

## **ẢNH HƯỞNG CỦA HỖN HỢP NHIÊN LIỆU DIESEL/NƯỚC/HYDRO ĐẾN TÍNH NĂNG KỸ THUẬT VÀ $NO_x$ CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL**

**Lương Đình Thi<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Quốc<sup>2</sup>, Phạm Văn Thuần<sup>3</sup>, Hà Văn Đức<sup>3</sup>**

**Tóm tắt:** Bài báo này nghiên cứu về việc sử dụng hỗn hợp nhiên liệu diesel/nước/hydro nhằm mục đích làm giảm lượng phát thải  $NO_x$  để đáp ứng được các yêu cầu về khí thải theo tiêu chuẩn Euro V trong khi vẫn duy trì được tính năng kỹ thuật của động cơ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi tăng hàm lượng nước trong hỗn hợp nhiên liệu thì công suất và hàm lượng  $NO_x$  đều giảm; khi bổ sung thêm khí hydro thì công suất động cơ tăng lên trong khi hàm lượng phát thải  $NO_x$  có tăng lên nhưng vẫn đáp ứng theo tiêu chuẩn Euro V.

**Từ khóa:** Diesel, công suất, nước, hydro,  $NO_x$ .

### **1. GIỚI THIỆU**

Động cơ diesel được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới với nhiều ưu điểm như chi phí vận hành thấp, tiết kiệm năng lượng, độ bền và độ tin cậy cao. Chúng được sử dụng trong xe tải, xe buýt, máy kéo, tàu thủy, máy xây dựng và các phương tiện công nghiệp khác như lai máy đào và thiết bị khai thác. Tuy nhiên, hiện nay việc chính phủ các nước ban hành các luật và tiêu chuẩn về phát thải ngày càng khắt khe hơn đang dẫn đến sự phụ thuộc ít hơn vào việc sử dụng dầu diesel làm nhiên liệu chính cho động cơ diesel. Có một số giải pháp đưa ra để đáp ứng các yêu cầu mới: sự phát triển ngày càng khắt khe của động cơ đốt trong hiện nay; sử dụng nhiên liệu thay thế giúp giảm lượng khí thải so với nhiên liệu hóa thạch, hỗn hợp diesel hoặc xăng với phụ gia, hoặc sử dụng xe điện. Từ phương pháp nhiên liệu thay thế thì hydro được coi là một giải pháp khả thi khi trộn lẫn với nhiên liệu diesel thỏa mãn các đặc tính của động cơ diesel.

Trong (Bùi Văn Ga, 2006; Phạm Minh Tuấn, 2009 và Nguyễn Hoàng Vũ, 2010), các tác giả đã chỉ rõ sự hình thành các loại khí thải độc hại trong quá trình hoạt động của động cơ đốt trong, đồng thời cũng đã phân tích những ảnh hưởng của khí thải từ động cơ đốt trong đến ô nhiễm môi trường, hiệu ứng nhà kính và sức khỏe con người, đặc biệt là việc phát thải  $NO_x$ .

Trên thế giới đã và đang nghiên cứu nhiều phương pháp khác nhau để giảm lượng khí thải của động cơ bằng cách kiểm soát từ nguồn và xử lý khí thải phát ra, trong (Phạm Xuân Dương, n.k., 2021) nhóm tác giả có chỉ rõ phương pháp giảm hàm lượng phát thải  $NO_x$  ngay từ nguồn vào bằng cách trộn nước - nhiên liệu (nhũ tương hóa) để làm giảm nhiệt độ cháy trong buồng đốt nhằm giảm thiểu khí  $NO_x$ .

Nghiên cứu của (J.Serrano, et al., 2019) đã phân tích ảnh hưởng của các tỷ lệ của hỗn hợp hydro/diesel khác nhau đến hiệu suất và lượng khí thải của động cơ diesel khi sử dụng cho động cơ diesel có phun nước, chỉ ra rằng lượng khí thải  $NO_x$  tăng lên khi tỷ lệ hydro/diesel tăng lên, nhưng lượng nước phun vào làm giảm phát thải  $NO_x$  khoảng 50%.

