

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH TÍNH NĂNG KỸ THUẬT VÀ PHÁT THẢI CỦA ĐỘNG CƠ XĂNG KHI SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU KÉP AMONIAC-XĂNG

RESEARCH ON PERFORMANCE AND EMISSIONS OF A GASOLINE ENGINE RUNNING ON AMMONIA-GASOLINE DUAL FUEL

Hoàng Văn Bằng¹, Lương Đình Thi^{2,*},
Phan Thành Huy¹, Hà Văn Đức³

DOI: <http://doi.org/10.57001/huieh5804.2025.073>

TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu kết quả mô phỏng về tính năng kỹ thuật cũng như lượng phát thải của động cơ xăng 1NZ-FE trên xe Toyota Vios sử dụng nhiên liệu kép amoniac-xăng bằng phần mềm GT-Suite. Nhiên liệu amoniac (NH_3) được phun trực tiếp vào từng xylanh qua các vòi phun và thay thế cho xăng lần lượt là 5%; 10% và 15% theo tỷ lệ năng lượng. Kết quả mô phỏng cho thấy công suất động cơ tăng nhẹ khi sử dụng NH_3 ở các chế độ tốc độ khác nhau. Đồng thời, lượng phát thải CO_2 giảm trong tất cả các chế độ, với mức giảm lần lượt 5,42%; 10,81% và 16,15% ở tốc độ 6000 vòng/phút khi tăng tỷ lệ NH_3 . Lượng phát thải NO_x cũng giảm tương tự ở chế độ tốc độ cao, với mức giảm tối đa 6,21%; 12,28%; 18,2% khi tăng dần tỷ lệ NH_3 ở tốc độ 6000 vòng/phút.

Từ khóa: Phần mềm GT-Suite, nhiên liệu xăng, amoniac, động cơ 1NZ-FE.

ABSTRACT

This paper presents simulation results on the technical performance and emissions of the 1NZ-FE gasoline engine used in the Toyota Vios, operating with ammonia-gasoline dual fuels, conducted using GT-Suite software. Ammonia (NH_3) was directly injected into each cylinder through injectors, replacing gasoline at energy-based ratios of 5%, 10%, and 15%. The simulation results indicate that engine power increased slightly when NH_3 was used across different speed modes. Additionally, CO_2 emissions decreased in all modes, with reductions of 5.42%; 10.81%; and 16.15% at 6000rpm corresponding to increasing NH_3 ratios. Similarly, NO_x emissions decreased at high-speed modes, with maximum reductions of 6.21%; 12.28%; and 18.2% observed at 6000rpm as the NH_3 ratio increased.

Keywords: GT-Suite software, gasoline fuel, ammonia, 1NZ-FE engine.

¹Quản chủng Hải quân

²Học viện Kỹ thuật Quân sự

³Bộ Tư lệnh Cảnh sát biển

*Email: thiluongdinht@gmail.com

Ngày nhận bài: 20/12/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 14/02/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2025

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu và ô nhiễm môi trường đang là thách thức cấp bách toàn cầu. Động cơ đốt trong, có mặt trong nhiều lĩnh vực của xã hội, lại phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch như xăng và diesel, thải ra một lượng lớn khí gây hiệu ứng nhà kính như CO_2 và N_2O , gây nguy hiểm nghiêm trọng cho sức khỏe và môi trường [1]. Tại Hội nghị về biến đổi khí hậu lần thứ 26 (COP26) của Liên Hợp Quốc, Việt Nam đã cùng 147 quốc gia cam kết đưa mức phát thải ròng về "0" vào giữa thế kỷ 21 [2]. Để đạt được cam kết này cần phải có các nghiên cứu để giảm phát thải CO_2 từ động cơ đốt trong của các phương tiện giao thông.

