

# Nghiên Cứu Ảnh Hưởng Của Nhiệt Độ Khí Cháy Đến Độ Tổ Khí Thải $\text{NO}_x$ Trên Động Cơ Diesel GM Motori HRM494

Hoàng Văn Sĩ

Viện Hàng hải

Trường Đại học Giao thông vận tải

Thành phố Hồ Chí Minh

Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

si.hoang@ut.edu.vn

Lê Văn Đồng

Viện Hàng hải

Trường Đại học Giao thông vận tải

Thành phố Hồ Chí Minh

Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

dong.le@ut.edu.vn

**Tóm tắt**-Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu về sự ảnh hưởng của nhiệt độ khí cháy thuộc động cơ diesel đến nồng độ phát thải  $\text{NO}_x$  trong động cơ diesel GM Motori HRM494, lắp đặt tại Phòng thực hành máy Viện Hàng hải - Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, lựa chọn dãy vòng quay thích hợp để khai thác hiệu quả nhằm làm giảm ô nhiễm môi trường.

**Từ khóa**-Độc tố khí thải, nhiệt độ khí xả, động cơ diesel, Diesel RK.

## I. GIỚI THIỆU

Nghiên cứu quá trình cháy bên trong động cơ diesel là vấn đề luôn được quan tâm nhằm xác định các diễn biến của quá trình biến đổi áp suất, nhiệt độ, biến đổi năng lượng, tính kinh tế [1], [2]. Các nghiên cứu về nhiệt độ khí cháy ảnh hưởng đến các thành phần khí thải, gây thủng tầng ozon [3]. Đặc biệt là xác định mức độ ảnh hưởng của nhiệt độ khí cháy đến độc tố khí thải như oxit nitơ  $\text{NO}_x$ , oxit lưu huỳnh  $\text{SO}_x$ , carbon monoxit CO, carbon dioxit  $\text{CO}_2$ , hydro carbon HC, muội (Soot, PM) được nhiều tổ chức và các nhà khoa học nghiên cứu [4], [5], qua đó được Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) đề cập tại phụ lục VI về ngăn ngừa ô nhiễm khí thải từ tàu thuộc Công ước quốc tế ngăn ngừa ô nhiễm biển từ tàu (MAPPOL 73/78) [6].

Do diễn biến trong quá trình biến đổi nhiệt năng ở động cơ diesel hết sức phức tạp, chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố bên trong cũng như bên ngoài động cơ làm cho việc xác định mức độ ảnh hưởng của nhiệt độ khí xả đến hàm lượng  $\text{NO}_x$ , bụi có trong khí thải từ động cơ diesel gặp nhiều khó khăn. Tuy nhiên, nhờ sự tiến bộ của khoa học công nghệ hiện nay, đã có nhiều công cụ tính toán, mô phỏng quá trình cháy bên trong buồng đốt động cơ diesel như Diesel – RK, GT-Power, AVL Boost, Ricardo Wave,...

Trong các phần mềm liệt kê trên, nhóm tác giả chọn phần mềm Diesel RK [7] để nghiên cứu sự ảnh

hưởng của nhiệt độ khí cháy  $T_c$  đến độc tố khí thải  $\text{NO}_x$ , muội. Vì phần mềm này có nhiều ưu điểm như xây dựng mô hình động cơ bằng cách khai báo các thông số động cơ trực tiếp, thay đổi các tham số trong mô hình theo đúng chủng loại động cơ một cách dễ dàng. Chính vì vậy, Diesel RK cho phép xác định tương đối chính xác động lực học của quá trình cháy và hình thành các chất ô nhiễm của động cơ diesel. Điểm mạnh của phần mềm cho nhiều kết quả như:

- Mô phỏng quá trình hoạt động của động cơ – các thông số động lực học động cơ;
- Mô phỏng quá trình cháy đa vùng;
- Mô phỏng hệ thống nạp, xả;
- Mô phỏng hệ thống tăng áp;
- Mô phỏng động cơ bằng nhiều loại nhiên liệu khác nhau: HFO, DO, LPG, NGV, xăng, ethanol, biodiesel,....;
- Mô phỏng các chế độ khai thác khác nhau;
- Kết hợp với các phần mềm khác trong thiết kế tính toán động cơ.