Mục tiêu đặt ra của nghiên cứu này là tìm ra một giải pháp sử dụng hỗn hợp nhiên liệu/nước/ hydro nhằm giảm lượng phát thải  $NO_x$ , để

---

<sup>1</sup> Bộ môn Động cơ, Khoa Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân sự

<sup>2</sup> Lớp khóa 533B, Hệ QLHV SDH, Học viện Kỹ thuật Quân sự

<sup>3</sup> Phòng Kỹ thuật, Vùng Cảnh sát biển 1, Cảnh sát biển Việt Nam

đáp ứng quy định của Chính phủ (theo tiêu chuẩn Euro IV hoặc Euro V, Quyết định số 49/2011/QĐ-TTg), trong khi vẫn duy trì được công suất của động cơ tương đương với động cơ nguyên bản.

## 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH

Đối tượng nghiên cứu là động cơ Caterpillar C9 Acert, đây là động cơ diesel 4 kỳ, 6 xy lanh

bố trí thẳng hàng, hệ thống nhiên liệu kiểu HEUI (Hydraulically Actuated Electronically Controlled Unit Injector), hệ thống làm mát bằng chất lỏng. Động cơ có tăng áp bằng bộ tuabin khí thải, không có làm mát khí nạp. Thông số kỹ thuật của động cơ Caterpillar C9 Acert (Caterpillar Inc., 2012) được thể hiện trong bảng 1.

**Bảng 1. Tính năng kỹ thuật của động cơ Caterpillar C9 Acert**

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Công suất định mức	kW	205
Tốc độ định mức	v/p	2200
Số xy lanh	-	6
Tỉ số nén	-	16,1
Đường kính xy lanh	mm	112
Hành trình piston	mm	149
Áp suất khí nạp sau tua bin tăng áp	bar	2,2
Suất tiêu hao nhiên liệu	g/kWh	226,9
Góc mở sớm của xu páp nạp	độ	25
Góc đóng muộn của xu páp nạp	độ	35
Góc mở sớm của xu páp thải	độ	55
Góc đóng muộn của xu páp thải	độ	20

Công cụ được lựa chọn để tiến hành mô phỏng, tính toán các thông số tính năng kỹ thuật và hàm lượng phát thải của động cơ là phần mềm Diesel-RK. Nhiên liệu được sử dụng cho động cơ là hỗn hợp diesel đang được sử dụng trên thị trường (có chứa 0,05% S) với nước và hydro. Trong nghiên cứu này, lượng cấp nhiên liệu diesel không thay đổi, hàm lượng nước bổ sung thêm vào buồng đốt lần lượt là 10%, 30%, 46%, 56%, 62%, 70%, 80% theo tỷ lệ thể tích so với diesel; ký hiệu  $Dn_x$ , có nghĩa x là % thể tích nước bổ sung so với

thể tích diesel. Hàm lượng hydro bổ sung vào hỗn hợp diesel/nước lần lượt là: 12% và 18% - tỷ lệ nhiệt lượng của hydro với nhiệt lượng của hỗn hợp  $Dn_x$ ; hỗn hợp nhiên liệu diesel/nước/ hydro được ký hiệu  $Dn_xH_y$ , có nghĩa là bổ sung y% hydro vào hỗn hợp  $Dn_x$  theo nhiệt lượng. Hỗn hợp  $Dn_xH_y$  được xác định cả về tỷ lệ và lượng cấp cho một xy lanh trong một chu trình công tác của động cơ. Các tính chất lý-hóa của nhiên liệu diesel, nước và hydro (Thi Luong Dinh, et al., 2014 và R.D. Mc Carty, et al., 1981) được thể hiện trong bảng 2.

**Bảng 2. Tính chất lý - hóa của nhiên liệu**

Đại lượng	Đơn vị	Diesel	Nước	Hydro
Tỷ trọng (20 <sup>0</sup> C, 1atm)	kg/m <sup>3</sup>	839	1000	0,08375
Nhiệt trị thấp	MJ/kg	42,5		120
Carbon	%	87	-	-

Đại lượng	Đơn vị	Diesel	Nước	Hydro
Hydro	%	12,6	11,111111	100
Oxy	%	0,4	88,888889	-
Lưu huỳnh	%	0,05	-	-

Để đảm bảo cung cấp theo đúng yêu cầu của hỗn hợp nhiên liệu diesel, hỗn hợp  $Dn_x$  và hỗn hợp  $Dn_xH_y$  thì tỷ lệ và liều lượng được tính toán như trong bảng 3:

