

# NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG HIỆU QUẢ SỬ DỤNG PHỤ GIA VI NHŨ THỂ HỆ MỚI TRÊN ĐỘNG CƠ DIESEL

## SIMULATION STUDY ON THE EFFICIENCY OF NEW GENERATION NANO- EMULSION FUEL ADDITIVES ON DIESEL ENGINE

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

<sup>1</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Thủy lợi

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

\*Email liên hệ: nhtuan@tlu.edu.vn

### Tóm tắt

Phụ gia trong nhiên liệu giúp cải thiện tính chất nhiên liệu và/hoặc nâng cao chất lượng quá trình cháy trong động cơ đốt trong. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu mô phỏng phụ gia vi nhũ thể hệ mới trong nhiên liệu diesel khoáng (DO) trên động cơ diesel Hyundai D4BB. Kết quả nghiên cứu với các tỷ lệ pha phụ gia khác nhau theo đường đặc tính ngoài cho thấy, tỷ lệ phụ gia 1/8000 là hợp lý nhất, giúp công suất động cơ tăng trung bình 2,7%, suất tiêu hao nhiên liệu giảm 2,6%, hàm lượng phát thải CO, NO<sub>x</sub> và độ khói giảm trung bình lần lượt 10,8%, 12,1% và 5,5% so với nhiên liệu DO. Theo đường đặc tính tải tại 2000 v/ph, động cơ sử dụng nhiên liệu phụ gia với tỷ lệ 1/8000 có suất tiêu hao nhiên liệu giảm trung bình 2,0%, các thành phần phát thải giảm trung bình 8,3% đối với CO, 11,2% đối với NO<sub>x</sub>, 3,1% đối với độ khói so với khi sử dụng diesel không pha phụ gia.

**Từ khóa:** Phụ gia nhiên liệu, giảm phát thải, tiết kiệm nhiên liệu.

### Abstract

Fuel additive is used to improve fuel properties and/or improve combustion process in internal combustion engine. This paper presents testing results of new generation nano-emulsion fuel additive in diesel (DO) on a Hyundai D4BB diesel engine. Among the different concentration of additive in diesel, it shows that at fullload curve the additive concentration of 1/8000 is the most reasonable that helps to increase averagely engine power by 2,7% and to reduce fuel consumption, CO, NO<sub>x</sub> emissions, smoke by 2,6%, 10,8%, 12,1%, 5,5% respectively as compared to diesel without additive. Also, at different loads at speed of 2000 rpm, on average fuel consumption of the engine fueled by diesel with this additive concentration reduce by 2,0%, and CO, NO<sub>x</sub>

emissions and smoke reduce by 8,3%, 11,2% and 3,1%, respectively.

**Keywords:** Fuel additives, emission reduction, fuel economy.

### 1. Giới thiệu chung

Với mức độ phát triển nhanh chóng của các ngành kinh tế ở hầu hết các châu lục trên thế giới, nhu cầu tiêu thụ năng lượng nói chung, nhiên liệu diesel nói riêng ngày càng lớn dẫn tới khả năng thiếu hụt nguồn năng lượng hóa thạch. Bên cạnh đó, khí thải từ động cơ diesel nói chung, phương tiện vận tải trang bị động cơ diesel nói riêng, có chứa nhiều chất độc hại gây ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng tới sức khỏe con người. Vì vậy, tìm kiếm giải pháp để sử dụng nhiên liệu một cách hiệu quả và giảm thiểu ô nhiễm môi trường từ động cơ diesel là vấn đề đã và đang được quan tâm nghiên cứu. Ngoài các biện pháp cải tiến kết cấu động cơ, xử lý khí thải thì hướng nghiên cứu liên quan đến nhiên liệu gồm sử dụng các loại nhiên liệu thay thế như cồn ethanol, biodiesel, khí sinh học, CNG, DME,... hoặc sử dụng phụ gia để cải thiện quá trình cháy của nhiên liệu truyền thống đang được quan tâm. Sử dụng phụ gia nhiên liệu có ưu điểm được phối trộn với tỷ lệ nhỏ trong nhiên liệu, quy mô sản xuất không cần lớn. Bên cạnh đó, nhiên liệu pha phụ gia có thể sử dụng trên động cơ truyền thống mà không cần phải thay đổi kết cấu hoặc điều chỉnh thông số làm việc của động cơ.

