại, giữ nguyên thiết kế kết cấu động cơ, chỉ thay đổi loại nhiên liệu sử dụng. Việc đặt ra giả thuyết này nhằm cho phép đánh giá rõ ràng hơn về hiệu quả của từng loại nhiên liệu đến công suất và sự phát thải của động cơ. Đồng thời, đây cũng là giải pháp mô phỏng kiểm tra tác động riêng của từng loại nhiên liệu mà không can thiệp kết cấu động cơ. Sau khi mô phỏng,

phần mềm xuất ra các kết quả gồm: công suất, suất tiêu hao nhiên liệu, áp suất và nhiệt độ trong xy lanh, cùng các chỉ tiêu phát thải như NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> và muội than (Particulate Matter – PM).

Dữ liệu mô phỏng, sau quá trình xử lý và trích xuất nghiêm ngặt, đã được lượng hóa và trực quan hóa một cách khoa học bằng phần mềm Microsoft Excel (2024) thông qua hệ thống bảng biểu và đồ thị. Việc phân tích so sánh chuyên sâu được thực hiện nhằm chỉ ra sự khác biệt giữa các loại nhiên liệu. Tính xác thực và độ tin cậy của các kết quả mô phỏng này được củng cố thông qua việc đối chiếu có hệ thống với các công trình nghiên cứu đã được kiểm chứng của Al-Dawody and Bhatti (2011), Yên (2015) và Chiến và ctv. (2015).

Nghiên cứu này được tiến hành dựa trên phương pháp thực hiện theo định hướng thực nghiệm ảo. Các phân tích và đánh giá được thực hiện hoàn toàn trên phần mềm Diesel-RK. Phương pháp này giúp tiết kiệm thời gian, chi phí thử nghiệm, đồng thời cho phép đánh giá chi tiết ảnh hưởng của từng loại nhiên liệu thay thế đến đặc tính hoạt động của động cơ Diesel mà không cần thay đổi kết cấu vật lý động cơ. Mục tiêu của việc mô phỏng nhằm xây dựng và định hướng cơ sở lý thuyết, làm tiền đề cho các nghiên cứu thực nghiệm trong tương lai.

### 2.1. Thông số kỹ thuật động cơ

Nghiên cứu dựa trên động cơ Diesel D229-4 thường được dùng như là: máy phát điện, máy bơm tưới tiêu, máy kéo, máy phun và các thiết bị công nghiệp khác,... Các thông số kỹ thuật của động cơ Diesel D229-4 được liệt kê ở Bảng 1.

**Bảng 1. Thông số kỹ thuật động cơ D229 – 4 (Al-Dawody & Bhatti, 2011)**

TT	Thông số kỹ thuật	Giá trị	Đơn vị
1	Nhà sản xuất	MWM	-
2	Mã động cơ	D229-4	-
3	Số lượng và bố trí xy lanh	I4	-
4	Đường kính xy lanh	102	mm
5	Hành trình piston	120	mm
6	Tỷ số nén	17:1	-
7	Dung tích công tác	3.922	dm <sup>3</sup>
8	Thứ tự làm việc	1 – 3 - 4 - 2	-
9	Kiểu hút khí	Tự nhiên	-
10	Hệ thống làm mát	Chất lỏng	-
11	Kiểu phun nhiên liệu	Trực tiếp	-
12	Công suất cực đại/ vòng quay	44/1.800	kW/(vòng/phút)
13	Góc phun sớm nhiên liệu	10	Độ góc quay trục khuỷu
14	Số lỗ phun trên một vòi phun	4	Lỗ
15	Số vòi phun trên một xy lanh	1	Vòi

TT	Thông số kỹ thuật	Giá trị	Đơn vị
16	Số xéc măng khí	2	Cái
17	Số xéc măng dầu	1	Cái
18	Số xupap nạp – xả	2 – 2	Cái

