

# NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH TIA PHUN, TÍNH NĂNG KỸ THUẬT VÀ PHÁT THẢI CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL KHI SỬ DỤNG HỖN HỢP NHIÊN LIỆU DIESEL - ETHANOL - BIODIESEL

## STUDY ON SPRAY CHARACTERISTICS, PERFORMANCE AND EMISSIONS OF A DIESEL ENGINE FUELED BY DIESEL - ETHANOL - BIODIESEL BLENDS

NGUYỄN VĂN NHỈNH<sup>1\*</sup>, PHẠM MINH TUẤN<sup>2</sup>, PHẠM HỮU TUYẾN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Cơ khí động lực, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

<sup>2</sup>Viện Cơ khí động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

\*Email liên hệ: huynhnhinhutehy@gmail.com

### Tóm tắt

Bài báo trình bày kết quả thử nghiệm khi nghiên cứu đặc tính tia phun nhiên liệu, tính năng kỹ thuật và phát thải động cơ diesel 4 xi-lanh, không tăng áp sử dụng hỗn hợp nhiên liệu diesel, cồn ethanol và diesel sinh học (biodiesel). Các hỗn hợp nhiên liệu nghiên cứu, gồm: DE5 (95% diesel-5% ethanol), DB5 (95% diesel-5% biodiesel), DE5B5 (90% diesel-5% ethanol-5% biodiesel), DE10B5 (85% diesel-10% ethanol-5% biodiesel). Đặc tính tia phun nhiên liệu được đánh giá qua chiều dài thâm nhập và góc nón tia phun. Diễn biến áp suất trong xi lanh, suất tiêu hao nhiên liệu và các thành phần phát thải động cơ được so sánh khi sử dụng diesel và các loại hỗn hợp nhiên liệu. Động cơ được thử nghiệm theo đặc tính ngoài và đặc tính tải tại tốc độ 2000 (v/ph).

**Từ khóa:** Cồn ethanol, diesel sinh học, phát thải, đặc tính tia phun, động cơ diesel.

### Abstract

This paper presents the fuel spray characteristics, performance and emissions of a 4-cylinder, naturally aspirated diesel engine fueled by diesel and blends of diesel, ethanol and biodiesel. The blends included DE5 (95% diesel-5% ethanol), DB5 (95% diesel-5% biodiesel), DE5B5 (90% diesel-5% ethanol - 5% biodiesel), DE10B5 (85% diesel-10% ethanol-5% biodiesel). The spray characteristics were analyzed in aspect of spray tip penetration and spray cone angle. The cylinder pressure, specific fuel consumption and emissions were compared when the engine operated with diesel and fuel blends. The engine was tested at full load condition as well as at different loads at 2000rpm.

**Keywords:** Ethanol, biodiesel, emissions, spray characteristic, diesel engine.

### 1. Đặt vấn đề

Hiện nay năng lượng và ô nhiễm môi trường là hai vấn đề quan trọng và cấp bách cần giải quyết. Thực tế cho thấy, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của nền công nghiệp kéo theo là lượng năng lượng cần thiết cũng tăng lên rất lớn. Trong khi đó nguồn năng lượng hóa thạch đang ngày càng cạn kiệt, nên việc tìm ra nguồn năng lượng mới có khả năng tái tạo và thân thiện với môi trường là xu hướng chung của nhiều nước trên thế giới. Nhiên liệu sinh học sử dụng cho động cơ đốt trong phổ biến nhất là diesel sinh học (biodiesel) và ethanol sinh học (bioethanol), có nguồn gốc từ động, thực vật và là nhiên liệu có khả năng tái tạo, thân thiện với môi trường. Do biodiesel có tính chất tương tự với diesel khoáng và ethanol tương tự xăng khoáng nên thông thường biodiesel được phối trộn với diesel khoáng sử dụng trên động cơ diesel, còn ethanol phối trộn với xăng khoáng sử dụng trên động cơ xăng. Do vậy, việc phối trộn ethanol với diesel khoáng sẽ tăng khả năng sử dụng nhiên liệu sinh học thay thế cho nhiên liệu khoáng. Bài báo này đánh giá ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu diesel - ethanol, diesel - biodiesel, diesel - ethanol - biodiesel tới suất tiêu hao nhiên liệu và phát thải của động cơ diesel đang lưu hành ở Việt Nam.