## II. CÁC QUY ĐỊNH CỦA IMO LIÊN QUAN ĐẾN ĐỘC TỐ KHÍ THẢI $\text{NO}_x$

Các độc tố khí thải có xu hướng gia tăng đáng kể trở thành vấn nạn của cộng đồng, trong đó cần nhắc đến ngành công nghiệp vận tải. Những độc tố khí xả do động cơ diesel tàu thủy bao gồm nitơ, oxy, carbon dioxit ( $\text{CO}_2$ ), carbon monoxit (CO), hydrocarbon (HC), oxit lưu huỳnh ( $\text{SO}_x$ ), oxit nitơ ( $\text{NO}_x$ ), khói bụi gây hại cho sinh vật, môi trường và sức khỏe nhân loại. Tháng 10/2008, Hội đồng Bảo vệ môi trường hàng hải (MEPC) của IMO đã chấp nhận bổ sung phụ lục VI áp dụng từ ngày 01/07/2010 theo bảng giới hạn  $\text{NO}_x$ , được trình bày tại bảng 1 [6].

BẢNG I. QUY ĐỊNH GIỚI HẠN NO<sub>x</sub>.

Giới hạn NO <sub>x</sub>	Ngày hiệu lực	Giá trị NO <sub>x</sub> (g/kWh)
<b>Đối với động cơ lắp mới</b>		
TIER I	01/01/2000	17
TIER II	01/01/2011	14.4
TIER III (Áp dụng cho các khu vực có kiểm soát độc tố khí thải-ECAs)	01/01/2016	3.4
<b>Đối với các động cơ cũ lắp từ 01/1990-01/2000 có công suất trên 5000 kW</b>		
TIER I	12 tháng khí chính quyền báo IMO	17

Theo bảng I, IMO đã có những quy định nhằm bảo vệ môi trường hàng hải cụ thể như sau:

- Giới hạn độc tố NO<sub>x</sub> theo tốc độ động cơ;
- Các tàu đóng mới từ năm 2000 đến cuối năm 2010 phải tuân thủ theo Tier I;
- Hiệu lực của tiêu chuẩn khí thải IMO TIER II chính thức từ ngày 01/01/2011 và áp dụng cho tất cả các động cơ thủy mới có công suất trên 130 kW được lắp đặt xuống tàu;
- Mức độc tố NO<sub>x</sub> IMO TIER II tương ứng với mức giảm 20% so với TIER I, mức giảm đạt được với sự tối ưu hóa động cơ;
- Tiêu chuẩn khí thải IMO TIER III có hiệu lực áp dụng từ ngày 01/01/2016. Tiêu chuẩn này áp dụng cho tất cả các động cơ mới có công suất trên 130 kW được lắp xuống tàu với vùng hoạt động kiểm soát khí thải (ECAs), mức phát thải tương ứng giảm đến 80%

so với TIER I, mức giảm đạt được bằng sử dụng các hệ thống xử lý khí thải thứ cấp lắp trên các động cơ.

### III. XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỘNG CƠ DIESEL GM MOTORI HRM494 BẢNG PHẦN MỀM DIESEL RK

#### A. Đối tượng nghiên cứu

Hệ thống động lực diesel lai hệ thống phanh thủy lực của hãng Giacomo – Ý được trang bị tại Phòng thực hành máy thuộc Viện Hàng hải - Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh với chức năng đo và giám sát các thông số về áp suất cháy cực đại, moment xoắn và nhiều thông số khác của động cơ diesel. Hệ thống phanh đo thủy lực được lai bởi động cơ diesel của Hãng GM Motori Model HRM494, điều khiển tăng giảm tải bằng tay quay thay đổi đóng mở đĩa nhằm thay đổi lượng nước ra vào phanh tương ứng với tải. Thông số kỹ thuật của động cơ HRM494 được mô tả như bảng II.

BẢNG II. THÔNG SỐ ĐỘNG CƠ GM MOTORI HRM494.