Trước thách thức hiện nay, các nhà khoa học hướng đến nhiên liệu sạch như hydro, amoniac và methanol, với mục tiêu tìm ra các nguồn năng lượng bền vững. Amoniacc là loại nhiên liệu có tiềm năng sử dụng cao do trong phân tử của nó không chứa carbon, dễ lưu trữ và chi phí thấp, tuy nhiên vẫn tồn tại nhược điểm như tốc độ cháy chậm và nhiệt độ tự bốc cháy cao. Ngoài ra, lượng phát thải NO_x từ quá trình đốt cháy amoniacc cũng là một yếu tố đáng lưu ý [3]. Để khắc phục các vấn đề này, nhiều nghiên

cứu đã tập trung vào việc phát triển hệ thống nhiên liệu kép sử dụng amoniac và xăng, cụ thể nghiên cứu về việc sử dụng amoniac như một nhiên liệu [4], đặc điểm của động cơ SI phun amoniac trực tiếp [5], phân tích quá trình đốt cháy hỗn hợp amoniac-xăng ở các điều kiện thời điểm phun khác nhau trong động cơ SI có tỷ số nén cao có buồng cháy phụ [6].

Bài báo này trình bày về kết quả nghiên cứu mô phỏng tính năng kỹ thuật cũng như phát thải của động cơ 1NZ-FE khi sử dụng nhiên liệu kép amoniac-xăng. Các kết quả có thể cung cấp cơ sở để sử dụng hợp lý NH_3 cho động cơ thực tế và đánh giá tiềm năng ứng dụng amoniac trên các động cơ hiện hành, đồng thời đề xuất hướng sử dụng hiệu quả amoniac làm nhiên liệu cho động cơ xăng.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH

2.1. Cơ sở lý thuyết

Khối lượng nhiên liệu xăng phun vào một xy lanh trong một chu trình công tác (CTCT) [7]:

$$g_{ct} = \frac{N_e \cdot g_e \cdot 1000}{30 \cdot n \cdot i} \quad (\text{mg}) \quad (1)$$

Trong đó:

g_{ct} (mg): lượng nhiên liệu phun vào một xy lanh trong một CTCT.

g_e (g/kWh): suất tiêu hao nhiên liệu có ích.

N_e (kW): công suất có ích của động cơ.

n (vòng/phút): tốc độ động cơ.

i : số xy lanh của động cơ.

Giả sử giảm $x\%$ nhiên liệu xăng phun vào một xy lanh trong một CTCT của động cơ nguyên bản và thay vào đó bằng $g_{ct\text{NH}_3}$ (mg) nhiên liệu amoniac phun vào một xy lanh trong một CTCT. Khi đó lượng nhiên liệu xăng đã giảm trong một CTCT là:

$$b = x\% \cdot g_{ct} \quad (2)$$

Lượng giảm năng lượng trong một CTCT là:

$$Q = b \cdot Q_{H(\text{Xăng})} \quad (3)$$

Trong đó:

$Q_{H(\text{Xăng})}$ là nhiệt trị thấp của nhiên liệu xăng

Lượng nhiên liệu amoniac cần được bù vào như sau:

$$g_{ct\text{NH}_3} = Q / Q_{H(\text{NH}_3)} \quad (4)$$

Trong đó $g_{ct\text{NH}_3}$ là lượng nhiên liệu amoniac cấp vào cho 1 CTCT của động cơ

$Q_{H(\text{NH}_3)}$ là nhiệt trị thấp của amoniac.

Như vậy, lượng năng lượng mà NH_3 cấp vào xy lanh bằng phần năng lượng đã giảm của xăng.

Mô hình cháy Wiebe [1]:

$$x = 1 - e^{-6,908 \left(\frac{\phi}{\phi_z} \right)^{m+1}}$$

Trong đó:

ϕ_z - thời gian cháy tính theo góc quay trục khuỷu;

m - thông số đặc trưng cháy.

Các thông số ϕ_z và m của mô hình được điều chỉnh cho phù hợp với nhiên liệu NH_3 .

2.2. Xây dựng mô hình mô phỏng

2.2.1. Đối tượng

Đối tượng nghiên cứu là động cơ 1NZ-FE (4 kỳ, 4 xylanh, bố trí thẳng hàng, có hệ thống nhiên liệu phun xăng điện tử, không tăng áp, cơ cấu phối khí kiểu VVT-i). Bài báo sử dụng phần mềm GT Suite để mô phỏng tính năng kỹ thuật và phát thải của động cơ khi sử dụng nhiên liệu kép amoniac-xăng. Các thông số tính năng kỹ thuật của động cơ 1NZ-FE được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Các thông số của động cơ 1NZ-FE