**Bảng 3. Tỷ lệ và liều lượng hỗn hợp cấp vào xy lanh**

Đại lượng	Đơn vị	Diesel	$Dn_{10}$	$Dn_{30}$	$Dn_{46}$	$Dn_{56}$	$Dn_{62}$	$Dn_{62}H_{12}$	$Dn_{70}$	$Dn_{80}$	$Dn_{80}H_{18}$
Carbon	%	87	77,735	64,085	56,192	52,175	50,030	48,820	47,429	44,535	43,587
Hydro	%	12,6	12,441	12,208	12,073	12,004	11,967	14,096	11,923	11,873	13,750
Oxy	%	0,4	9,824	23,707	31,735	35,821	38,003	37,084	40,648	43,592	42,663
Lưu huỳnh	%	0,05	0,0447	0,0368	0,0323	0,0300	0,0288	0,0281	0,0272	0,0256	0,0250
Nhiệt trị thấp	MJ/kg	42,5	37,9739	31,3060	27,4500	25,4878	24,4397	27,3724	23,1693	21,7556	25,6717
$g_{ct}$	mg/ct	117,461	131,461	159,461	181,861	195,861	204,261	204,261	215,462	229,462	229,462

Sử dụng dữ liệu trong các bảng 1, bảng 2 và bảng 3 để làm số liệu đầu vào cho phần mềm Diesel-RK. Tiến hành tính toán mô phỏng cho động cơ ở chế độ định mức

với nhiên liệu diesel, so sánh kết quả mô phỏng với số liệu trong bảng 1. Sau khi hiệu chỉnh mô hình, kết quả thu được như bảng 4.

**Bảng 4. Tính năng kỹ thuật của động cơ Caterpillar C9 Acert**

Thông số	Đơn vị	Giá trị		
		Nhà sản xuất	Tính toán	Sai số (%)
Công suất định mức	kW	205,00	208,49	1,7
Tốc độ vòng quay	v/p	2200	2200	-
Tỉ số nén		16,1	16,1	-
Áp suất khí nạp sau tua bin tăng áp	bar	2,2	2,2	-
Suất tiêu hao nhiên liệu	g/kWh	226,9	223,1	1,67

Qua kết quả tính toán mô phỏng ở bảng 4 cho thấy, mô hình mô phỏng cho kết quả phù hợp với số liệu công bố của nhà sản xuất, như vậy mô hình này đảm bảo độ chính xác.

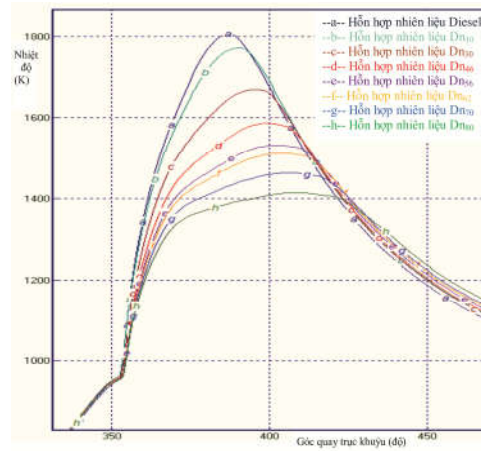
### 3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Khi tiến hành tính toán mô phỏng tính năng kỹ thuật của động cơ với các hỗn hợp nhiên liệu khác nhau. Trước hết, sử dụng hỗn hợp nhiên

liệu diesel, sau đó bổ sung lượng nước vào trong động cơ để đánh giá mức độ thay đổi các tính năng kỹ thuật và phát thải  $NO_x$  của động cơ khi sử dụng các hỗn hợp nhiên liệu (diesel,  $Dn_{10}$ ,  $Dn_{30}$ ,  $Dn_{56}$ ,  $Dn_{62}$ ,  $Dn_{70}$ ,  $Dn_{80}$ ).