### 2. Phương pháp thử nghiệm

#### 2.1. Nhiên liệu thử nghiệm

Nhiên liệu để thử nghiệm là nhiên liệu diesel, hỗn hợp nhiên liệu DE5, DB5, DE5B5 và DE10B5. Nhiên liệu diesel 0,05% S có sẵn trên thị trường Việt Nam theo TCVN 5689-2005. Biodiesel có nguồn gốc từ dầu cọ và các tính chất lý hóa của nhiên liệu diesel, ethanol và biodiesel được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Tính chất lý hóa của nhiên liệu [1]

TT	Các chỉ tiêu	Diesel	Ethanol	Biodiesel từ dầu cò
1	Tỷ trọng ở 15°C (kg/m <sup>3</sup> )	838	780	869
2	Độ nhớt động học ở 40°C, (mm <sup>2</sup> /s)	2,5	1,2	4,1
3	Trị số xêtan	53	-	65
4	Trị số Ôc tan (RON)	-	118	-
5	Nhiệt trị (kJ/kg)	45,8	27	40,135
6	Hàm lượng lưu huỳnh, % (khối lượng)	0,05	-	0,04
7	Điểm vẫn đục, °C	15	-	16
8	Chỉ số iot	86	-	48

Bảng 2. Các thông số cơ bản của động cơ D4BB theo Catalog [2]

TT	Tên thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Kiểu động cơ	D4BB		
2	Thứ tự nổ	-	1-3-4-2	-
3	Thể tích công tác	V <sub>h</sub>	2,607	lít
4	Hành trình pít tông	S	100	mm
5	Đường kính xi lanh	D	91,1	mm
6	Góc phun sớm	φ <sub>s</sub>	20	độ
7	Chiều dài thanh truyền	L <sub>tt</sub>	158	mm
8	Công suất định mức/tốc độ động cơ	N <sub>edm</sub> /n <sub>dc</sub>	59/4000	kW/(v/ph)
9	Mômen lớn nhất/tốc độ động cơ	M <sub>eMax</sub> / n <sub>dc</sub>	165/2200	Nm/(v/ph)
10	Tỷ số nén	ε	22	-
11	Hệ thống cung cấp nhiên liệu	Bơm phân phối điều khiển cơ khí. Áp suất phun 220 bar		

## 2.2. Đối tượng thử nghiệm

Đối tượng thử nghiệm là động cơ diesel D4BB đã qua sử dụng. Đây là động cơ 4 kỳ, 4 xi lanh thẳng hàng, không tăng áp được lắp trên xe Hyundai 1,25 tấn. Thông số của động cơ diesel D4BB được trình bày trong Bảng 2.

## 2.3. Chế độ thử nghiệm

Thử nghiệm theo đường đặc tính ngoài tốc độ động cơ thay đổi từ 1000 (v/ph) đến 3500 (v/ph) bước 500 (v/ph) và theo đường đặc tính tải tại 20%, 50%, 75%, 100% ở tốc độ 2000 (v/ph).

## 2.4. Thiết bị thử nghiệm

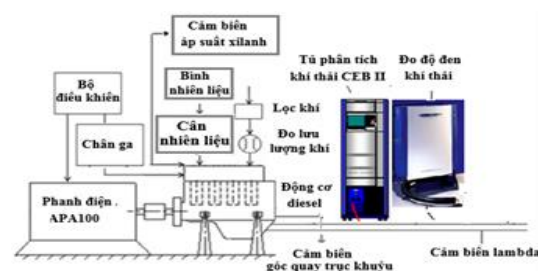
Quá trình nghiên cứu đặc tính tia phun được thực hiện với vòi phun của động cơ D4BB gắn trên thiết bị cân chỉnh vòi phun. Tia nhiên liệu phun ra môi trường có áp suất 1 bar và nhiệt độ 298K. Hình ảnh các tia phun được thu lại bởi máy quay Photron Fastcam SA3 với tốc độ 3000 FPS (Hình 1).