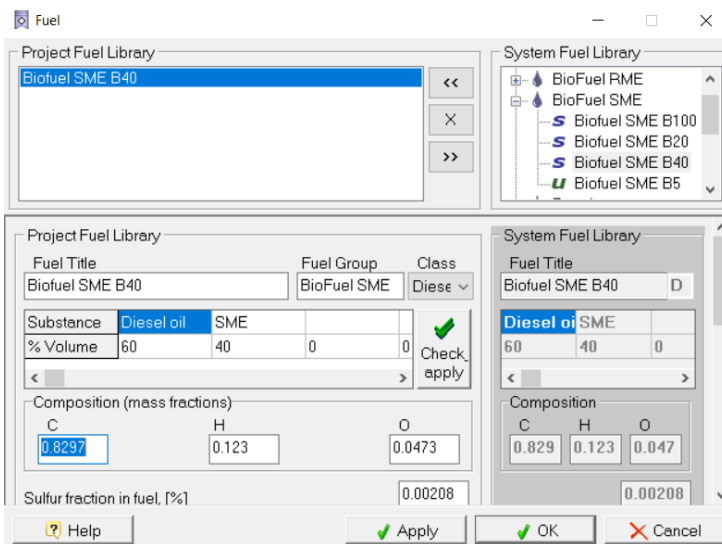
**2.2. Các thông số về nhiên liệu cần nhập vào phần mềm**

Để thực hiện tính toán các thông số công tác và môi trường trong phần mềm Diesel-RK, việc thiết lập mô hình và nhập các số liệu tính toán cần được thực hiện. Ở đây, các thông số kỹ thuật của động cơ

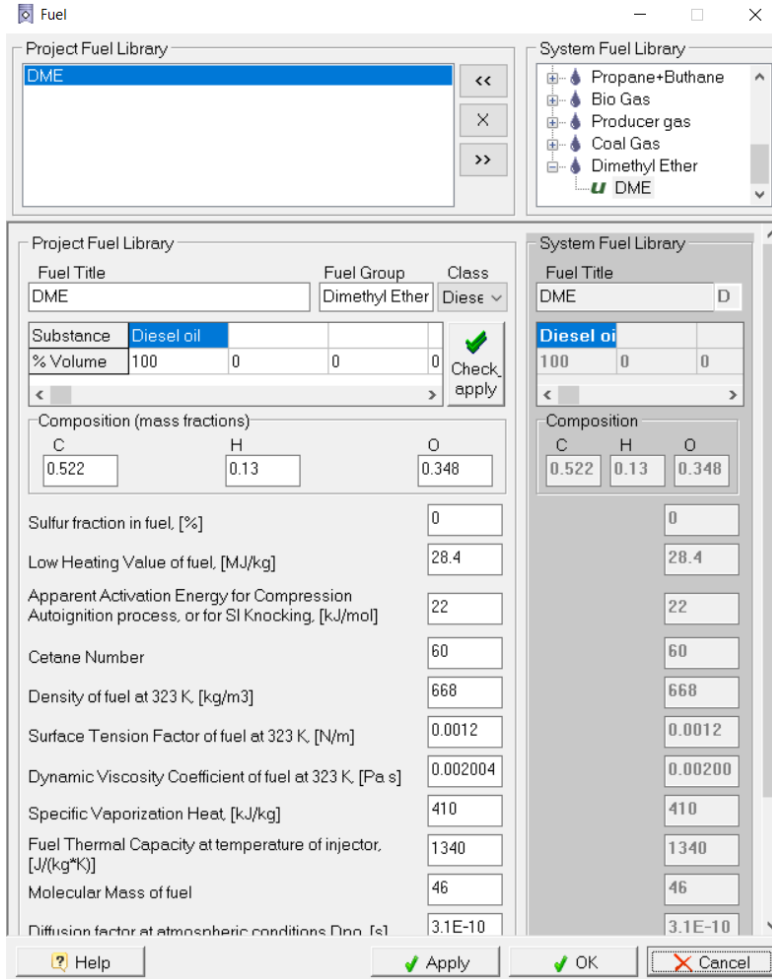
cần phải được khai báo đầy đủ. Bên cạnh đó, nhiên liệu DO, Biodiesel-B40 và Dimethyl Ether (DME) được lựa chọn và thêm vào phần mềm. Các thông số của ba loại nhiên liệu này được trình bày ở Bảng 2. Các thông số kỹ thuật của nhiên liệu DO, B40 và DME lần lượt được nhập vào phần mềm như Hình 1 và Hình 2.