Thông số	Trị số	Thông số	Trị số
Số xi lanh	4	Góc đóng muôn xupap nạp (độ - sau điểm chết dưới)	52 → 12
Đường kính xi lanh/Hành trình pít tông (mm/mm)	75/84,7	Góc mở sớm xupap thải (độ - trước điểm chết dưới)	42
Thể tích công tác 1 xl (lít)	0,374	Góc đóng muôn xupap thải (độ - sau điểm chết trên)	2
Tỷ số nén	10,5:1	Công suất định mức (kW)	79
Góc mở sớm xp nạp (độ - trước điểm chết trên)	-7 → 33	Tốc độ định mức (v/ph)	6000
Đường kính xu páp nạp (mm)	30,5	Mô men lớn nhất, tại 4200v/ph (Nm)	139
Đường kính xu páp thải (mm)	25,5		

2.2.2. Tính chất lý hóa của nhiên liệu

2.2.2.1. Nhiên liệu xăng

Xăng là hỗn hợp của các hydrocarbon (HC) ở thể lỏng, chủ yếu gồm các phân tử HC từ C4 đến C12. Xăng dễ bay hơi và dễ hòa trộn tạo hỗn hợp cháy với không khí, tốc độ cháy cao [8]. Khi sử dụng nhiên liệu xăng trong động cơ đốt trong, quá trình cháy sinh ra nhiều loại khí thải có tác động tiêu cực đến môi trường và sức khỏe con người. Sản phẩm chính của quá trình đốt cháy hoàn toàn là nước và khí carbon dioxide (CO_2), một loại khí nhà kính gây hiệu ứng nóng lên toàn cầu.

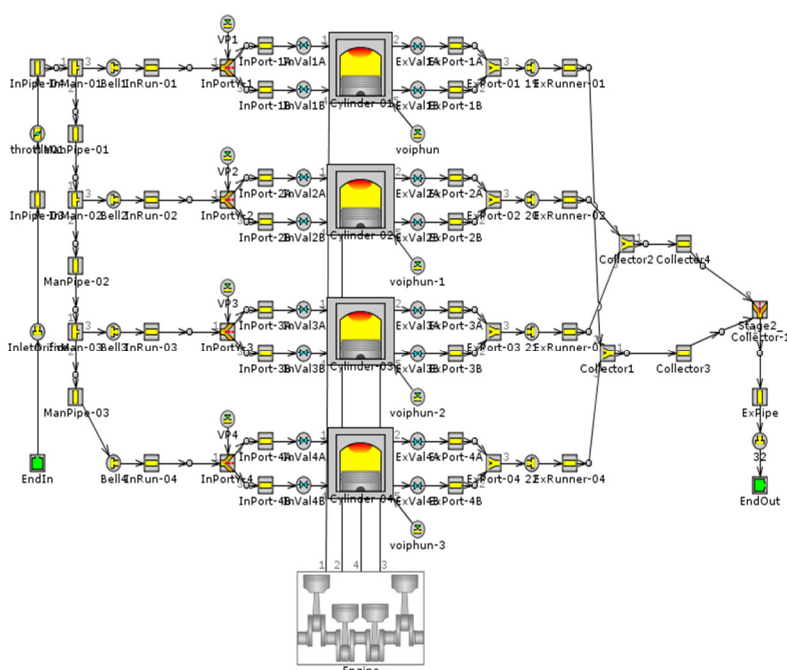
2.2.2.2. Nhiên liệu Amoniac

Amoniac (NH_3) là một hợp chất không màu, có mùi hắc, có tiềm năng tốt để sử dụng làm nhiên liệu trong điều kiện cực lạnh do điểm đóng băng thấp, không bắt lửa và có độ hòa tan cao trong nước nên dễ dàng vận chuyển và xử lý [9, 10]. Amoniac lỏng có độ nhớt thấp, điều này có khả năng mang lại lợi ích cho quá trình phân rã và hóa hơi trong quá trình phun nhiên liệu [11]. Sản phẩm cháy của NH_3 không chứa CO_2 ảnh hưởng tới môi trường, NH_3 có tốc độ cháy thấp và cần năng lượng tia lửa cao để đánh lửa thành công trong động cơ xăng. Giới hạn cháy hẹp hơn so với hydro nên động cơ khó cháy, nhất là ở chế độ hỗn hợp nghèo hoặc giàu, ảnh hưởng đến khả năng làm việc ở các chế độ tải thấp và trung bình ở các chế độ làm việc khác nhau của động cơ [12]. Các đặc tính của NH_3 cho thấy đây là một loại nhiên liệu tiềm năng để sử dụng cho động cơ đốt trong.