Nhiệt độ của môi chất công tác bên trong xy lanh sẽ giảm dần khi tăng tỷ lệ nước bổ sung vào trong các hỗn hợp nhiên liệu, điều

đó được thể hiện rõ trên hình 1. Việc bổ sung thêm nước làm giảm nhiệt độ cháy bên trong động cơ dẫn đến làm giảm lượng phát thải  $\text{NO}_x$  do quá trình cháy tạo ra, đồng thời cũng làm giảm hiệu quả sinh công có ích dẫn đến công suất có ích của động cơ giảm tỷ lệ thuận với lượng nước bổ sung vào trong hỗn hợp. Kết quả tính toán diễn biến nhiệt độ trong xy lanh theo góc quay trục khuỷu bằng phần mềm Diesel-RK trên hình 1 cho thấy, nhiệt độ lớn nhất được tạo ra nằm trong giai đoạn cháy chính (từ 380-410 độ góc quay trục khuỷu); giá trị nhiệt độ lớn nhất trong xy lanh giảm xuống rõ rệt khi tăng hàm lượng nước bổ sung vào nhiên liệu diesel, đồng thời thời gian cháy trễ của động cơ cũng tăng theo.



Hình 1. Diễn biến nhiệt độ trong xy lanh của các hỗn hợp nhiên liệu  $\text{Dn}_x$

Tính năng kỹ thuật và phát thải  $\text{NO}_x$  của động cơ khi sử dụng các hỗn hợp nhiên liệu khác nhau được thể hiện trong bảng 5.

**Bảng 5. Tính năng kỹ thuật và phát thải  $\text{NO}_x$  của động cơ Caterpillar C9 Acert khi sử dụng hỗn hợp nhiên liệu  $\text{Dn}_x$**

Thông số	Đơn vị	Diesel	$\text{Dn}_{10}$	$\text{Dn}_{30}$	$\text{Dn}_{46}$	$\text{Dn}_{56}$	$\text{Dn}_{62}$	$\text{Dn}_{70}$	$\text{Dn}_{80}$
Công suất định mức	kW	208,49	204,07	195,54	187,76	182,25	179,03	174,53	168,16
Suất tiêu hao hỗn hợp nhiên liệu	g/kWh	223,10	255,10	322,93	383,55	425,56	451,80	488,88	540,36
$\text{NO}_x$	ppm	1043,30	1229,10	971,72	508,97	270,35	174,68	96,31	41,04
$\text{NO}_x$	g/kWh	6,39	7,61	6,35	3,49	1,92	1,26	0,72	0,32

Từ kết quả trong bảng 5 cho thấy, khi nhiên liệu diesel được bổ sung nước theo tỷ lệ tăng dần thì công suất động cơ giảm dần theo lượng nước bổ sung vào hỗn hợp nhiên liệu, đồng thời suất tiêu hao nhiên liệu tăng dần. Từ kết quả bảng 5 và so sánh với bảng tiêu chuẩn khí thải Euro cho động cơ diesel hạng nặng (2005/55/EC, 2005) bảng 6, cho thấy khi bổ sung thêm 46% nước ( $\text{Dn}_{46}$ ) vào nhiên liệu diesel thì động cơ có lượng phát thải  $\text{NO}_x$  là 3,49 g/kWh đáp ứng được tiêu chuẩn khí thải Euro IV ( $\text{NO}_x = 3,5$  g/kWh), và khi bổ sung thêm 56% nước ( $\text{Dn}_{56}$ ) vào

nhiên liệu diesel thì động cơ có lượng phát thải  $\text{NO}_x$  là 1,92 g/kWh đáp ứng được tiêu chuẩn khí thải Euro V ( $\text{NO}_x = 2,0$  g/kWh), bên cạnh đó thì suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ cũng tăng theo khi bổ sung nước vào nhiên liệu diesel lần lượt là 71,92% và 90,75% ứng với  $\text{Dn}_{46}$  và  $\text{Dn}_{56}$ . Tuy nhiên, công suất của động cơ sử dụng hỗn hợp nhiên liệu có bổ sung nước  $\text{Dn}_{46}$  là 187,76 kW và  $\text{Dn}_{56}$  là 182,25kW đồng nghĩa với việc công suất của động cơ giảm lần lượt là 9,04% và 12,59% so với công suất động cơ nguyên bản khi sử dụng nhiên liệu diesel.