**Bảng 2. Các thông số của ba loại nhiên liệu (DO, B40 và DME) cần nhập vào phần mềm Diesel-RK (Al-Dawody & Bhatti, 2011; Chiến và ctv., 2015)**

TT	Tên gọi	Đơn vị	Loại nhiên liệu		
			DO	B40	DME
1	Hàm lượng Cacbon	%	87,00	82,97	52,20
2	Hàm lượng Hydro	%	12,6	12,3	13,0
3	Hàm lượng Oxy	%	0,40	4,73	34,80
4	Hàm lượng lưu huỳnh	%	0,00200	0,00208	0
5	Nhiệt trị thấp	mJ/kg	42,50	39,89	28,40
6	Năng lượng kích hoạt phản ứng	kJ/mol	22	20	22
7	Trị số Xê tan	-	48,00	49,37	60,00
8	Khối lượng riêng ở T = 323 <sup>0</sup> K	kg/m <sup>3</sup>	830	852	668
9	Sức căng bề mặt ở T = 323 <sup>0</sup> K	N/m	0,0280	0,03436	0,0012
10	Độ nhớt động lực học ở T = 323 <sup>0</sup> K	Pa.s	0,003	0,003677	0,002004
11	Tỷ nhiệt hóa hơi riêng	kJ/kg	250,0	281,2	410,0
12	Nhiệt dung riêng nhiên liệu ở nhiệt độ của vòi phun	J/(kg.K)	1.853	1.853	1.340
13	Khối lượng phân tử	-	190,0	232,5	46,0
14	Hệ số khuếch tán trong điều kiện khí quyển Dp <sub>0</sub>	s	-	3,1.10 <sup>-10</sup>	-
15	Nhiệt độ của nhiên liệu ở đầu vòi phun	K	380	380	380
16	Áp suất hơi bão hòa ở nhiệt độ 480K	bar	0,04770	0,03317	0,04770
17	Áp suất hơi bão hòa ở nhiệt độ tới hạn T <sub>th</sub> = 710 <sup>0</sup> K	bar	1.616	-	1.616
	Áp suất hơi bão hòa ở nhiệt độ tới hạn T <sub>th</sub> = 734 <sup>0</sup> K	bar	-	1.621	-



**Hình 1. Giao diện nhập các thông số của nhiên liệu B40**



Hình 2. Giao diện nhập các thông số của nhiên liệu DME

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

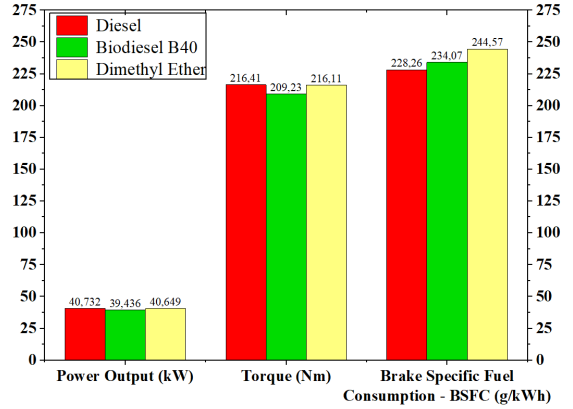
Sau khi khai báo đầy đủ các thông số đầu vào cũng như quy luật cung cấp nhiên liệu, kết quả tính toán thu được như trình bày ở Bảng 3. Kết quả tính toán chu trình công tác của động cơ D299 – 4 được thực hiện tại chế độ làm việc định mức ( $N_e = 44$  kW,  $n = 1800$  vòng/phút). Quá trình mô phỏng giữ nguyên kết cấu động cơ, lượng nhiên liệu cung cấp và thông số ban đầu của động cơ, chỉ thay đổi ba loại nhiên liệu DO, B40 và DME.

Kết quả khảo sát về công suất được thể hiện ở Hình 3 của ba loại nhiên liệu: DO, B40 và DME có sự thay đổi không đáng kể lần lượt là: 40,732 kW, 39,436 kW và 40,649 kW. Cụ thể, khi động cơ sử dụng nhiên liệu DME, công suất động cơ giảm nhẹ, chỉ khoảng 0,5% so với nhiên liệu DO. Mặt khác, khi động cơ sử dụng nhiên liệu B40, công suất giảm  $\approx 1,3$  kW (tương đương khoảng 3,2%) so với nhiên