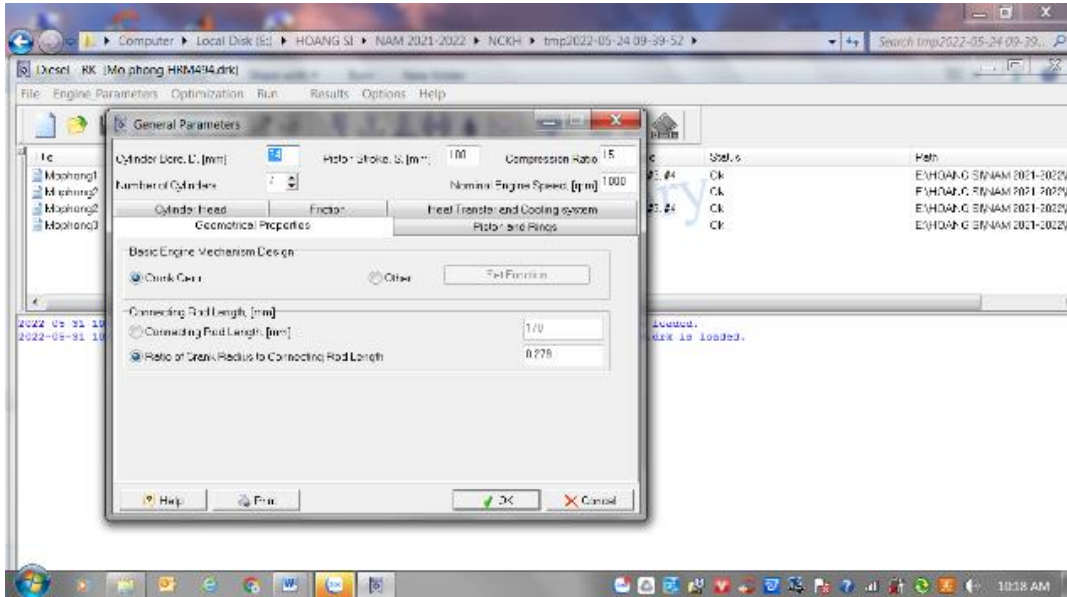
Thông số	Đơn vị	Giá trị
Hãng/Model		GM Motor / HRM494
Loại động cơ		Động cơ 04 kỳ, 04 xi lanh (cylinder) thẳng hàng
Đường kính x hành trình (DxS)	Mm	94 × 100
Thể tích xi lanh	cm <sup>3</sup>	2776
Công suất cực đại @ v/p	KW/rpm	103/3000
Tỷ số nén		15
Xupap (poppet) nạp	Cái	4
Xupap xả	Cái	4
Nhiên liệu sử dụng		Diesel Oil
Đường kính lỗ phun	mm	0,248
Số lỗ phun	Lỗ	3

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Hệ thống đốt nhiên liệu		Phun trực tiếp
Thứ tự nổ		1-3-4-2