Đã có nhiều nghiên cứu về phụ gia nhiên liệu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng. Tuy nhiên các nghiên cứu thường tập trung vào thực nghiệm trên động cơ trong phòng thí nghiệm với các phụ gia đơn lẻ vi nhũ nước trong dầu hoặc nano oxít kim loại. Thử nghiệm sử dụng phụ gia nano oxít xeri CeO<sub>2</sub> trên động cơ giúp giảm độ mờ khói tới 42,4% tại tốc độ 1400v/ph, THC giảm 12,4%, CO giảm 2,8%, NO<sub>x</sub> giảm 2,6%, CO<sub>2</sub> tăng nhẹ 0,1% và suất tiêu hao nhiên liệu giảm 7,7% [1]. Cũng với phụ gia này có nghiên cứu chỉ ra suất tiêu hao nhiên liệu cải thiện tới 7,0% và hầu hết các phát thải đều giảm, trong đó phát

thải HC cải thiện tới 34,61% [2]. Hiện nay, phụ gia vi nhũ thể hệ mới, bao gồm phụ gia vi nhũ nước trong dầu và phụ gia nano oxít kim loại, vừa nâng cao công suất vừa giảm phát thải gây ô nhiễm môi trường đang được quan tâm nghiên cứu và ứng dụng nhiều. Phụ gia vi nhũ nước trong dầu được cấu tạo bởi 1 pha phân tán (pha nước) ở trong pha liên tục (pha dầu). Hai chất lỏng này là những chất không tự trộn lẫn với nhau. Cơ chế vi nổ do những giọt nước tồn tại ở dạng nhũ tương nhỏ bọc trong nhiên liệu diesel sẽ hóa hơi dưới điều kiện quá nhiệt trong động cơ. Sự hóa hơi như vậy tạo ra sự nổ của các giọt diesel và cải thiện quá trình nguyên tử hóa nhiên liệu, tốc độ bay hơi và cuối cùng là nâng cao quá trình hòa trộn không khí -nhiên liệu [3]. Nhằm tăng khả năng hấp thụ oxy cho quá trình cháy, bổ sung các hạt nano oxít kim loại vào phụ gia. Do tính chất của phụ gia vi nhũ thể hệ mới chứa nano oxít kim loại, khi nhiên liệu pha phụ gia được phun vào trong xy lanh, phụ gia có trong nhiên liệu sẽ nhanh chóng khuếch tán và tạo thành dạng hạt nước hình cầu kích cỡ nanomet. Các hạt nano oxít kim loại có mặt trong nhiên liệu lỏng sẽ tạo ra một bề mặt xúc tác có khả năng cung cấp oxy cho quá trình đốt cháy, làm cho quá trình cháy diễn ra thuận lợi và triệt để hơn [4]. Các thử nghiệm nhiên liệu pha phụ gia vi nhũ thể hệ mới đã cho thấy hiệu quả như suất tiêu hao nhiên liệu giảm 4,1%, các phát thải CO, HC, NO<sub>x</sub>, độ khói giảm lần lượt 6,36%, 7,72%, 7,72%, 3,42% [5].

Để nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia vi nhũ thể hệ mới tới các thông số của quá trình cháy cũng như tính năng kỹ thuật và phát thải động cơ diesel. Bài báo thực hiện tính toán mô phỏng bằng phần mềm AVL - Boost. Trong nghiên cứu mô phỏng, tỷ lệ pha phụ gia nhiên liệu là 1/8000 và các tỷ lệ lân cận. Nghiên cứu đánh giá tương đối toàn diện ảnh hưởng của phụ gia vi nhũ thể hệ mới trong nhiên liệu DO với các tỷ lệ khác nhau trên động cơ diesel Hyundai D4BB theo đường đặc tính ngoài và đặc tính tải. Từ kết quả đó, xây dựng được mối quan hệ giữa các thông số cháy, thông số phát thải với từng tỷ lệ nhiên liệu pha phụ gia.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Các bước nghiên cứu

1. Thử nghiệm xây dựng đặc tính của động cơ (đặc tính ngoài và đặc tính tải tại tốc độ 2.000v/ph);
2. Xây dựng mô hình mô phỏng trên AVL Boost;
3. Đánh giá độ tin cậy của mô hình;
4. Mô phỏng động cơ sử dụng nhiên liệu DO, nhiên liệu DO pha phụ gia vi nhũ thể hệ mới với tỷ lệ 1/8000 và các tỷ lệ phụ gia lân cận 1/6000, 1/7000, 1/9000, 1/10000;

5. Đánh giá kết quả mô phỏng ảnh hưởng của tỷ lệ phụ gia đến tính năng kỹ thuật và phát thải động cơ.