liệu DO. Công suất khi sử dụng nhiên liệu DO đạt cao nhất, bởi đây là nhiên liệu phù hợp với thiết kế ban đầu của động cơ. Biodiesel có giá trị nhiệt (calorific value) thấp hơn so với nhiên liệu hóa thạch truyền thống, điều này dẫn đến hiệu quả kinh tế nhiên liệu bị suy giảm khi vận hành. Mức tăng tiêu thụ nhiên liệu khi sử dụng Biodiesel gần như tỷ lệ thuận với mức giảm giá trị nhiệt trị của chúng (Nguyen et al., 2020). Mặt khác, DME dễ bay hơi trong xy lanh khi được phun ở trạng thái lỏng nhờ vào nhiệt độ sôi thấp ( $248^{\circ}\text{K}$ ). Điều này giúp quá trình tạo sương mịn hơn và cải thiện quá trình cháy (Patil & Thipse, 2012). Nhìn chung, sự thay đổi công suất của nhiên liệu B40 và DME khá thấp, vẫn có thể đảm bảo yêu cầu vận hành của động cơ.

Hình 3 còn cho thấy các kết quả liên quan đến chỉ tiêu kinh tế: mô-men xoắn  $M_e$  (Nm) và suất tiêu hao nhiên liệu có ích  $g_e$  (g/kWh). Kết quả khảo sát về giá trị mô-men xoắn của động cơ khi sử dụng ba

loại nhiên liệu DO, B40 và DME lần lượt là 216,11 Nm, 209,23 Nm và 216,67 Nm. Điều khả quan là nhiên liệu DME có khả năng sinh công khá hiệu quả, đặc biệt phù hợp với các ứng dụng mà đòi hỏi lực kéo lớn hoặc khả năng chịu tải tốt. Ngược lại, mô-men xoắn động cơ khi sử dụng nhiên liệu B40 giảm khoảng 3,32%, điều này ảnh hưởng đến hiệu quả làm việc của động cơ trong điều kiện tải lớn hoặc tăng tốc. Dựa trên nội dung nghiên cứu của Akbari et al. (2022), nguyên nhân của vấn đề này có thể là do nhiên liệu sinh học có độ nhớt cao và nhiệt trị thấp hơn Diesel truyền thống. Do đó, tỷ lệ pha trộn tối đa là 20% có thể được xem là mức tối ưu để không làm giảm đáng kể mô-men xoắn.



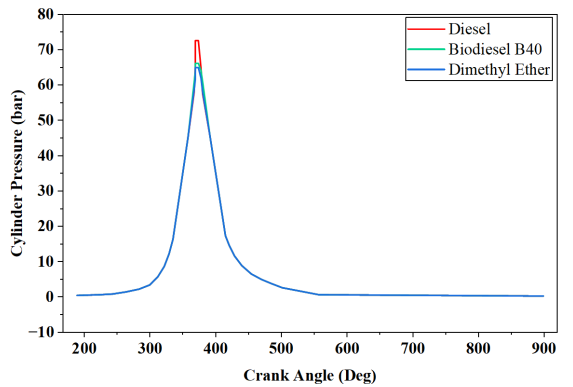
**Hình 3. Công suất, mô-men xoắn và suất tiêu hao nhiên liệu có ích khi sử dụng nhiên liệu DO, B40 và DME**

**Bảng 3. Các thông số công tác chính của động cơ sử dụng nhiên liệu DO, B40 và DME tại chế độ làm việc định mức**

Nhiên liệu	Thông số tại chế độ làm việc định mức (n = 1800 vòng/phút)						
	Công suất	Mô-men xoắn	Suất tiêu hao nhiên liệu có ích	Áp suất cực đại	Nhiệt độ cực đại	Phát thải NO <sub>x</sub>	Phát thải muội than
	N <sub>e</sub>	M <sub>e</sub>	G <sub>e</sub>	P <sub>max</sub>	T <sub>max</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
	kW	Nm	g/kWh	bar	<sup>0</sup> K	ppm	g/kWh
DO	40,73	216,41	228,26	73,39	1828,7	891,45	0,43
B40	39,44	209,23	234,07	67,79	1757,7	781,94	0,72
DME	40,65	216,11	244,57	66,60	1657,6	551,51	1,57

Mặt khác, suất tiêu hao nhiên liệu có ích khi sử dụng nhiên liệu B40 cao hơn không nhiều, khoảng 2,82% so với khi sử dụng dầu Diesel. Theo Yên (2015), nguyên nhân chính của hiện tượng này là do nhiệt trị thấp của B40 nhỏ hơn so với B0. Riêng suất tiêu hao nhiên liệu có ích khi sử dụng DME cao hơn khoảng 7,15% so với khi sử dụng DO. Nguyên nhân được Sezer (2011) cho rằng là do mật độ năng lượng của DME thấp hơn so với Diesel. Tương tự, kết quả nghiên cứu của Sezer (2011) cũng cho thấy khi suất tiêu hao nhiên liệu DME cũng cao hơn Diesel truyền thống khi giữ nguyên kết cấu động cơ.