Thử nghiệm đánh giá tính năng kỹ thuật của động cơ được thực hiện trên băng thử động lực học với các

thiết bị chính gồm phanh điện APA100, cân nhiên liệu AVL 733S, cảm biến đo áp suất xi lanh kiểu áp điện,



Hình 1. Thiết bị kiểm tra tia phun nhiên liệu  
a) Thiết bị cân chỉnh vòi phun  
b) Máy quay Photron Fastcam SA3



Hình 2. Sơ đồ thử nghiệm động cơ D4BB

tử phân tích khí thải AVL CEBII, thiết bị đo độ khói AVL Smoke Meter,... (Hình 2).

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Đặc tính tia phun

Cấu trúc tia phun của các nhiên liệu diesel, DE5, DB5, DE5B5, DE10B5 được thể hiện trên Hình 3. Thông qua hình dạng tia phun đo được chiều dài tia phun Bảng 3 và góc nón tia phun thể hiện trên Bảng 4. Từ hình ảnh cho thấy chiều dài tia phun của nhiên liệu diesel lớn hơn so với nhiên liệu DE5, DB5, DE5B5, DE10B5.



Hình 3. Cấu trúc tia phun nhiên liệu diesel, DE5, DB5, DE5B5 và DE10B5

Bảng 3. Chiều dài của tia phun

Thời điểm từ lúc bắt đầu phun (ms)	Chiều dài thâm nhập(mm)				
	Diesel	DE5	DB5	DE5B5	DE10B5
1,3	66	51	70	59	55
1,6	77	63	81	71	67
1,9	83	69	87	76	73
2,2	86	73	90	80	77
2,5	95	80	99	88	84

Nghiên cứu quan sát tia phun nhiên liệu DE5, DB5, DE5B5, DE10B5 và diesel cho thấy ở các điều kiện tương tự nhau, chiều dài chùm tia chủ yếu phụ thuộc vào thời gian phun, áp suất phun và độ nhớt của nhiên liệu. Trong trường hợp thời gian và áp suất phun

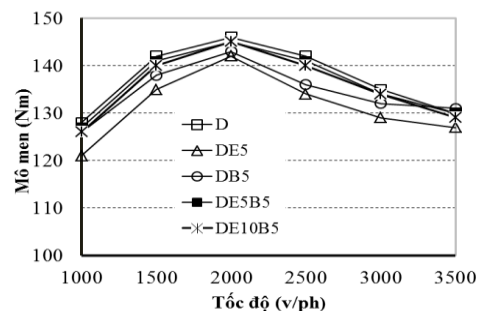
không đổi thì độ nhớt của nhiên liệu có ảnh hưởng lớn đến chiều dài chùm tia. Do độ nhớt của DB5 cao hơn diesel nên chiều dài tia phun tăng, góc nón của chùm tia phun giảm. Khi bổ sung ethanol do độ nhớt của DE5, DE5B5 và DE10B5 giảm nên chiều dài tia phun giảm theo, góc nón của chùm tia tăng. Hình dáng của chùm tia diesel mỏng và dài hơn chùm tia DE5, DE5B5 và DE10B5. Do nhiệt độ sôi và độ nhớt của DE5, DE5B5 và DE10B5 thấp, chùm tia DE5, DE5B5 và DE10B5 có thời gian phá vỡ ngắn hơn so với chùm tia diesel. Mặt khác, hình dáng chùm tia diesel dày và ngắn hơn chùm tia DB5. Do nhiệt độ sôi và độ nhớt của DB5 cao, chùm tia DB5 có thời gian phá vỡ dài hơn so với chùm tia diesel.

