

# NGHIÊN CỨU NÂNG CAO TÍNH NĂNG KINH TẾ KỸ THUẬT VÀ PHÁT THẢI CỦA ĐỘNG CƠ RV165 THÔNG QUA CẢI TIẾN KẾT CẤU

RESEARCH TO ENHANCE ENGINEERING FEATURES AND EMISSIONS OF RV165 ENGINE BY IMPROVEMENT OF INTAKE MANIFOLD STRUCTURE

Nguyễn Tuấn Nghĩa<sup>1</sup>, Nguyễn Phi Trường<sup>1</sup>, Trịnh Đắc Phong<sup>1</sup>,  
Nguyễn Huy Chiến<sup>1</sup>, Lê Văn Anh<sup>1</sup>, Khổng Vũ Quảng<sup>2</sup>,  
Lê Mạnh Tới<sup>2</sup>, Lê Đăng Duy<sup>2</sup>, Nguyễn Duy Tiến<sup>2,\*</sup>

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.015>

## TÓM TẮT

Ở nước ta hiện nay, xu hướng cơ giới hóa nông nghiệp đã làm cho số lượng động cơ diesel máy nông nghiệp tăng nhanh cả về số lượng và chủng loại. Tuy nhiên các động cơ này có các tính năng kinh tế kỹ thuật chưa cao, đặc biệt là mức phát thải cao gây nhiễm môi trường không khí, ảnh hưởng đến sức khỏe của con người và môi trường. Đã có nhiều giải pháp được áp dụng nhằm cải thiện các thông số này của động cơ, trong đó cải tiến kết cấu đường nạp là một trong những giải pháp đơn giản nhưng mang lại hiệu quả đáng kể. Nội dung bài báo sẽ sử dụng kết hợp giữa phần mềm mô phỏng Ansys-ICE và AVL-Boost để nghiên cứu đánh giá mức độ cải thiện các tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải độc hại của động cơ khi tiến hành cải tiến đường nạp của động cơ diesel RV 165. Kết quả nghiên cứu cho thấy động cơ cải tiến đã có lượng phát thải CO và PM giảm 7,48% và 12,17% so với kết cấu nguyên bản.

**Từ khóa:** Động cơ diesel, cải tiến đường nạp, phát thải độc hại.

## ABSTRACT

In our country today, the trend of agricultural mechanization has made the number of diesel engines for agricultural machines increase rapidly in both quantity and type. However, these engines have low engineering feature, especially high emission levels which causing air pollution, affecting the health of the community. Many methods have been considered to reduce engine emissions, among which improving the intake manifold profile is a promising research direction. This paper will use the simulation software Ansys-ICE and AVL-Boost to study and evaluate the enhancement of engineering feature and toxic emissions when improving the intake manifold of the RV165 diesel engine. Research results show that the improved engine has reduced CO and PM emissions by 7.48% and 12.17% compared to the original structure

**Keywords:** Diesel engine, improved intake manifold, toxic emissions.

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

\*Email: tien.nguyenduy@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/8/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 22/10/2022

Ngày chấp nhận đăng: 24/02/2023

## 1. MỞ ĐẦU

Sau gần 40 năm đổi mới, nền nông nghiệp nước ta đã có những bước phát triển đáng kể, đưa Việt Nam từng bước trở thành một trong những nước sản xuất và xuất khẩu nông sản hàng đầu thế giới. Để nâng cao hơn nữa năng suất, chất lượng và giá trị các nông sản, trong những năm vừa qua Đảng và Nhà nước ta đã có những chính sách khuyến khích, thúc đẩy quá trình cơ giới hóa trong sản xuất, chế biến nhằm từng bước hướng tới một nền nông nghiệp hàng hóa, hiện đại, phát triển bền vững.