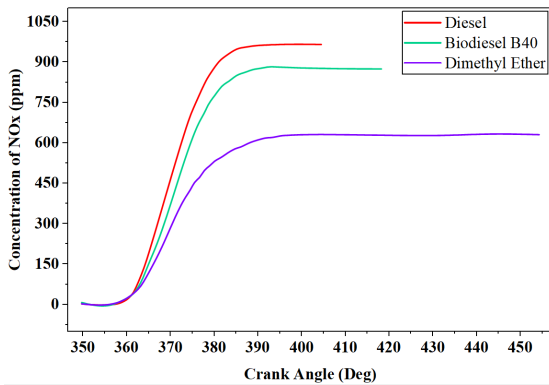
Dựa trên đồ thị Hình 4, có thể thấy rằng nhiên liệu DO tạo ra áp suất cực đại cao nhất, tiếp theo là B40 và cuối cùng là DME. Diễn biến áp suất trong xy lanh có sự chênh lệch giữa ba loại nhiên liệu. Sự chênh lệch này có thể được giải thích dựa trên tính chất hóa lý của nhiên liệu. Cụ thể, kết quả được trình bày ở Bảng 2 cho thấy giá trị nhiệt trị thấp và chỉ số Xê-tan của nhiên liệu Biodiesel và DME khiến áp suất cực đại không đạt giá trị cao như DO.



**Hình 4. Đồ thị diễn biến áp suất trong xy lanh động cơ sử dụng nhiên liệu DO, B40 và DME (bar)**

Hình 5 thể hiện diễn biến phát thải NO<sub>x</sub> của động cơ. Quá trình cháy trong xy lanh của nhiên liệu DO sinh ra nhiệt độ cực đại là cao nhất trong ba loại nhiên liệu được trình bày ở Bảng 3. Theo Zhang et al. (2022) tỷ lệ NO<sub>x</sub> cực bộ cho thấy tăng mạnh khi nhiệt độ vượt ngưỡng khoảng 1.600<sup>0</sup>C. Do đó, diễn biến nồng độ NO<sub>x</sub> tại thời điểm ổn định sau điểm chết trên (góc quay trục khuỷu khoảng 400

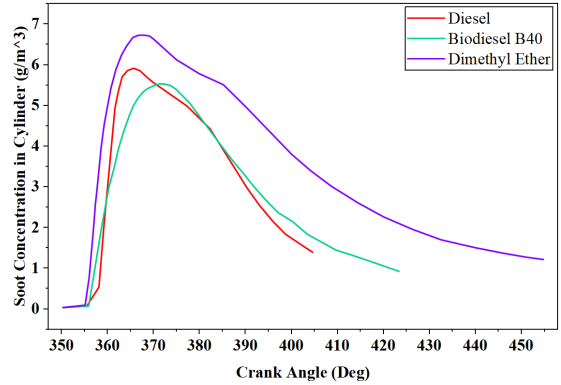
độ), nồng độ  $\text{NO}_x$  đạt khoảng 891,45 ppm với DO sau đó đạt giá trị cực đại cực cao. Ngược lại, ở nhiên liệu B40 và DME với cùng góc quay trục khuỷu trên thì nồng độ  $\text{NO}_x$  đạt khoảng 781,99 ppm với B40, và 551,51 ppm với DME. Nhiệt trị thấp của B40 và DME lần lượt là 38,89 (MJ/kg) và 28,40 (MJ/kg) thấp hơn so với nhiên liệu DO. Vì thế, điều này làm giảm được vùng cháy cục bộ, cháy đều hơn,  $\text{NO}_x$  hình thành ít hơn và đạt giá trị cực đại thấp hơn. Tuy nhiên, nếu tính theo cùng giá trị nhiệt trị (comparable heating value), lượng phát thải  $\text{NO}_x$  của DME có thể cao hơn do sự hiện diện của oxy từ lượng nhiên liệu được phun tăng lên (Thomas et al., 2014).