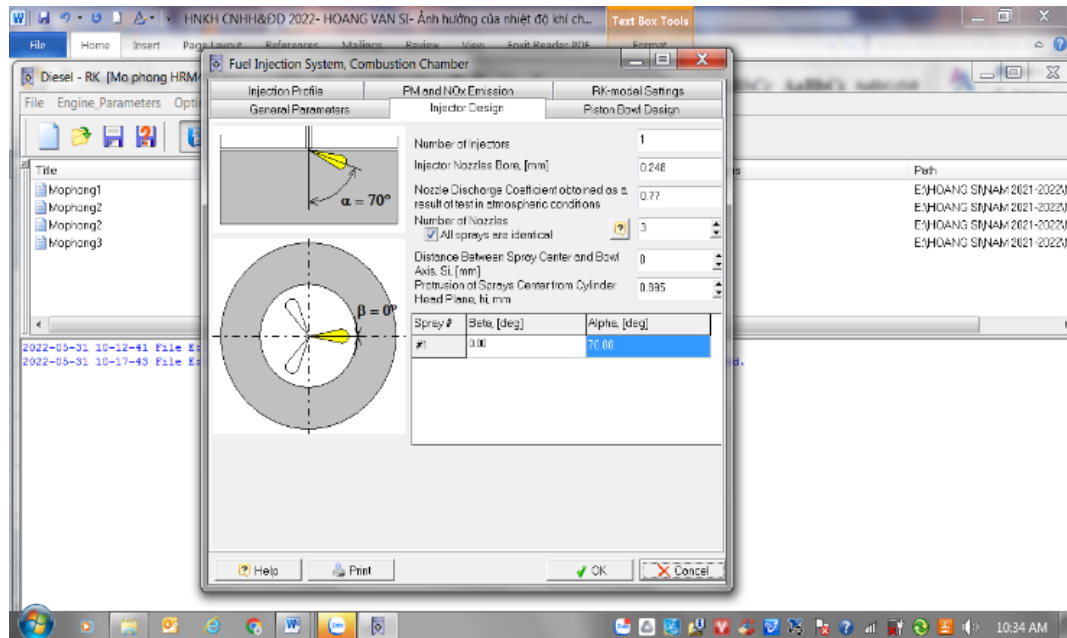
#### IV. MÔ PHỎNG ĐỘNG CƠ GM MOTORI HRM494

Xây dựng mô hình động cơ GM Motori HRM494 trên phần mềm Diesel RK dựa theo các thông số của động cơ trên các module cấu hình chung (hình 1),

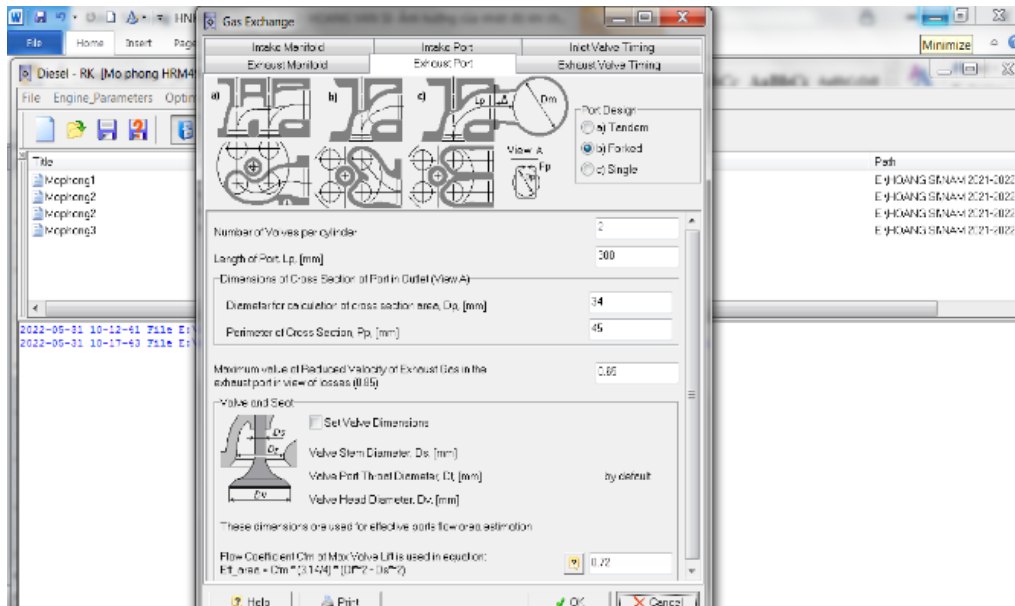
buồng đốt – hệ thống cấp nhiên liệu (hình 2), cơ cấu trao đổi khí (hình 3), thuộc tính nhiên liệu sử dụng (hình 4), cũng như kết cấu kiểu loại tăng áp và chế độ công tác,...