Bảng 4. Góc nón của tia phun

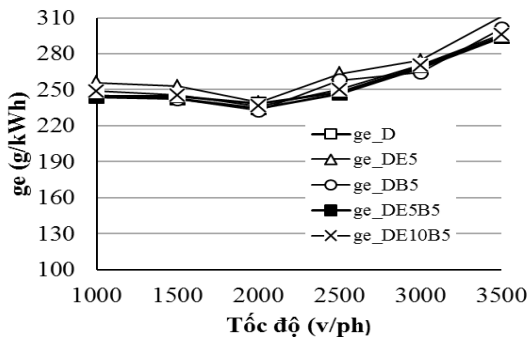
Thời điểm từ lúc bắt đầu phun (ms)	Góc nón tia phun (độ)				
	Diesel	DE5	DB5	DE5B5	DE10B5
1,3	10	13	9	11	12
1,6	12	15	11	13	14
1,9	15	18	14	16	17
2,2	17	20	16	18	19
2,5	20	23	19	21	22

#### 3.2. Tính năng kỹ thuật của động cơ khi sử dụng diesel, DE5, DB5, DE5B5, DE10B5

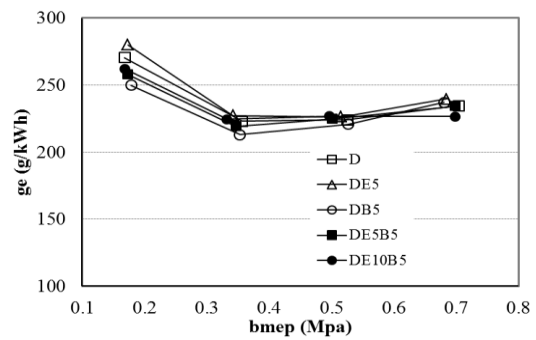
Mô men, suất tiêu hao nhiên liệu theo đường đặc tính ngoài (Hình 4, Hình 5). Mức giảm mô men trung bình khi sử dụng nhiên liệu DE5, DB5, DE5B5 và DE10B5 lần lượt là: 4,3%, 2,02%, 0,6% và 1,1% và suất tiêu hao nhiên liệu tăng lần lượt là: 4,31%, 1,96%, 0,62%, 1,1% so với nhiên liệu diesel. Suất tiêu hao nhiên liệu theo đường đặc tính tải tại 2000 (v/ph) (Hình 6) tăng trung bình là 2,1%, 1,13%, 1,67% với DE5, DE5B5 và DE10B5 giảm 2,15% với DB5. Kết quả cho thấy ethanol và diesel sinh học trong hỗn hợp giúp cải thiện quá trình cháy.