### 2.2. Xây dựng mô hình mô phỏng

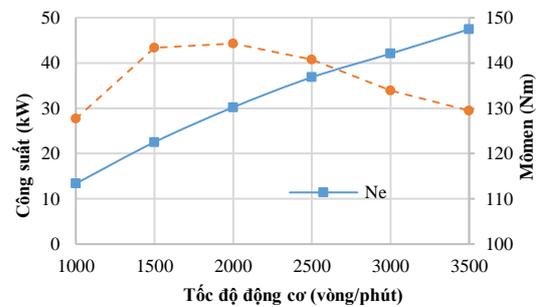
Đối tượng nghiên cứu là động cơ Hyundai D4BB. Thông số kỹ thuật được thể hiện trên Bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật động cơ diesel D4BB

Thông số	Giá trị
Kiểu động cơ	4 xy lanh, 4 kỳ
Công suất định mức/tốc độ	59kW/4000v/ph
Mô men cực đại/tốc độ	170Nm/2200v/ph
Đường kính xy lanh	91,1mm
Hành trình piston	100mm
Tỷ số nén	18:1

Động cơ diesel D4BB sử dụng trong nghiên cứu đã qua sử dụng nên các thông số kỹ thuật không còn giống với động cơ mới. Nghiên cứu đã thử nghiệm xây dựng đường đặc tính ngoài của động cơ này (Hình 1), kết quả cho thấy động cơ có mômen lớn nhất 144,3Nm ở tốc độ 2.000v/ph, ở tốc độ 4.000v/ph và 100% ga động cơ rung giật mạnh không đảm bảo an toàn trong thử nghiệm nên tốc độ lớn nhất được chọn trong thử nghiệm là 3.500v/ph.

Nghiên cứu mô phỏng sử dụng phương trình nhiệt động học thứ nhất để tính toán quá trình cháy trong động cơ [6].



Hình 1. Xây dựng mô hình mô phỏng

Quá trình truyền nhiệt từ trong buồng cháy qua thành buồng cháy cũng như nắp xy lanh, piston và lót xy lanh được tính dựa vào phương trình truyền nhiệt như thể hiện trên phương trình (1):

$$Q_{wi} = A_i \cdot \alpha_w \cdot (T_c - T_{wi}) \quad (1)$$

Trong đó:  $Q_{wi}$  là nhiệt lượng truyền cho thành (nắp xy lanh, piston, lót xy lanh);  $A_i$  là diện tích truyền nhiệt (nắp xy lanh, piston, lót xy lanh);  $\alpha_w$  là hệ số truyền nhiệt;  $T_{wi}$  là nhiệt độ thành (nắp xy lanh, piston, lót xy lanh);  $T_c$  là nhiệt độ môi chất trong xy lanh.

Mô hình Woschni 1978 phù hợp cho động cơ

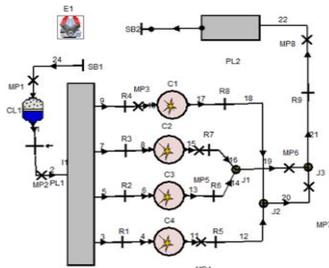
diesel sử dụng buồng cháy thống nhất, với động cơ diesel, sử dụng để tính toán hệ số truyền nhiệt [7]. Mô hình cháy sử dụng trong nghiên cứu là mô hình AVL MCC [8].

CO là sản phẩm cháy của quá trình cháy thiếu O<sub>2</sub>, tức là CO chủ yếu sinh ra từ quá trình cháy không hoàn toàn các hydro cacbon [9]. Cơ chế hình thành NO<sub>x</sub> trong mô phỏng Boost dựa trên cơ sở Patta và Hafner [10]. Quá trình hình thành của chúng được thể hiện qua sáu phương trình phản ứng theo cơ chế Zeldovich. Phát thải Soot thường dựa theo cơ chế được đề xuất bởi Hiroyasu và cộng sự [11]. Sự hình thành phát thải HC trong động cơ đốt trong đã được các nhà nghiên cứu quan tâm từ lâu. Do hàm lượng phát thải HC của động cơ diesel nói chung là rất nhỏ nên trong nghiên cứu này, mô hình cháy MCC bỏ qua thành phần phát thải HC.