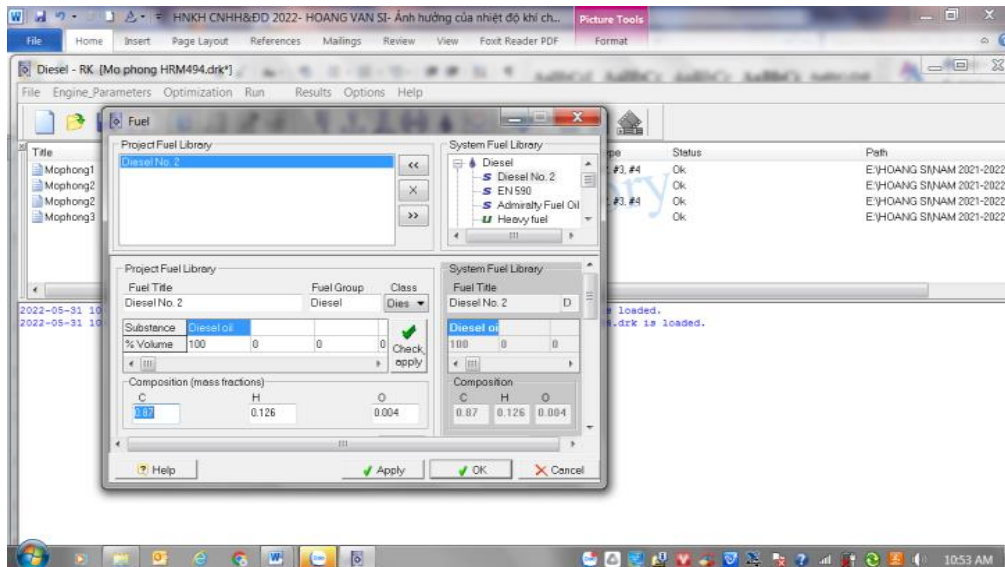
Hình 1. Cấu hình chung của động cơ HRM494.



Hình 2. Buồng đốt, hệ thống nhiên liệu.



Hình 3. Cơ cấu trao đổi khí.

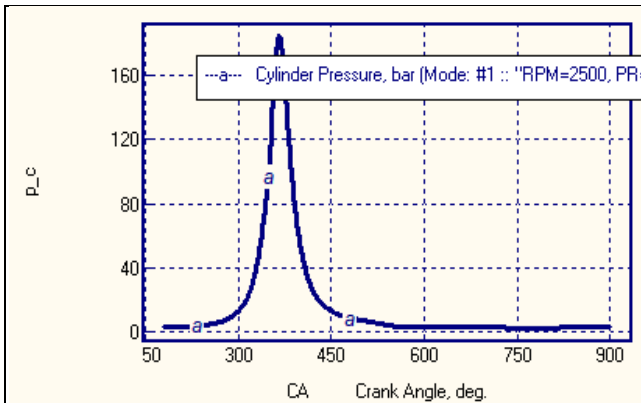


Hình 4. Cơ cấu trao đổi khí.

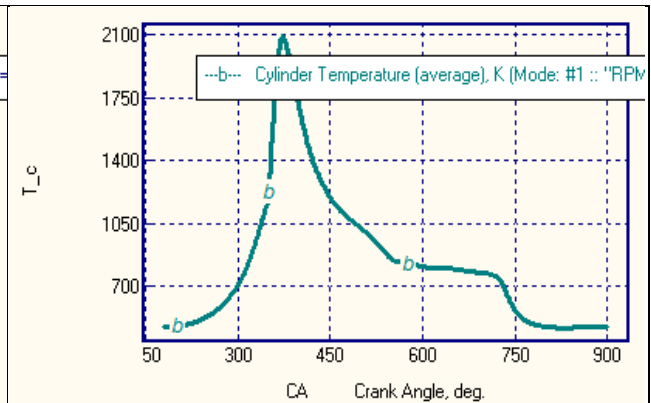
V. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Đồ thị công chỉ thị ( $P_c$ : Áp suất-  $\phi$ : Góc quay trục khuỷu) và ( $T_c$ : Nhiệt độ -  $\phi$ : Góc quay trục khuỷu) được

mô phỏng qua phần mềm Diesel RK như kết quả hình 5 và hình 6 gần như đúng quy luật ở nhiều công trình nghiên cứu chuyên ngành trước đây.