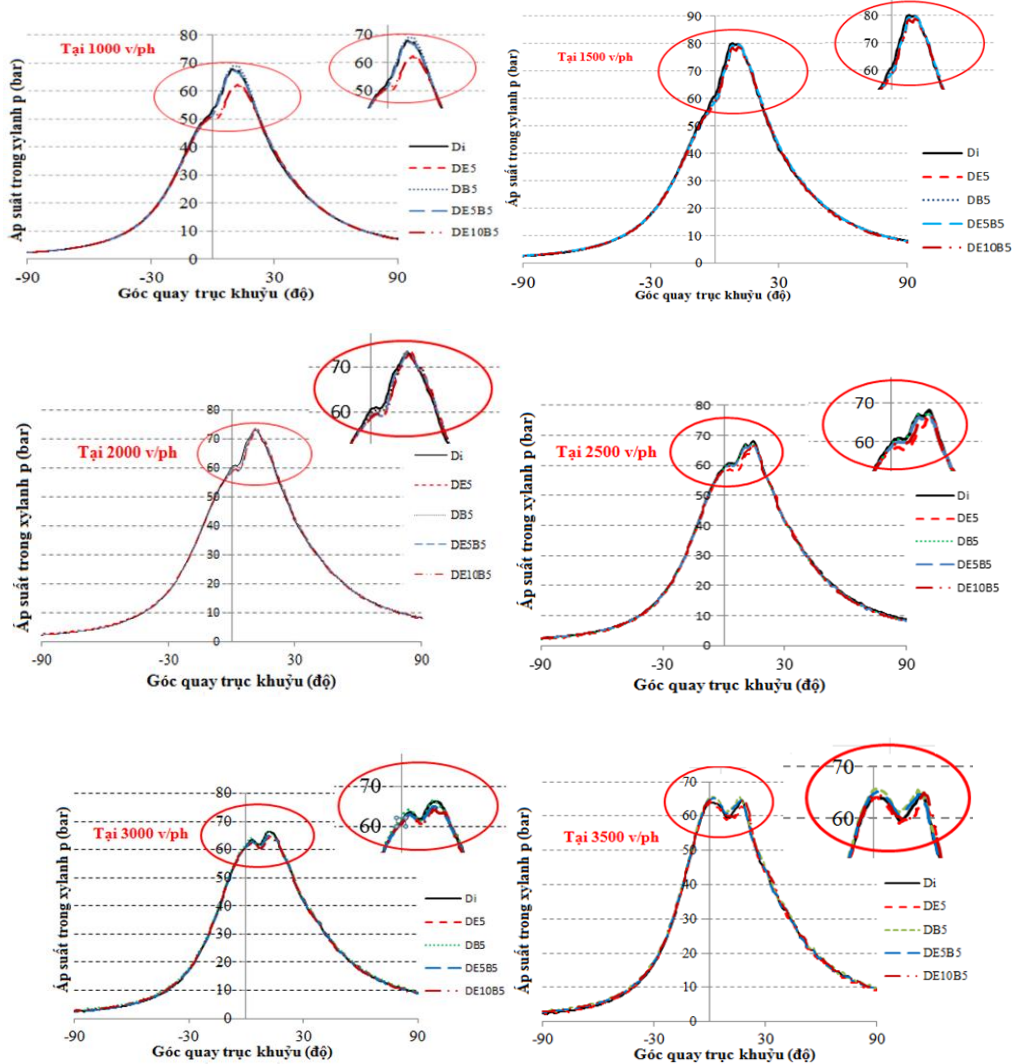
Hình 4. Mô men động cơ theo đường đặc tính ngoài đặc tính ngoài



Hình 5. Suất tiêu hao nhiên liệu theo đường đặc tính ngoài



Hình 6. Suất tiêu hao nhiên liệu theo đường đặc tính tải tại 2000 (v/ph)



Hình 7. Diễn biến áp suất trong xi lanh theo đường đặc tính ngoài

Diễn biến áp suất trong xi lanh khi sử dụng nhiên liệu diesel, DE5, DB5, DE5B5, DE10B5 theo đường đặc tính ngoài có cùng xu hướng, áp suất cực đỉnh có xu hướng dịch chuyển về phía điểm chết trên.

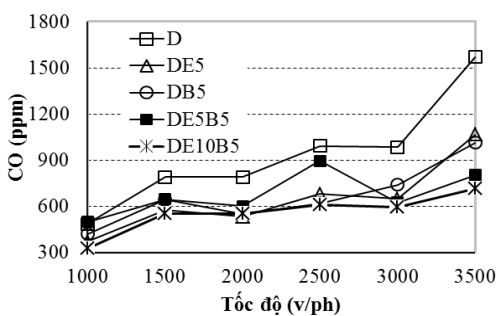
Nhìn chung, quá trình cháy trong động cơ diesel

khi sử dụng hỗn hợp diesel - ethanol và diesel - ethanol - biodiesel cũng gồm các giai đoạn tương tự như đối với khi sử dụng diesel thông thường. Tuy nhiên vì tính chất các nhiên liệu hỗn hợp khác với diesel nên diễn biến chi tiết của quá trình cháy có sự