**Bảng 6. Tiêu chuẩn khí thải Euro cho động cơ diesel hạng nặng**

Tiêu chuẩn	Ngày có hiệu lực	Chu trình thử	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	Khói
			g/kWh				l/m
EURO I	1992, ≤ 85 kW	ECE R49	4,5	1,1	8,0	0,612	
	1992, > 85 kW		4,5	1,1	8,0	0,36	
EURO II	10/1996		4,0	1,1	7,0	0,25	
	10/1998		4,0	1,1	7,0	0,15	
EURO III	10/1999	ESC&ELR	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15
	10/2000		2,1	0,66	5,0	0,10	0,8
EURO IV	10/2005		1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
EURO V	10/2008		1,5	0,46	2,0	0,02	0,5

Qua nhiều lần tiến hành tính toán mô phỏng, kết quả nghiên cứu cho thấy để đáp ứng được tiêu chuẩn khí thải theo tiêu chuẩn Euro IV hoặc Euro V nhưng vẫn duy trì được công suất có ích tương đương với động cơ nguyên bản, cần bổ sung vào động cơ một lượng khí hydro vừa đủ khi động cơ sử dụng hỗn hợp nhiên liệu Dn<sub>x</sub>. Kết quả tính toán mô phỏng cho thấy, khi bổ sung thêm hydro vào hỗn hợp diesel/nước, công suất có ích và phát thải NO<sub>x</sub> của động cơ đều tăng lên. Do đó, nếu vẫn giữ nguyên tỷ lệ

lượng nước bổ sung là 46% và 56% thì phát thải NO<sub>x</sub> khi có hydro không đáp ứng được tiêu chuẩn Euro IV và Euro V tương ứng. Vì vậy, khi bổ sung hydro thì cũng cần tăng thêm lượng nước vào hỗn hợp nhiên liệu. Các hỗn hợp nhiên liệu diesel/nước/hydro đáp ứng được mục tiêu nghiên cứu là Dn<sub>62</sub>H<sub>12</sub> (Euro IV), Dn<sub>80</sub>H<sub>18</sub> (Euro V).

Tính năng kỹ thuật và phát thải NO<sub>x</sub> sau khi sử dụng hỗn hợp nhiên liệu mới được thể hiện ở bảng 7.

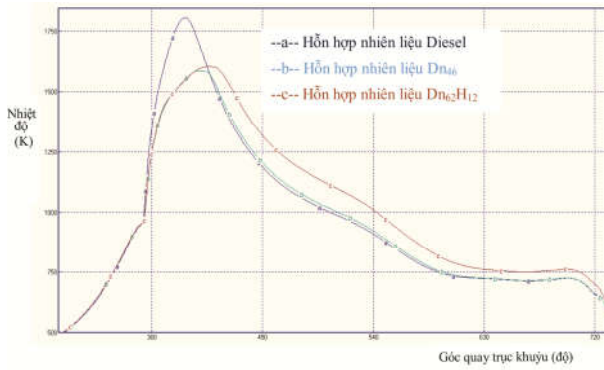
**Bảng 7. Tính năng kỹ thuật và phát thải NO<sub>x</sub> của động cơ Caterpillar C9 Acert khi sử dụng hỗn hợp nhiên liệu Dn<sub>x</sub>H<sub>y</sub>**

Thông số	Đơn vị	Diesel	Dn <sub>46</sub>	Dn <sub>56</sub>	Dn <sub>62</sub>	Dn <sub>62</sub> H <sub>12</sub>	Dn <sub>80</sub>	Dn <sub>80</sub> H <sub>18</sub>
Công suất định mức	kW	208,49	187,76	182,25	179,03	206,48	168,16	206,81
Suất tiêu hao hỗn hợp nhiên liệu	g/kWh	223,10	383,55	425,56	451,80	391,74	540,36	439,38
NO <sub>x</sub>	ppm	1043,30	508,97	270,35	174,68	539,41	41,04	309,49
NO <sub>x</sub>	g/kWh	6,39	3,49	1,92	1,26	3,40	0,32	1,97

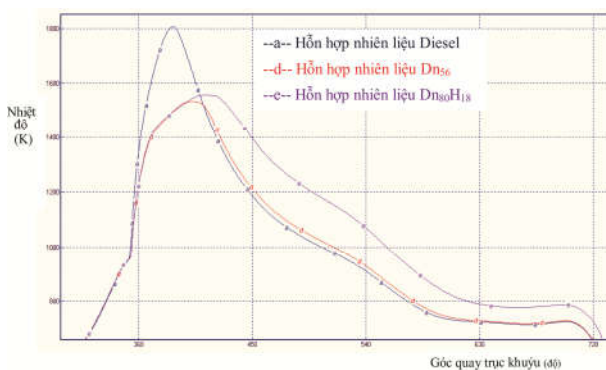
Từ kết quả bảng 7 cho thấy, để đáp ứng được yêu cầu lượng phát thải NO<sub>x</sub> của động cơ theo tiêu chuẩn khí thải Euro IV trong khi vẫn duy trì được tính năng kỹ thuật của động cơ tương đương với động cơ nguyên bản cần sử dụng hỗn hợp nhiên liệu Dn<sub>62</sub>H<sub>12</sub> (hàm lượng NO<sub>x</sub> là 3,4 g/kWh); và cần sử dụng hỗn hợp nhiên liệu Dn<sub>80</sub>H<sub>18</sub> (hàm