Mô hình động cơ được xây dựng trên cơ sở đặc điểm kết cấu của động cơ thực D4BB. Trong Hình 2 xây dựng mô hình mô phỏng động cơ diesel và diesel pha phụ gia, không khí từ SB1 qua phần tử lọc gió CL1 vào phần tử ổn định áp suất PL1 trước khi vào xy lanh C1 ÷ 4 thông qua đường ống 3 ÷ 10, sau đó khí xả được đưa ra ngoài nhờ các đường ống khí thải 11 ÷ 22, phần tử PL2 và SB2.

**2.3. Nhiên liệu và trang thiết bị thử nghiệm**

Phụ gia sử dụng trong nghiên cứu là phụ gia vi nhũ thể hệ mới dưới dạng nhũ tương nước trong dầu (W/O) với hàm lượng nước 20% và nano oxít sắt được bổ sung vào DO với tỷ lệ 1/8000 và các tỷ lệ lân cận. Tính chất và đặc điểm phụ gia như sau: (1) Chất hoạt động bề mặt (HĐBM): Hỗn hợp ethoxylated từ dầu dừa/Hydroxyethyl imidazoline/ polyetylen glycol este của axit béo theo tỷ lệ 3/2/1; (2) Tỷ lệ chất HĐBM: 10,3 %; (3) Hàm lượng nước: 20% [12].

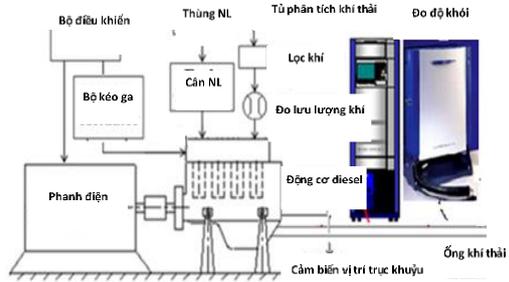


Hình 2. Xây dựng mô hình mô phỏng

Nhiên liệu thử nghiệm là nhiên liệu DO đang lưu hành trên thị trường có hàm lượng lưu huỳnh 0,05%.

Thử nghiệm lấy số liệu hiệu chỉnh mô hình được thực hiện trên băng thử động cơ tại Trung tâm nghiên

cứ Động cơ, nhiên liệu và khí thải, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (Hình 3). Các thiết bị cơ bản gồm phanh điện AVL APA100, cân nhiên liệu AVL733S có độ chính xác ±0,12%; tủ phân tích khí thải AVL CEB-II có độ chính xác 0,1%; thiết bị đo hàm lượng muội AVL Smoke Meter có độ chính xác 0,1%.

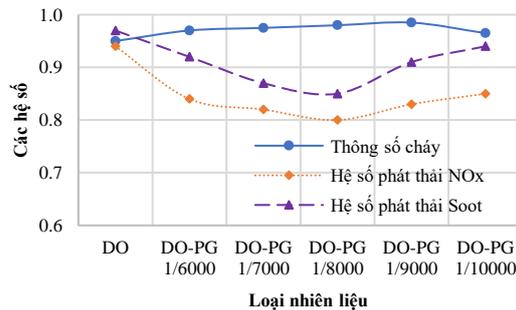


Hình 3. Sơ đồ băng thử động cơ

Trong phần mềm AVL - Boost đã định nghĩa sẵn các hệ số trong các phương trình trên đối với nhiên liệu diesel nhưng chưa có các hệ số đối với nhiên liệu pha phụ gia vì như thế hệ mới. Bên cạnh đó, với tỷ lệ phụ gia rất nhỏ 1/8000 và các tỷ lệ lân cận, các tính chất cơ bản của nhiên liệu diesel pha phụ gia vì như thế hệ mới tương đương với diesel thông thường. Do đó, nhiên liệu pha phụ gia vì như thế hệ mới được định nghĩa giống như diesel nhưng các hệ số của mô hình cháy trong phương trình (3) được hiệu chỉnh bằng kết quả thực nghiệm nhằm đảm bảo quá trình cháy mô phỏng sát với thực tế.