Bảng 2. Tính chất của amoniac và xăng

Thông số	Amoniac	Xăng
Công thức hóa học	NH_3	$\text{C}_n\text{H}_{1,87n}$
Điểm sôi (°C)	-33	33 - 190
Nhiệt ẩn hóa hơi (kJ/kg)	1370	305
Nhiệt độ tự cháy (°C)	651	248 - 412
Chỉ số octan (RON)	> 111	92 - 98
Nhiệt trị thấp (MJ/kg-fuel)	18,5	44,0
Mật độ năng lượng thể tích	11,2	33,0
Tỷ lệ khối lượng không khí / nhiên liệu	6,06	14,7

2.2.3. Mô hình mô phỏng



Hình 1. Mô hình mô phỏng động cơ 1NZ-FE

Bảng 3. Kết quả tính toán mô phỏng và số liệu của nhà sản xuất

Tốc độ quay trục khuỷu [v/ph]	Công suất lớn nhất (kW)		Sai số tương đối [%]
	Nhà sản xuất	Tính toán	
6000	79	78,26	0,94
Tốc độ quay trục khuỷu [v/ph]	Momen xoắn lớn nhất (Nm)		Sai số tương đối [%]
	Nhà sản xuất	Tính toán	
4200	139	134,58	3,18
Tốc độ quay trục khuỷu [v/ph]	Tỷ lệ khối lượng không khí / nhiên liệu		
	Thực tế	Tính toán	
6000 (chế độ toàn tải)	14,7	13,98	

Bài báo sử dụng phần mềm GT Suite để làm công cụ mô phỏng. Phần mềm GT-Suite được xây dựng và phát triển bởi hãng Gamma Technologies của Mỹ hiện đã và đang được nhiều công ty sản xuất động cơ, các trung tâm nghiên cứu và nhiều trường đại học trên thế giới sử dụng.

Mô hình mô phỏng CTCT và tính năng kỹ thuật của động cơ 1NZ-FE (động cơ xăng 4 kỳ, 4 xy lanh bố trí thẳng hàng, phun nhiên liệu trên đường nạp, buồng đốt thống nhất) được trình bày trên hình 1. Các mô hình con được sử dụng trên phần mềm là mô hình cháy của SiWiebe, mô hình truyền nhiệt của Woschni, các mô hình phát thải và mô hình ma sát. Thời điểm cấp nhiên liệu amoniac vào xy lanh là ngay sau khi xupap nạp đã đóng hoàn toàn. Trạng thái ban đầu của động cơ khi mô phỏng là các thông số môi trường (1 bar, 298K). Trạng thái nhiệt của các chi tiết xung quanh buồng cháy được xác định theo tài liệu tham khảo: nhiệt độ đỉnh piston - 600K; nhiệt độ thành xi lanh - 550K; nhiệt độ mặt nóng nắp máy - 580K [13].

2.2.4. Kiểm nghiệm mô hình

Để đánh giá và hiệu chỉnh mô hình mô phỏng, các số liệu của nhà sản xuất được sử dụng. Các kết quả mô phỏng tính năng kỹ thuật của động cơ khi sử dụng xăng nguyên chất và số liệu của nhà sản xuất được thể hiện trong bảng 3.

Từ các kết quả trong bảng 3 có thể thấy kết quả mô phỏng phù hợp với số liệu công bố của nhà sản xuất trong tài liệu động cơ [14]. Vì vậy, mô hình động cơ 1NZ-FE đảm bảo độ chính xác và độ tin cậy. Có thể sử dụng mô hình này để tiến hành tính toán chu trình công tác của động cơ ở các chế độ mô phỏng khác nhau từ đó đưa ra so sánh và kết luận tính năng kỹ thuật và lượng phát thải của động cơ.