Trong quá trình cơ giới hóa, động cơ diesel một xylanh đang là nguồn động lực phổ biến sử dụng trong nhiều công đoạn sản xuất như: máy cày, bừa, gặt, tuốt lúa, máy bơm nước, máy say sất... Tuy nhiên các động cơ này thường sử dụng các công nghệ đơn giản (hệ thống nhiên liệu sử dụng bơm cơ khí thông thường, làm mát bốc hơi, bôi trơn vung té...) nên các tính năng kinh tế, kỹ thuật của động cơ không cao, đặc biệt trong quá trình hoạt động còn sinh ra một lượng đáng kể các phát thải độc hại như NO<sub>x</sub>, CO, HC và PM.

Nhiều giải pháp đã được các nhà khoa học trong nước thực hiện nhằm từng bước nâng cao công suất, giảm tiêu thụ nhiên liệu và phát thải độc hại của nhóm động cơ này như thay đổi kết cấu vòi phun [1], thay đổi thời điểm phun và áp suất phun [2], cải tiến biên dạng cam nhiên liệu [3], cải tiến hệ thống nạp thải [4], cải tiến đỉnh piston và hình dạng buồng cháy [5]... Trong các giải pháp này cải tiến đường nạp là một trong những giải pháp đơn giản nhưng mang lại hiệu quả trong việc nâng cao hệ số nạp, cải thiện quá trình hòa trộn hỗn hợp, từ đó cải thiện chất lượng quá trình cháy, tăng công suất và giảm phát thải độc hại.

Nội dung bài báo này sẽ trình bày kết quả so sánh đối chứng các tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ khi sử dụng đường nạp nguyên bản và đường nạp cải tiến của động cơ RV165 trên phần mềm Ansys-ICE và AVL-Boost. Các kết quả đạt được sẽ là cơ sở để nhóm nghiên

cứ thực hiện các nghiên cứu cải tiến tiếp theo nhằm từng bước nâng cao công suất, giảm tiêu thụ nhiên liệu và phát thải độc hại của nhóm động cơ này.

**2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU**

**2.1. Động cơ và trình tự nghiên cứu**

Đối tượng nghiên cứu được lựa chọn là động cơ RV165, đây là động cơ 4 kỳ, 1 xylanh nằm ngang được sản xuất bởi Vikyno Việt Nam, các thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ RV165

Loại	4 kỳ, 1 xylanh, nằm ngang
Đường kính x hành trình pittông (mm)	110 x 100
Thể tích xylanh (cm <sup>3</sup> )	950
Công suất định mức (Mã lực/vòng/phút)	14,5/2.200
Suất tiêu thụ nhiên liệu (g/Mã lực/giờ)	185
Tỉ số nén	20
Hệ thống làm mát	Đối lưu tự nhiên
Hệ thống đốt nhiên liệu	Phun trực tiếp
Hệ thống khởi động	Tay quay
Trọng lượng (kg)	180
Kích thước: Dài - Rộng - Cao (mm)	871 - 453 - 625

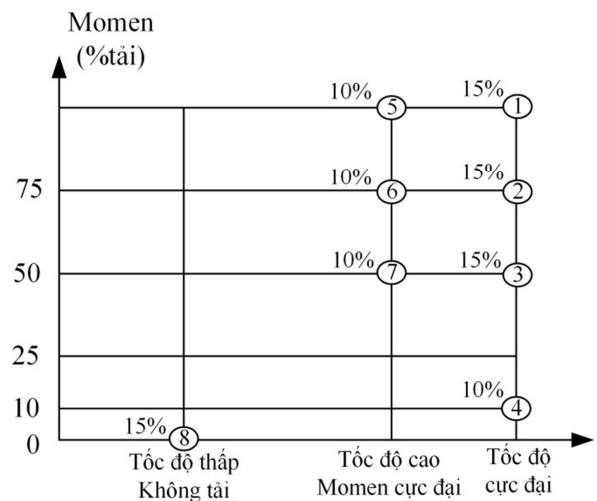
Trình tự nghiên cứu được thực hiện theo hai bước:

+ Bước 1: So sánh đánh giá các thông số của quá trình nạp trong động cơ khi trang bị đường nạp nguyên bản (NB) và đường nạp cải tiến (CT). Quá trình nghiên cứu sẽ được thực hiện trên phần mềm Ansys-ICE. Thông qua quá trình mô phỏng sẽ xác định và so sánh đánh giá hệ số nạp của động cơ với hai kết cấu đường nạp nêu trên tại các chế độ làm việc. Các kết quả này sẽ là cơ sở để tiến hành các nghiên cứu tiếp theo ở bước 2.