lượng NO<sub>x</sub> là 1,97 g/kWh) để đáp ứng yêu cầu lượng phát thải NO<sub>x</sub> của động cơ theo tiêu chuẩn Euro V.

Hình 2 và hình 3 thể hiện nhiệt độ môi chất công tác bên trong xy lanh khi sử dụng các hỗn hợp nhiên liệu Dn<sub>x</sub>, Dn<sub>x</sub>H<sub>y</sub> có lượng phát thải NO<sub>x</sub> đáp ứng theo tiêu chuẩn Euro IV và Euro V.



Hình 2. Diễn biến nhiệt độ trong xy lanh của các hỗn hợp nhiên liệu  $Dn_{46}$  và  $Dn_{62}H_{12}$



Hình 3. Diễn biến nhiệt độ trong xy lanh của các hỗn hợp nhiên liệu  $Dn_{56}$  và  $Dn_{80}H_{18}$

Từ đồ thị trên hình 2 và kết quả ở bảng 7 ta có thể thấy, khi động cơ sử dụng hỗn hợp nhiên liệu  $Dn_{46}$  (hàm lượng  $NO_x$  là 3,49 g/kWh) và  $Dn_{62}H_{12}$  (hàm lượng  $NO_x$  là 3,4 g/kWh) đáp ứng được lượng phát thải  $NO_x$  theo tiêu chuẩn Euro IV thì diễn biến nhiệt độ trong xy lanh của 2 hỗn hợp nhiên liệu không thay đổi nhiều, giá trị nhiệt độ lớn nhất xấp xỉ nhau (chủ yếu là nhiệt độ ở kỳ thải của hỗn hợp  $Dn_{62}H_{12}$  cao hơn), tuy nhiên công suất của động cơ lại có khác biệt lớn (tương ứng là 187,76 kW và 206,48 kW).

Diễn biến tương tự được nhìn thấy như trên hình 3 khi so sánh kết quả sử dụng hỗn hợp nhiên liệu  $Dn_{56}$  (hàm lượng  $NO_x$  là 1,92 g/kWh) và  $Dn_{80}H_{18}$  (hàm lượng  $NO_x$  là 1,97 g/kWh) có lượng phát thải  $NO_x$  đáp ứng tiêu chuẩn Euro V cũng có nhiệt độ lớn nhất trong xy lanh không thay đổi nhiều nhưng công suất động cơ có sự thay đổi lớn hơn (tương ứng là 182,25 kW và 206,81 kW).

Điều này là do hydro có tốc độ cháy nhanh, tốc độ tỏa nhiệt lớn nên hầu hết nhiệt lượng của nó tỏa ra gần ở điểm chết trên, làm tăng hiệu quả sinh công có ích.

Kết quả trên hình 2 và hình 3 đều có xu hướng chung, khi bổ sung nước vào nhiên liệu thì do nước không hàm chứa nhiệt lượng (nhiệt trị) và để chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái hơi cần cung cấp một lượng nhiệt bằng nhiệt ẩn hóa hơi nên nó có tác dụng làm giảm mạnh nhiệt độ môi chất trong xy lanh, dẫn đến giảm  $NO_x$ . Khi bổ sung hydro, do hydro có nhiệt trị cao nên nó làm cho nhiệt độ môi chất trong xy lanh tăng, dẫn đến làm tăng  $NO_x$ . Như vậy, để đạt được mục tiêu đã đề ra, phải phối hợp việc bổ sung nước và hydro vào nhiên liệu theo tỷ lệ phù hợp, kết quả như trong bảng 7.