khác nhau, đặc biệt là ở giai đoạn cháy trễ. So với diesel, hỗn hợp diesel - ethanol có trị số Xê tan nhỏ hơn, nhiệt ản lớn hơn làm cho thời gian cháy trễ kéo dài. Với nhiên liệu DE5B5, DE10B5 ở chế độ tải nhỏ thời gian cháy trễ tăng so với diesel. Do thời gian cháy trễ dài hơn nên đỉnh áp suất trong xi lanh giảm. hỗn hợp diesel - biodiesel DB5 có trị số Xê tan lớn hơn, nhiệt ản nhỏ hơn làm cho thời gian cháy trễ ngắn hơn nên đỉnh áp suất trong xi lanh cao nhất. Ở chế độ tải lớn, lượng nhiên liệu phun vào nhiều, với hỗn hợp diesel - ethanol - biodiesel mặc dù giai đoạn cháy trễ vẫn dài hơn tuy nhiên sau đó giai đoạn cháy nhanh lại ngắn hơn so với diesel do trong nhiên liệu ethanol, biodiesel có sẵn ô xy dẫn tới áp suất cực đại trong xy lanh cao hơn.

**3.3. Ảnh hưởng của hỗn hợp DE5, DB5, DE5B5, DE10B5 tới phát thải động cơ**

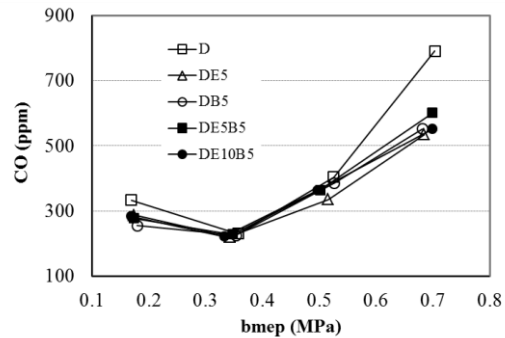
Khi sử dụng DE5, DB5, DE5B5 và DE10B5 hàm lượng phát thải CO giảm khi sử dụng nhiên liệu diesel (Hình 8, Hình 9). Hàm lượng oxy có trong ethanol và biodiesel lần lượt khoảng 34,7% và 8,4%, do đó nhiên liệu diesel pha trộn ethanol và biodiesel được bổ sung lượng oxy làm giảm các vùng thiếu oxy trong buồng cháy và thúc đẩy quá trình cháy hoàn toàn, dẫn đến lượng CO trong khí thải giảm. Bên cạnh đó, hàm lượng C thấp hơn trong các hỗn hợp làm giảm sự hình thành CO trong khí thải. Tính trung bình, lượng phát thải CO giảm 30,1%, 26,6%, 22,4%, 34,4% theo đường đặc tính ngoài và lượng phát thải CO giảm 16,9%, 15,1%, 12,8%, 14,7% theo đường đặc tính tải ở 2000 (v/ph), tương ứng với DE5, DB5, DE5B5 và DE10B5 so với diesel.



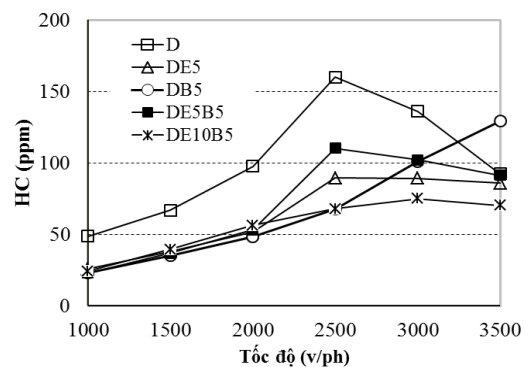
Hình 8. Phát thải CO theo đường đặc tính ngoài

Hàm lượng phát thải HC giảm đáng kể khi sử dụng các hỗn hợp nhiên liệu so với nhiên liệu diesel (Hình 10, Hình 11). Kết quả này phù hợp với việc giảm lượng khí thải CO như trên, do quá trình cháy với các hỗn hợp được cải thiện đáng kể. Phát thải HC giảm