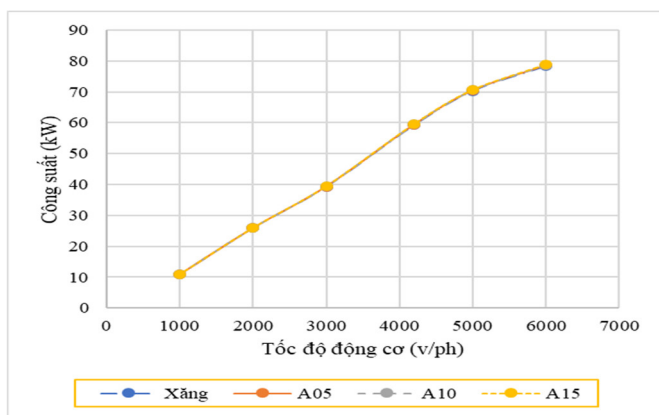
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Các chế độ mô phỏng:

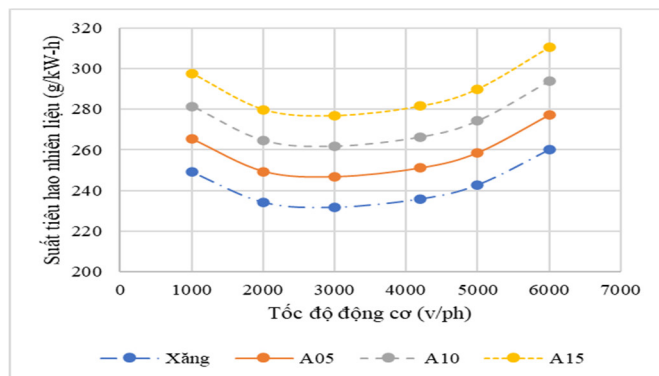
- 100% xăng (chế độ đặc tính ngoài của động cơ nguyên bản).
- 95% xăng và bổ sung 5% amoniac về năng lượng (A05)
- 90% xăng và bổ sung 10% amoniac về năng lượng (A10)
- 85% xăng và bổ sung 15% amoniac về năng lượng (A15)

3.1. Tính năng kỹ thuật

Kết quả mô phỏng tính năng kỹ thuật của động cơ 1NZ-FE ở chế độ đặc tính ngoài được thể hiện trên hình 2 và 3. Lượng nhiên liệu NH_3 được cấp bổ sung vào xy lanh được tính toán như trong phần 2.1.



Hình 2. Công suất động cơ theo đặc tính ngoài



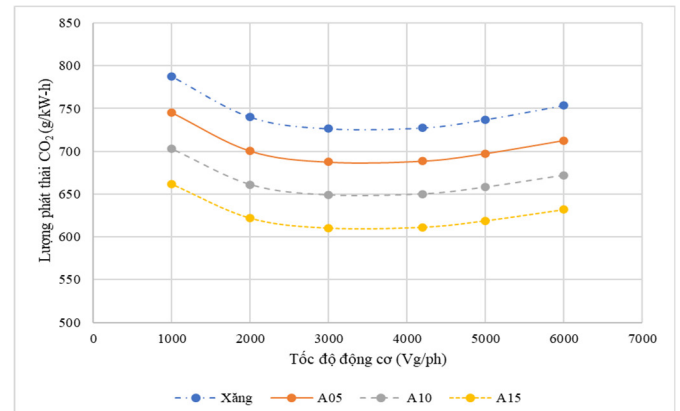
Hình 3. Suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ

Kết quả trên hình 2 cho thấy, khi thay thế một phần xăng bằng một lượng NH_3 tương đương về năng lượng thì công suất của động cơ gần như không thay đổi, điều này cho thấy được tiềm năng thay thế của NH_3 vì nhiên liệu này không làm suy giảm công suất của động cơ. Vì năng lượng cấp vào động cơ được duy trì nên kết quả mô phỏng cho thấy sự tương đồng về hiệu suất khi sử dụng NH_3 thay thế cho một phần nhiên liệu xăng; khi lượng thay thế nhỏ thì ảnh hưởng của NH_3 đến hiệu suất tổng thể của động cơ không đáng kể do quá trình cháy trong xi lanh vẫn được kiểm soát bởi xăng kết hợp với bugi đánh

lửa. Việc sử dụng nhiên liệu kép amoniac-xăng làm tăng suất tiêu hao nhiên liệu so với sử dụng xăng nguyên chất (hình 3), tỷ lệ amoniac càng cao thì động cơ tiêu hao càng nhiều nhiên liệu. Nguyên nhân là do nhiệt trị thấp của NH_3 thấp hơn so với xăng trong khi vẫn giữ nguyên về giá trị năng lượng cấp vào động cơ nên khối lượng NH_3 thay thế lớn hơn khối lượng xăng được thay thế tương ứng.