#### 4. KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, khi phun thêm nước vào buồng đốt, nhiệt độ của môi chất công tác giảm tạo ra sự giảm  $NO_x$ , đồng thời cũng làm giảm một phần công suất của động cơ. Tỷ lệ phun nước vào buồng đốt tỷ lệ thuận với sự giảm  $NO_x$  và tỷ lệ nghịch với công suất phát ra. Tuy nhiên khi phun thêm hydro vào buồng đốt, do hydro có nhiệt trị lớn và tốc độ cháy nhanh nên công suất của động cơ tăng nhanh, trong khi chỉ làm tăng chậm một phần lượng phát thải  $NO_x$ . Do đó, khi điều chỉnh đồng thời tỷ lệ phun nước và hydro một cách phù hợp vào động cơ sẽ làm giảm phát thải  $NO_x$  về mức cho phép trong khi đó vẫn duy trì được công suất của động cơ tương đương với động cơ nguyên bản.

Kết quả nghiên cứu đối với động cơ Caterpillar C9 Acert cho thấy, khi bổ sung lượng nước theo tỷ lệ lần lượt là 46% ( $Dn_{46}$ ) và 56% ( $Dn_{56}$ ) thì lượng phát thải  $NO_x$  đáp ứng được tiêu chuẩn Euro IV và Euro V, nhưng công suất có ích của động cơ giảm tương ứng là 9,04% và 12,59%. Khi bổ sung lượng nước và hydro lần lượt theo tỷ lệ trong hỗn hợp  $Dn_{62}H_{12}$  và  $Dn_{80}H_{18}$  thì lượng phát thải  $NO_x$  đáp ứng được tiêu chuẩn Euro IV và Euro V, nhưng

công suất có ích của động cơ được duy trì tương đương với nguyên bản. Đây là giải pháp có tính thực tiễn cao nhằm làm giảm phát thải  $\text{NO}_x$  trong khai thác động cơ diesel.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Phạm Xuân Dương, nnk., (2021), *Kỹ thuật xử lý khí thải gây ô nhiễm từ động cơ diesel tàu thủy đáp ứng phụ lục VI, Công ước Marpol 73/78*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
- Bùi Văn Ga, (2006), *Ô tô và ô nhiễm môi trường*, Đại học Đà Nẵng.
- Phạm Minh Tuấn, (2009), *Khí thải động cơ và ô nhiễm môi trường*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
- Nguyễn Hoàng Vũ, (2010), *Ô nhiễm môi trường do Động cơ đốt trong*, Nxb QĐND.
- Thủ tướng Chính phủ, (2011), “*Quyết định về việc quy định lộ trình áp dụng tiêu chuẩn khí thải đối với xe ô tô, xe mô tô hai bánh sản xuất, lắp ráp và nhập khẩu mới*”, Số 49/2011/QĐ-TTg ngày 01 tháng 9 năm 2011.
- Caterpillar Inc., (2012), “*C9 ACERT™ Industrial Engine*”, <https://www.cat.com/>.
- Chung k. Law, (2006), *Combustion physics*, Cambridge University Press
- J.Serrano, et al., (2019), “*Analysis of the effect of different hydrogen/diesel ratios on the performance and emissions of a modified compression ignition engine under dual-fuel mode with water injection. Hydrogen-diesel dual-fuel mode*”, Energy Volume 172, 1 April 2019, Pages 702-711.
- R.D. Mc Carty, et al., (1981), “*Selected properties of hydrogen*”, National Bureau of standard monograph.
- The European Union (2005) “*DIRECTIVE 2005/55/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 28 September 2005*”, Official Journal of the European Union.
- Thi Luong Dinh, et al., (2014), “*Determination of C/H/O fractions and lower heating values for diesel-biodiesel blends derived from Viet Nam*”, International Journal of Renewable Energy and Environmental Engineering. ISSN 2348-0157, Vol. 02, No.03.

### Abstract:

#### EFFECT OF DIESEL/WATER/HYDROGEN ON PERFORMANCES AND $\text{NO}_x$ OF DIESEL ENGINE

*This paper studies the use of diesel/water/hydrogen fuel mixture for the purpose of reducing  $\text{NO}_x$  emissions to meet Euro V emission requirements while maintaining performance engine engineering. Research results show that, when increasing the water content in the fuel mixture, the engine power and  $\text{NO}_x$  content both decrease; when adding hydrogen gas, engine power increases while  $\text{NO}_x$  emissions increase but still meets Euro V standards.*

**Keywords:** Diesel, power, water, hydrogen,  $\text{NO}_x$ .

---

Ngày nhận bài: 08/10/2022

Ngày chấp nhận đăng: 03/12/2022