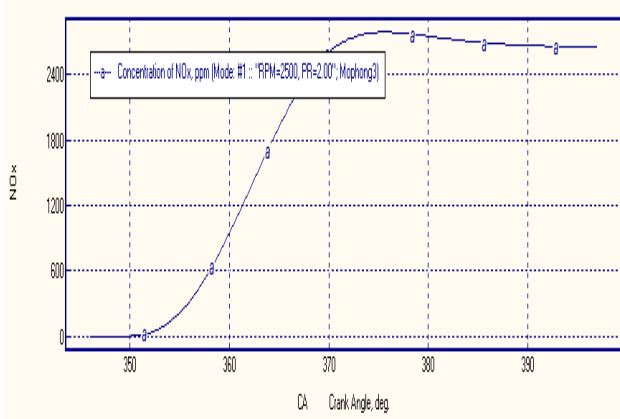


Hình 5. Đồ thị công chỉ thị P- $\phi$ .



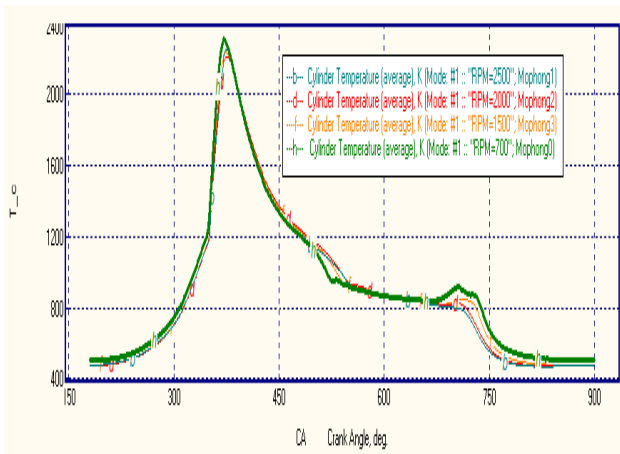
Hình 6. Đồ thị nhiệt T- $\phi$ .

Độc tố khí thải  $\text{NO}_x$  tăng theo góc quay trục khuỷu đúng quy luật và đạt giá trị cực đại 2600 ppm tại  $370^\circ$ gtk tương ứng với nhiệt độ khí thải  $2300^\circ\text{K}$  ở kỳ cháy giãn nở (hình 7).



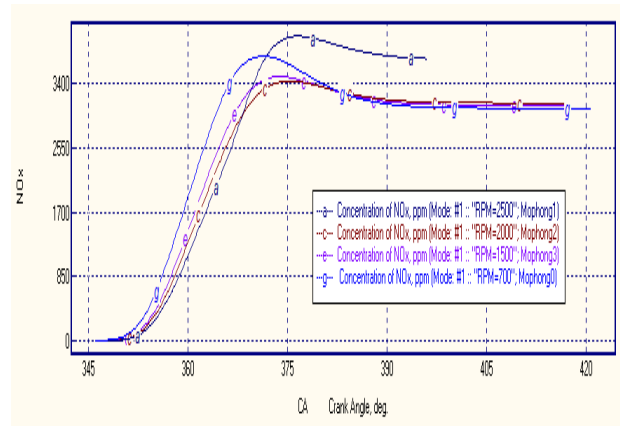
Hình 7. Đồ thị  $\text{NO}_x - \varphi$ .

Theo kết quả mô phỏng (hình 8) nhiệt độ khí nén trong buồng đốt động cơ ở quá trình nén gần như không thay đổi đáng kể khi thay đổi vòng quay động cơ. Tuy nhiên, ở giai đoạn cháy giãn nở, nhiệt độ khí cháy bắt đầu có sự thay đổi, điều này ảnh hưởng đến cơ chế hình thành độc tố khí thải.



Hình 8. Đồ thị  $T_c - \varphi$  khi thay đổi vòng quay động cơ.