**Hình 5. Đồ thị diễn biến nồng độ  $\text{NO}_x$  (ppm) trong xy lanh động cơ sử dụng nhiên liệu DO, B40 và DME**

Kết quả diễn biến nồng độ muội than PM được thể hiện ở Hình 6. Nhiên liệu DME dù lý thuyết sinh ít muội than, nhưng mô phỏng cho thấy nhiên liệu DME sinh ra muội than cao nhất trong ba loại nhiên liệu, quá trình hình thành muội than sớm hơn nhưng có thể bị oxy hóa sau đó. Lý giải cho hiện tượng này, kết quả nghiên cứu của Yoon et al. (2010) đã chỉ ra rằng các thông số kỹ thuật từ kim phun được tối ưu hóa cho động cơ Diesel, việc giữ nguyên kết cấu của động cơ có thể khiến chất lượng hòa trộn và cháy trong xy lanh ở nhiên liệu DME sinh ra nhiều muội than hơn. Trong khi đó, nhiên liệu B40 quá trình cháy ổn định và sinh ít muội than hơn, có sự cân bằng giữa tốc độ cháy và mức độ sinh muội.

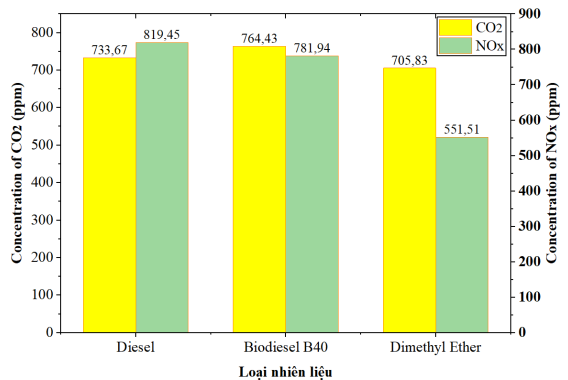
Kết quả so sánh tổng mức phát thải  $\text{CO}_2$  và  $\text{NO}_x$  của động cơ khi sử dụng ba loại nhiên liệu: DO, B40 và DME đã được trình bày tại Hình 7. Ở nhiên liệu B40 do đặc tính hóa học và thành phần oxy có sẵn trong cấu trúc phân tử của nhiên liệu sinh học, khiến quá trình cháy sinh ra nhiều  $\text{CO}_2$  hơn (cao hơn khoảng 4,2% so với nhiên liệu DO) dù hiệu suất đốt cháy cao hơn.



**Hình 6. Đồ thị diễn biến nồng độ muội than PM ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) trong xy lanh động cơ sử dụng nhiên liệu DO, B40 và DME**

Ngoài ra, nhiệt độ khí cháy khi dùng nhiên liệu DO cao hơn, đồng nghĩa với việc nhiệt lượng tỏa ra nhanh và đạt cực đại sớm hơn, khiến quá trình hình thành  $\text{NO}_x$  trong khí thải tăng. Trong khi đó, phát thải  $\text{NO}_x$  khi sử dụng nhiên liệu B40 và DME cho ra kết quả thấp hơn.

Những kết quả này cho thấy B40 và DME là hai lựa chọn nhiên liệu thay thế có tiềm năng trong việc kiểm soát phát thải  $\text{NO}_x$  từ động cơ Diesel.



**Hình 7. Hàm lượng phát thải  $\text{CO}_2$  và  $\text{NO}_x$  của động cơ sử dụng nhiên liệu DO, B40 và DME**

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã mô phỏng và đánh giá được hiệu quả khi sử dụng hai loại nhiên liệu mới (Biodiesel B40 và DME) trên động cơ D229-4 bằng phần mềm Diesel-RK (2023). Kết quả mang đến tín hiệu tích cực về hiệu suất và khả năng giảm phát thải của động cơ.