**3. Kết quả và thảo luận**

**3.1. Đánh giá độ tin cậy mô hình**



Hình 4. Các thông số điều chỉnh khi mô phỏng

Để đảm bảo độ tin cậy của mô hình trước khi áp dụng nghiên cứu mô phỏng, mô phỏng được hiệu chỉnh và so sánh với số liệu thử nghiệm theo đường đặc tính tải tại tốc độ 2.000v/ph có mômen lớn nhất là 147,1Nm về diễn biến áp suất trong xy lanh, các phát

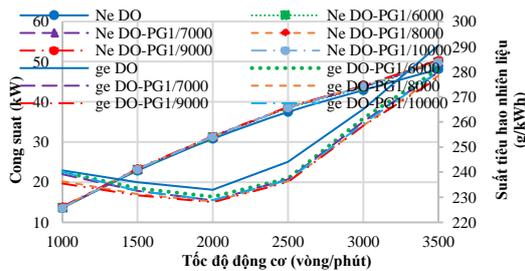
thải CO, NO<sub>x</sub>, Soot. Trong quá trình tính toán, điều chỉnh thông số cháy, các hệ số phát thải của các loại nhiên liệu nghiên cứu để sai số giữa mô phỏng và thực nghiệm nằm trong phạm vi cho phép (sai lệch áp suất đỉnh <2%, các phát thải <5%), đảm bảo độ tin cậy của mô hình để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

Mối quan hệ giữa các thông số điều chỉnh và các hệ số phát thải được thể hiện trong Hình 4.

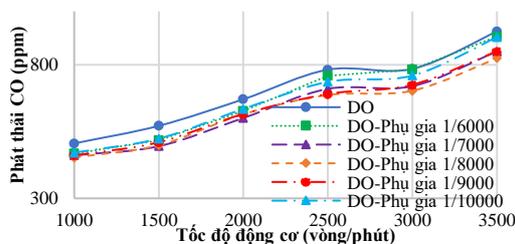
### 3.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ phụ gia tới tính năng kỹ thuật của động cơ

Từ Hình 5 cho thấy, công suất của động cơ sử dụng nhiên liệu DO - phụ gia lớn hơn và suất tiêu hao nhiên liệu nhỏ hơn so với động cơ sử dụng nhiên liệu DO. Trong đó động cơ sử dụng nhiên liệu DO-phụ gia 1/8000 có mức độ cải thiện trung bình về công suất và suất tiêu hao nhiên liệu cao nhất. Giá trị tăng giảm lớn nhất tại tốc độ 3.500v/ph với giá trị lần lượt là 4,3% và 4,1%. Tính trên toàn dải tốc độ, công suất tăng 2,7%, suất tiêu hao nhiên liệu giảm 2,6%. Với lượng nhiên liệu cung cấp cho một chu trình như nhau đối với các nhiên liệu, kết quả này là do sự điều chỉnh trên mô hình DO - phụ gia 1/8000 có hệ số cháy hiệu quả hơn trên mô hình DO. Điều này cũng phù hợp với cơ chế vi nổ của nhiên liệu chứa phụ gia vi nhũ thể hệ mới giúp cháy khuếch tán trong không gian rộng làm quá trình cháy triệt để, hiệu quả sinh nhiệt cao.

### 3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ phụ gia tới phát thải của động cơ



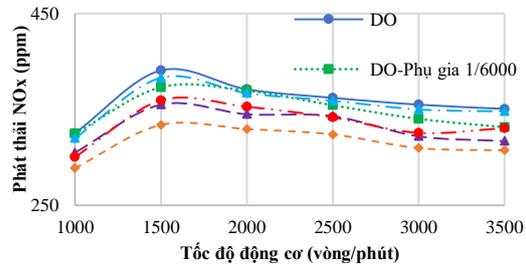
Hình 5. Kết quả công suất và suất tiêu hao nhiên liệu