3.2. Phát thải CO_2

Kết quả tính toán phát thải CO_2 là quan trọng nhất trong nghiên cứu này, để đạt được mục tiêu đề ra là giảm phát thải CO_2 , trong khi vẫn duy trì được công suất động cơ. Lượng phát thải CO_2 được thể hiện như trên hình 4.

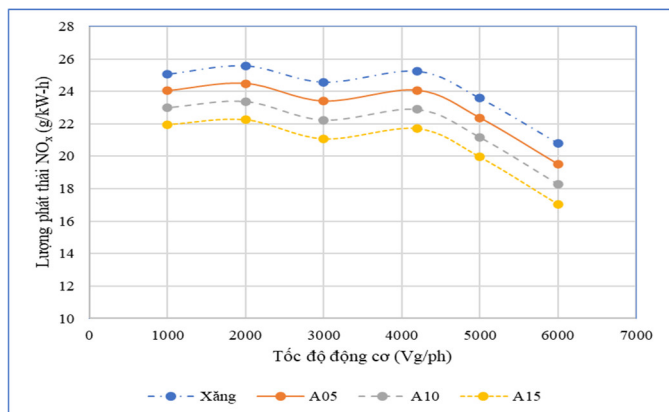


Hình 4. Lượng phát thải CO_2 ở các chế độ khác nhau

Kết quả trên hình 4 thể hiện lượng phát thải CO_2 giảm ở tất cả các chế độ nghiên cứu khi sử dụng amoniac kết hợp với xăng. Tỷ lệ amoniac thay thế càng cao (0 - 15%) thì lượng phát thải CO_2 càng thấp, mức giảm nhiều nhất lần lượt là 5,42%; 10,81% và 16,15% tương ứng với nhiên liệu A05, A10 và A15 ở tốc độ 6000v/ph so với lượng phát thải CO_2 khi động cơ sử dụng xăng. Nguyên nhân của việc suy giảm phát thải CO_2 là do trong phân tử NH_3 không chứa Carbon. Kết quả này thể hiện được tiềm năng sử dụng NH_3 để thay thế xăng nhằm mục đích giảm phát thải CO_2 . Ở phạm vi tốc độ 3000 - 4000 (v/ph), mức phát thải CO_2 là nhỏ nhất, điều này là do ở phạm vi tốc độ này suất tiêu hao nhiên liệu là nhỏ nhất, hiệu quả của quá trình cháy cao nhất. Tuy nhiên, khi tốc độ động cơ tăng cao thì mức độ phát thải CO_2 có xu hướng tăng chậm hơn so với suất tiêu hao nhiên liệu (hình 3) điều đó chứng tỏ hiệu suất cháy suy giảm, làm giảm quá trình chuyển hóa nhiên liệu thành CO_2 . Khi hàm lượng NH_3 càng cao thì ảnh hưởng này càng rõ hơn thể hiện tốc độ cháy của NH_3 thấp hơn so với xăng.

3.3. Phát thải NO_x

Phát thải NO_x cũng đáng quan tâm trong nghiên cứu này vì NO_x có liên quan trực tiếp đến nhiên liệu NH_3 . Lượng phát thải NO_x được thể hiện như trên hình 5.