Kết quả mô phỏng của nhiên liệu DME mang lại hiệu suất và giảm khí độc ấn tượng, nhưng điều đặc biệt là nó vẫn duy trì được công suất và mô men xoắn động cơ gần như tương đương với khi động cơ sử dụng nhiên liệu dầu Diesel truyền thống. Tuy

nhiên, nồng độ muội than (PM) sinh ra trong buồng cháy khi sử dụng nhiên liệu DME có phần cao hơn so với nhiên liệu DO và B40, chủ yếu do có sự hình thành vùng giàu nhiên liệu cục bộ trong giai đoạn ban đầu quá trình cháy. Trái lại, nhiên liệu B40 cho thấy khả năng cháy sạch hơn.

Trong tương lai sắp tới, việc nghiên cứu tối ưu hóa tỷ lệ pha trộn thành phần methyl ester có nguồn

gốc sinh học pha trộn với dầu Diesel (B5, B10, B20,...) và các giải pháp thay đổi việc phun nhiên liệu của động cơ cần được thực hiện nhằm làm giảm sự chênh lệch về hiệu suất nhưng vẫn đảm bảo giảm phát thải có hại. Hơn nữa, việc đánh giá chi phí sản xuất, phân phối và sử dụng thực tế là hướng tiếp cận khả thi và cần được nghiên cứu tiếp theo trong tương lai, tạo tiền đề triển khai năng lượng tái tạo nói chung ở quy mô thương mại.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Akbari, M., Fatahi, H., Renzi, M., & Bitruzzella, M. (2022). The Effects of Biodiesel on the Performance and Gas Emissions of Farm Tractors' Engines: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. *Energies*, 15(17), 6226. <https://doi.org/10.3390/en17174226>
- Al-Dawody, M. F., & Bhatti, S. K. (2011). Effect of soybean oil biofuel blending on the performance and emissions of Diesel engine using Diesel-RK software. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, 3(6), 4539–4555.
- Chiến, N. H., Trường, N. P., & Hiệp, N. H. (2015). Tính toán, so sánh các chỉ tiêu môi trường của động cơ D1146 trên xe Bus khi sử dụng nhiên liệu Diesel truyền thống (DO) và nhiên liệu thay thế Dimethyl ether (DME). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*, 34, 49–54.
- Đoàn, N. C., & Chinh, B. V. (2018). Nghiên cứu ảnh hưởng của việc bổ sung Dimethyl Ether vào đường nạp đến các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng và môi trường của động cơ Diesel. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*, 44, 75–78.
- Hạnh, N. Đ. (2020). *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* (Luận án tiến sĩ). Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.
- Nguyen, V. H., Duong, M. Q., Nguyen, K. T., Pham, T. V. H., & Pham, P. K. (2020). An extensive analysis of Biodiesel blend combustion characteristics under a wide range of thermal conditions of a cooperative fuel research engine. *Sustainability*, 12(18), 7666. <https://doi.org/10.3390/su12187666>
- Patil, K. R., & Thipse, S. S. (2012). The potential of DME–Diesel blends as an alternative fuel for CI engines. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(10), 35–42.
- Sezer, I. (2011). Thermodynamic, performance and emission investigation of a Diesel engine running on Dimethyl Ether and Diethyl Ether. *International Journal of Thermal Sciences*, 50(8), 1594–1603. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2011.03.021>
- Thomas, G., Feng, B., Veeraragavan, A., Cleary, M. J., & Drinnan, N. (2014). Emissions from DME combustion in Diesel engines and their implications on meeting future emission norms: A review. *Fuel Processing Technology*, 119, 286–304.
- Yến, P. Đ. (2015). *Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiên liệu Diesel sinh học B10, B20 đến các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng và môi trường của động cơ Diesel* (Luận án tiến sĩ). Học viện Kỹ thuật Quân sự.
- Yoon, S. H., Cha, J. P., & Lee, C. S. (2010). An investigation of the effects of spray angle and injection strategy on Dimethyl Ether (DME) combustion and exhaust emission characteristics in a common-rail Diesel engine. *Fuel*, 89(1), 422–434. [10.1016/j.fuproc.2010.04.017](https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.04.017)
- Zhang, F., Kurjata, M., Sebbar, N., Zirwes, T., Fedoryk, M., Harth, S., Wang, R., Habisreuther, P., Trimis, D., & Bockhorn, H. (2022). Numerical study on flame stabilization and NO<sub>x</sub> formation in a novel burner system for sulfur combustion. *Energy & Fuels*, 36(7), 4094–4106. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c04007>