Khi thay đổi vòng quay động cơ từ 700 vòng/phút đến 2500 vòng/phút, giá trị độc tố khí thải thay đổi theo xu hướng với mức độ tăng dần và đạt giá trị khác nhau ở các góc quay trục khuỷu khác nhau, trong dãy vòng quay khảo sát, tại chế độ vòng quay 2500 vòng/phút, giá trị  $\text{NO}_x$  lớn nhất (xấp xỉ 4000 ppm). Trong khi đó với vòng quay 700 vòng/phút, giá trị  $\text{NO}_x$  không ở mức thấp nhất, điều đó có nghĩa mức độ độc tố  $\text{NO}_x$  phụ thuộc rất lớn vào tốc độ động cơ, mặc dù nhiệt độ khí cháy thay đổi khá ít nhưng giá trị độc tố đã thay đổi đáng kể (hình 9).



Hình 9. Nồng độ  $\text{NO}_x - \varphi$  khi thay đổi vòng quay động cơ (thay đổi  $T_c$ ).

## VI. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu các đồ thị đặc tính động cơ diesel HRM494 trên, nồng độ  $\text{NO}_x$  phụ thuộc trực tiếp vào lượng nhiên liệu cung cấp cho chu trình, nên khi tăng lượng cấp nhiên liệu, đồng nghĩa việc tăng vòng quay động cơ, làm cho áp suất cháy  $P_c$  tăng, dẫn đến tăng nhiệt độ khí cháy  $T_c$ , làm cho nồng độ  $\text{NO}_x$  tăng. Tuy nhiên, nồng độ  $\text{NO}_x$  không tăng tuyến tính theo nhiệt độ mà tùy thuộc vào từng dãy nhiệt độ khác nhau, hàm lượng độc tố khí thải có giá trị khác nhau. Chính vì thế, người vận hành cần xác định dãy vòng quay phù hợp để khai thác nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường do khí thải động cơ diesel gây ra, đây là việc rất cần thiết.

Trong khuôn khổ nghiên cứu, bài báo chưa trình bày nội dung ảnh hưởng của nhiệt độ khí thải đến các độc tố khác như  $\text{SO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HC}$ .... Các vấn đề này, nhóm tác giả sẽ đề cập trong các nghiên cứu tiếp theo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. V. Sĩ, L. V. Vang, “Động cơ diesel tàu thủy 2,” trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam, 2021.
  - [2] J. B. Heywood, “Internal Combustion Engine Fundamentals”, 2<sup>nd</sup> Edition, NY, USA: McGraw Hill Book Co., 1988.
  - [3] T. Kuwahara, et al., “Effect of Exhaust Gas Temperature on Oxidation of Marine Diesel Emission Particulates with Nonthermal-Plasma-Induced Ozone,” Taylor & Francis Online, vol. 37, no. 6, 2015. DOI:10.1080/01919512.2015.1060881
- V. Kumbhar, A. Pandey, A. Varghese, “Effect of fuel injection nozzle hole diameter on Emissions of CAT 3401 Diessel Engine Using CONVERGE™ CFD code”, International Journal of Engineering and Advanced Technology, vol.8, issue 6, pp. 927-932. 2019. DOI:10.35940/ijeat.f8231.088619.

- [4] A. Rhaodad, A. Khalid, N. Sharifhatul, A. Sapit, N. Jaat, "The effect of nozzle diameter, injection pressure and ambient temperature on spray characteristics in diesel engine," *Journal of Physics*, vol. 822, no. 1, 2017. DOI:10.1088/1742-6596/822/1/012039.
- [5] IMO, "Prevention of Air Pollution from Ships," MARPOL VI, 2019. Available: [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Air-Pollution.aspx?zarsrc=30&utm\\_source=zalo&utm\\_medium=zalo&utm\\_campaign=zalo](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Air-Pollution.aspx?zarsrc=30&utm_source=zalo&utm_medium=zalo&utm_campaign=zalo). Accessed on: 8/3/2022.
- [6] DIESEL-RK, "DIESEL-RK is an engine simulation tool". Available: <https://diesel-rk.bmstu.ru/Eng/index.phphttps://diesel-rk.bmstu.ru/Diesel RK>. Accessed on: 8/3/2022.