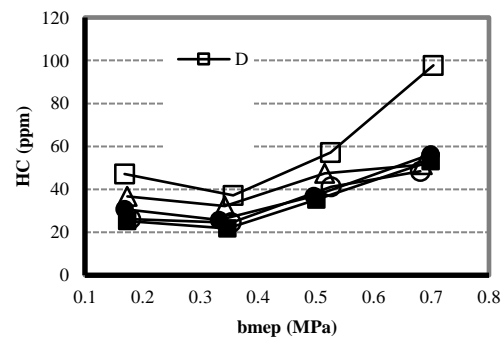
cực đại tại 100% tải. Trung bình lượng phát thải HC khi sử dụng các hỗn hợp nhiên liệu DE5, DB5, DE5B5 và DE10B5 giảm 37,2%, 32,26%, 33,5%, 43,3% theo đường đặc tính ngoài và 25%, 39,3%, 43%, 35,8% theo đường đặc tính tải ở 2000 (v/ph), so với nhiên liệu diesel.



Hình 9. Phát thải CO theo đường đặc tính tải tại 2000 (v/ph)

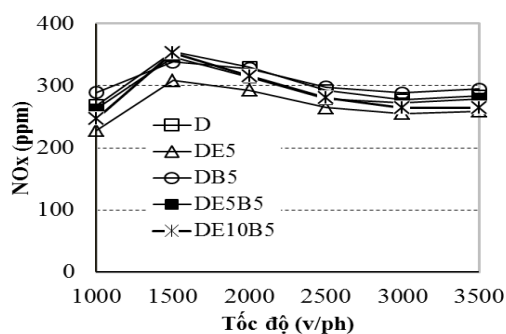


Hình 10. Phát thải HC theo đường đặc tính ngoài

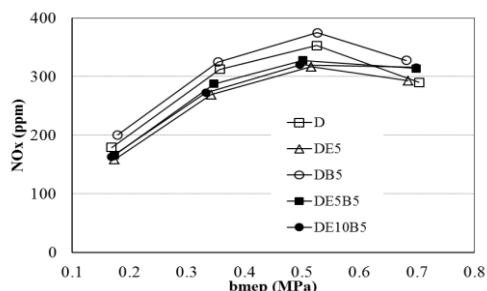


Hình 11. Phát thải HC theo đường đặc tính tải tại 2000 (v/ph)

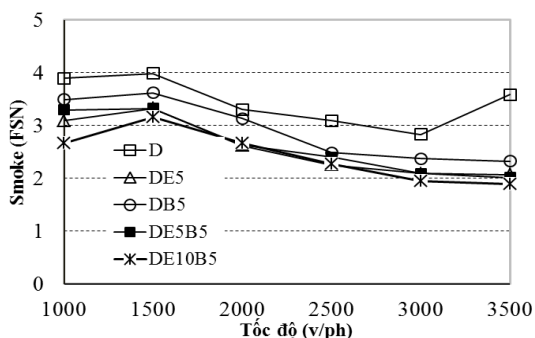
Hàm lượng phát thải NO<sub>x</sub> tăng khi sử dụng hỗn hợp nhiên liệu DE5, DB5 và giảm khi sử dụng DE5B5 và DE10B5 tại tất cả các chế độ thử nghiệm (Hình 12).



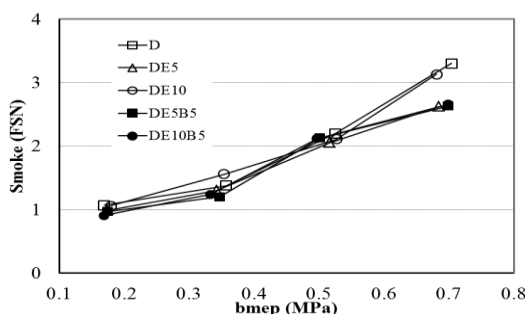
Hình 12. Phát thải NO<sub>x</sub> theo đường đặc tính ngoài



Hình 13. Phát thải NO<sub>x</sub> theo đường đặc tính tải tại 2000 (v/ph)



Hình 14. Smoke theo đường đặc tính ngoài



Hình 15. Smoke theo đường đặc tính tải tại 2000 (v/ph)

Sự hình thành khí thải NO<sub>x</sub> phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt độ cực đại của quá trình cháy và lượng oxy sẵn

có trong môi trường cháy, các thông số quá trình cháy. Theo đường đặc tính ngoài hàm lượng NO<sub>x</sub> lần lượt tăng trung bình 0,83%, 2,13% với DE5, DB5 và giảm trung bình lần lượt 2,9%, 4,6% với DE5B5, DE10B5 và theo đặc tính tải ở 2000 (v/ph) hàm lượng NO<sub>x</sub> lần lượt tăng trung bình 1,98%, 8,80% với DE5, DB5 và giảm trung bình lần lượt 4,58% và 7,46% với DE5B5, DE10B5 so với nhiên liệu diesel (Hình 13).