Hình 5. Lượng phát thải NO_x ở các chế độ khác nhau

Kết quả tính toán cho thấy, lượng phát thải NO_x giảm khi tỷ lệ amoniac thay thế xăng tăng. Tỷ lệ amoniac thay thế càng cao (0 - 15%) thì lượng phát thải NO_x càng giảm, mức giảm nhiều nhất lần lượt là 6,21%; 12,28%; 18,2% tương ứng với nhiên liệu A05, A10 và A15 ở tốc độ 6000v/ph so với lượng phát thải NO_x khi động cơ sử dụng xăng. Nguyên nhân của việc suy giảm phát thải NO_x là do đặc tính cháy của NH₃. Mặc dù lượng NH₃ bổ sung tương đương về mặt năng lượng với lượng xăng tương ứng, nhưng do tốc độ cháy của NH₃ thấp hơn so với xăng nên nhiệt độ trong xi lanh có xu hướng giảm nhẹ, điều này làm giảm hàm lượng phát thải NO_x. Ở chế độ tốc độ cao (> 4000v/ph), hàm lượng NO_x có xu hướng giảm với các loại nhiên liệu, điều này là do tốc độ càng cao thì thời gian cháy càng ngắn, đồng thời ECU điều khiển lượng phun nhiên liệu nhiều hơn để sản sinh ra công suất lớn hơn nên hỗn hợp cháy đậm đặc hơn, lúc này hàm lượng ô xi trong hỗn hợp cháy giảm nên hàm lượng NO_x giảm.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được mô hình mô phỏng động cơ xăng 1NZ-FE sử dụng xăng và nhiên liệu kép amoniac-xăng để xác định và đánh giá về tính năng kỹ thuật và phát thải. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi chuyển đổi động cơ từ chạy xăng sang động cơ hoạt động với nhiên liệu kép amoniac-xăng thì công suất động cơ thay đổi không đáng kể. Lượng phát thải CO₂ giảm ở tất cả các chế độ nghiên cứu, trong đó ở chế độ tốc độ 6000v/ph phát thải CO₂ giảm đáng kể lần lượt là 5,42%; 10,81% và 16,15% tương ứng với nhiên liệu A05, A10 và A15 so với xăng. Lượng phát thải NO_x giảm khi tỷ lệ amoniac thay thế xăng tăng. Tỷ lệ amoniac thay thế càng cao (A05 → A15), lượng NO_x phát thải càng thấp, mức giảm nhiều nhất lần lượt là 6,21%; 12,28%; 18,2% tương ứng với nhiên liệu A05, A10 và A15 ở tốc độ 6000 v/ph. Kết quả này cho thấy tiềm năng sử dụng NH₃ để thay thế xăng cho động cơ

xăng mà công suất không thay đổi, trong khi giảm đáng kể phát thải khí CO₂ gây hiệu ứng nhà kính.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. R.N. Brady 2013, *Internal Combustion (Gasoline and Diesel) Engines*, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences.
- [2]. Báo Chính phủ, 2023, <<https://baohinhphu.vn/viet-nam-tich-cuc-chu-dong-trien-khai-bai-ban-cac-cam-ket-tai-cop26-102231124211547625.html>>
- [3]. Cinzia Tornatore, Luca Marchitto, Pino Sabia, Mara De Joannon, "Ammonia as Green Fuel in Internal Combustion Engines: State-of-the-Art and Future," *Frontiers in Mechanical Engineering*, 2022.
- [4]. Olivier Herbinet, "On the use of ammonia as a fuel - A perspective," *Fuel Communications*, 11, 2022.
- [5]. Kyunghyun Ryu, " Effects of gaseous ammonia direct injection on performance characteristics of a spark-ignition engine," *Applied Energy*, 116, 2014.
- [6]. M Ichyanagi, "Combustion Analysis of Ammonia Fueled High Compression Ratio SI Engine with Glow Plug and Sub-Chamber: - Effects of Ammonia Content under Condition of Co-combustion with Gasoline/Ammonia/Air," *International Journal of Automotive Engineering*, 13(1), 1-8, 2024.
- [7]. Hà Quang Minh, *Lý thuyết động cơ đốt trong*. NXB QĐND, Hà Nội.
- [8]. Nguyễn Hoàng Vũ, *Nhiên liệu dùng cho động cơ đốt trong*, NXB QĐND, Hà Nội, 2010.
- [9]. Max Appl, *Ammonia: Principles and Industrial Practice*. Wiley - VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany, 2007.
- [10]. Astbury G.R., "A review of the properties and hazards of some alternative fuel," *Process Safety and Environmental Protection*, 86(6), 397 - 414, 2008.
- [11]. Goodger E.M, *Alternative fuels: Chemical energy resources*. The Macmillan Press Ltd, 1980.
- [12]. Trần Trọng Thế, Nguyễn Thế Lương, Trần Văn Hoàng, "Nghiên cứu tổng quan về amoniac làm nhiên liệu thay thế cho động cơ xăng," *Tạp chí khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp*, 43, 1-7, 2024.
- [13]. AVL Boost, 2008.
- [14]. Toyota 1NZ-FE User Manual.

AUTHORS INFORMATION

Hoang Van Bang¹, Luong Dinh Thi², Phan Thanh Huy¹, Ha Van Duc³

¹Navy Service, Ministry of National Defence, Vietnam

²Military Technical Academy, Vietnam

³Vietnam Coast Guard, Vietnam