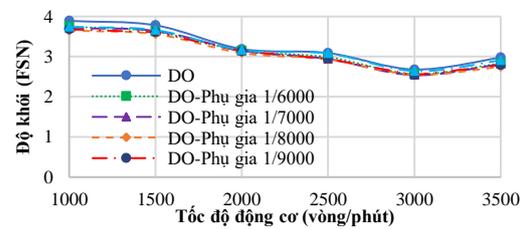
Hình 6. Phát thải CO

- Với phát thải CO: Phát thải CO trên động cơ dùng nhiên liệu DO - phụ gia với các tỷ lệ khác nhau

giảm hơn động cơ dùng nhiên liệu DO. Mức giảm lớn nhất khi động cơ sử dụng nhiên liệu DO - phụ gia với tỷ lệ 1/8000, độ giảm trung bình trên toàn bộ dải tốc độ là 10,8%. Sự giảm này là do trong phụ gia có tác dụng bổ sung oxy dẫn đến giảm hiện tượng thiếu oxy cục bộ, quá trình cháy triệt để hơn, tăng nhiệt độ cháy.



Hình 7. Phát thải NO<sub>x</sub>



Hình 8. Phát thải Soot

Bảng 2. Suất tiêu hao nhiên liệu, các phát thải theo đặc tính tải

Thông số	Tốc độ Tải	2000 (v/ph)		
		25%	50%	75%
g <sub>c</sub> (g/kWh)	DO	257,2	224,6	221,5
	DO-PG 1/8000	252,1	220,1	217,1
Trung bình (%)		-2,0		
CO (ppm)	DO	275,1	187,9	328,8
	DO-PG 1/8000	259,5	173,2	291,2
Trung bình (%)		-8,3		
NO <sub>x</sub> (ppm)	DO	200,3	356,2	400,7
	DO-PG 1/8000	180,9	307,4	359,7
Trung bình (%)		-11,2		
Độ khối (FSN)	DO	1,09	1,37	2,25
	DO-PG 1/8000	1,07	1,34	2,15
Trung bình (%)		-3,1		

- Với phát thải NO<sub>x</sub>: Động cơ sử dụng nhiên liệu DO - phụ gia với các tỷ lệ khác nhau có phát thải NO<sub>x</sub> ít hơn khi dùng DO. Mức độ cải thiện lớn nhất với DO - phụ gia tỷ lệ 1/8000, độ giảm trung bình trên toàn dải tốc độ là 12,1%. Kết quả phát thải NO<sub>x</sub> giảm rõ rệt là do phụ gia vi nhũ thể hệ mới có thành phần nước trong dầu hấp thụ nhiệt bằng hơi nước dẫn đến giảm nhiệt độ các vùng trong buồng cháy, làm giảm phản ứng hóa học trong pha khí tạo ra NO. Sự xuất hiện

nước trong nhiên liệu làm giảm nhiệt độ từng vùng buồng cháy trong giai đoạn đốt cháy làm giảm NO<sub>x</sub>, mặc dù nhiệt độ trung bình buồng cháy có thể cao hơn. Kết quả này cũng phù hợp với các nghiên cứu khác về phụ gia vi nhũ thể hệ mới [13], [14].

- Với phát thải Soot: Độ khói khi dùng DO - phụ gia với các tỷ lệ khác nhau giảm hơn khi dùng DO. Mức giảm lớn nhất với DO - phụ gia tỷ lệ 1/8000, độ giảm trung bình trên toàn bộ dải tốc độ là 5,5%. Sự giảm này là do trong phụ gia có tác dụng bổ sung oxy dẫn đến giảm hiện tượng thiếu oxy cục bộ, quá trình cháy triệt để hơn, tăng nhiệt độ cháy.

Với tiêu chí lựa chọn lượng phụ gia pha vào nhiên liệu ít nhất mà vẫn nâng cao tính năng kỹ thuật và giảm phát thải, kết quả mô phỏng cho thấy tỷ lệ 1/8000 có hầu hết các tính năng kỹ thuật, phát thải cải thiện hơn các tỷ lệ mô phỏng khác.

Để có thể đánh giá rộng hơn hiệu quả của nhiên liệu pha phụ gia vi nhũ thể hệ mới với tỷ lệ 1/8000 đã lựa chọn ở trên, báo cáo tiếp tục thực hiện tính toán mô phỏng theo đường đặc tính tải tại tốc độ 2.000v/ph có mômen lớn nhất 147,1Nm. Suất tiêu hao nhiên liệu và các phát thải theo đặc tính tải ở tốc độ có mômen lớn nhất được thể hiện trên Bảng 2.