Smoke của động cơ theo đường đặc tính ngoài và đặc tính tải ở tốc độ 2000 v/ph được so sánh (Hình 14, Hình 15). Theo đường đặc tính ngoài giảm trung bình 25,54%, 15,95%, 24,11%, 29,45%. Theo đặc tính tải tại 2000 v/ph smoke giảm trung bình lần lượt 10,2%, 0,07%, 11,5%, 12%. Điều này được giải thích bởi lượng oxy sẵn có trong nhiên liệu đã làm giảm những vùng hỗn hợp giàu oxy, có tỷ lệ C/H nhỏ hơn so với diesel thông thường dẫn tới giảm sự hình thành smoke.

## 5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã đánh giá đặc tính tia phun nhiên liệu, tính năng kỹ thuật và phát thải của động cơ diesel Hyundai D4BB khi sử dụng nhiên liệu DE5, DB5, DE5B5, DE10B5. Theo đường đặc tính ngoài với DE5, DB5, DE5B5, DE10B5 mô men động cơ giảm trung bình lần lượt 4,3%, 2,02%, 0,6% và 1,1% và suất tiêu hao nhiên liệu tăng tương ứng lần lượt là: 4,31%, 1,96%, 0,62%, 1,1% so với nhiên liệu diesel. Bên cạnh đó, các phát thải CO, HC, NO<sub>x</sub> và Smoke đều giảm so với trường hợp sử dụng diesel thông thường. Cụ thể, khi sử dụng hỗn hợp nhiên liệu DE5, DB5, DE5B5 và DE10B5 so với nhiên liệu diesel theo đường đặc tính ngoài CO giảm 30,1%, 26,6%, 22,4%, 34,4%; HC giảm 37,2%, 32,26%, 33,5%, 43,3%; Smoke giảm trung bình 25,54%, 15,95%, 24,11%, 29,45% và theo đường đặc tính tải ở 2000 v/ph: CO giảm 16,9%, 15,1%, 12,8%, 14,7%, HC giảm 25%, 39,3%, 43%, 35,8%, smoke giảm trung bình lần lượt 10,2%, 0,07%, 11,5%, 12. Theo đường đặc tính ngoài hàm lượng NO<sub>x</sub> lần lượt tăng trung bình 0,83%, 2,13% với DE5, DB5 và giảm trung bình lần lượt 2,9%, 4,6% với DE5B5, DE10B5 và theo đặc tính tải ở 2000 (v/ph) hàm lượng NO<sub>x</sub> lần lượt tăng trung bình 1,98%, 8,80% với DE5, DB5 và giảm trung bình lần lượt 4,58% và 7,46% với DE5B5, DE10B5 so với nhiên liệu diesel. Các kết quả bước đầu cho thấy ưu điểm của nhiên liệu diesel - ethanol, diesel-biodiesel, diesel - ethanol - biodiesel.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vu Nguyen Hoang, Ha Thi Thu Vu, et al. Esterification of Waste Fatty Acid from Palm Oil Refining Process into Biodiesel by Heterogeneous

*Catalysis: Fuel Properties of B10, B20 Blends.*  
International Journal of Renewable Energy and  
Environmental Engineering, Vol.01, No.01,  
October 2013.

- [2] Industrial Engine Development Team, *Model D4BB Shop Manual (for industrial use)*, Hyundai Motor Co., Inc. 2004.

---

Ngày nhận bài:	16/6/2021
Ngày nhận bản sửa:	08/8/2021
Ngày duyệt đăng:	13/8/2021