Kết quả cho thấy tính năng kỹ thuật, các phát thải theo đặc tính tải của động cơ sử dụng nhiên liệu diesel pha phụ gia vi nhũ thể hệ mới tại tốc độ có mômen lớn nhất 2000v/ph đem lại mức độ cải thiện rõ rệt.

## 5. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải ô nhiễm khi sử dụng phụ gia vi nhũ thể hệ mới với động cơ dùng DO với tỷ lệ pha 1/8000 có hiệu quả cao hơn các tỷ lệ còn lại. Với động cơ dùng DO - phụ gia, công suất động cơ tăng 2,7%, suất tiêu hao nhiên liệu giảm 2,6%, phát thải CO, NO<sub>x</sub> và độ khói giảm lần lượt 10,8%, 12,1% và 5,5% so với DO. Theo đường đặc tính tải tại 2.000v/ph, động cơ sử dụng nhiên liệu phụ gia với tỷ lệ 1/8000 có suất tiêu hao nhiên liệu giảm trung bình 2,0%, các thành phần phát thải giảm trung bình 8,3% đối với CO, 11,2% đối với NO<sub>x</sub>, 3,1% đối với độ khói so với khi sử dụng DO. Các kết quả này đóng góp thêm cơ sở cho các nghiên cứu và ứng dụng phụ gia nhiên liệu nói chung, phụ gia vi nhũ thể hệ mới nói riêng cho động cơ diesel đang lưu hành ở Việt Nam.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Lê Anh Tuấn, *Nghiên cứu sử dụng phụ gia nano ôxít xeri CeO<sub>2</sub> cho nhiên liệu diesel trên động cơ nghiên cứu 1 xilanh AVL5402*. Tạp chí Khoa học Công nghệ các Trường đại học, Số 64. 2008.

[2] Cù Huy Thành, *Nghiên cứu sử dụng hạt nano Xêri Đioxit (CeO<sub>2</sub>) làm phụ gia cho nhiên liệu diesel*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 24 (11/2010), 2010.

[3] Mohammed Yahaya Khan et al, *Current Trends in Water-in-Diesel Emulsion as a Fuel*, The Scientific World Journal 2014 (17):527472 January 2014.

[4] B.S.Bidita, A.R.Suraya et al, *Influence of Fuel Additive in the Formulation and Combustion Characteristics of water in diesel Nanoemulsion Fuel*, Energy Fuels, Vol.28, pp.4149-4161, 2014.

[5] Nguyễn Hữu Tuấn, Phạm Hữu Tuyển, Bùi Duy Hùng, Vũ Thị Thu Hà, *Nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia vi nhũ đảo tới tính năng kỹ thuật và phát thải động cơ diesel*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Số đặc biệt 2018.

[6] Heywood, J. B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Mc Graw Hill, New York. 1998.

[7] Woschni. G, A Universally, *Applicable Equation for the Instantaneous Heat Transfer Coefficient in Internal Combustion Engines*, SAE paper 6700931, 1967.

[8] AVL: *Thermodynamic cycle simulation Boost*, Boost user's guide, Version 3.2.

[9] H.A.M Knoef, *Handbook biomass gasification*, Gasnet, 2005.

[10] Lavoie, G. A et al, *Experimental and Theoretical Study of Nitric Oxide Formation in Internal Combustion Engines*. Combustion Science and Technology, Vol.1, pp.313-326. 1970.

[11] Hiroyasu, H. and T. Kadota, *Models for Combustion and Formation of Nitric Oxide and Soot in Direct Injection Diesel Engines*. SAE p. 760129, 1976.

[12] Vũ Thị Thu Hà, PTNTĐ Công nghệ lọc - hóa dầu, Viện Hóa công nghiệp Việt Nam, đề tài độc lập nhà nước, Mã số ĐTĐLCN.03/16: *Nghiên cứu công nghệ chế tạo phụ gia nhiên liệu vi nhũ thể hệ mới dùng cho động cơ diesel*, 2017.

[13] Anna Lif a et al, *Water-in-diesel emulsions and related systems*, Journal on advances in colloids and interface science, 2006.

[14] C. Alan Canfield, *Effects of diesel water emulsions in diesel engine*, Thesis submitted in University of Florida, 1999.

Ngày nhận bài:	27/6/2021
Ngày nhận bản sửa:	09/8/2021
Ngày duyệt đăng:	13/8/2021