+ Bước 2: Trên cơ sở hệ số nạp đã xác định ở bước 1, xây dựng mô hình mô phỏng động cơ trên phần mềm AVL-Boost, so sánh đánh giá tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ khi trang bị đường nạp nguyên bản và đường nạp cải tiến.

Bảng 2. Chế độ thử nghiệm và hệ số trọng lượng theo chu trình thử ISO 8178-4C1

Mode	Tốc độ	Mô men xoắn (%)	Hệ số trọng lượng
1	Tốc độ định mức	100	0,15
2		75	0,15
3		50	0,15
4		10	0,1
5	Tốc độ ứng với mô men lớn nhất	100	0,1
6		75	0,1
7		50	0,1
8	Tốc độ không tải	0	0,15

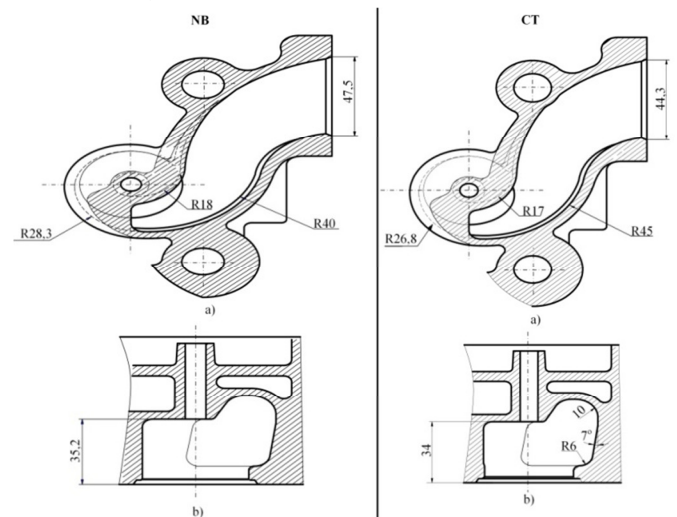


Hình 1. Sơ đồ thể hiện các chế độ thử nghiệm và trọng số tương ứng của chu trình thử ISO 8178-4C1

Quá trình so sánh đánh giá sẽ được thực hiện theo phương pháp đối chứng ở đường đặc tính ngoài và theo chu trình thử ISO 8178-4C1, đây là chu trình thử tiêu chuẩn áp dụng rộng rãi cho động cơ không sử dụng trên các phương tiện giao thông (nonroad or ofroad engines). Chế độ thử nghiệm theo chu trình thử ISO 8178-4C1 được miêu tả trong bảng 2 và hình 1, trong đó dựa trên các thông số kỹ thuật của động cơ (bảng 1) tốc độ không tải được lựa chọn là 1000v/ph, tốc độ đạt  $M_{emax}$  là 1600v/ph và tốc độ định mức là 2200v/ph.

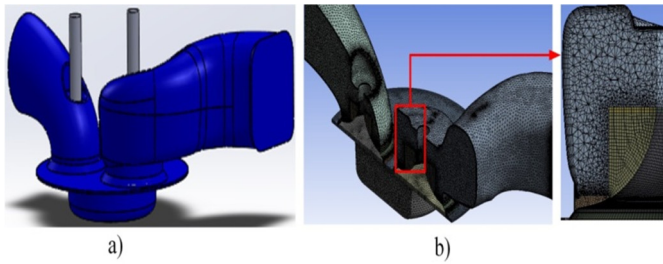
**2.2. Mô phỏng quá trình nạp của động cơ bằng phần mềm Ansys-ICE**

**2.2.1. Xây dựng mô hình mô phỏng**



Hình 2. Kết cấu đường đường nạp ứng với hai trường hợp nguyên bản (NB) và cải tiến (CT)

Dựa trên các thông số kích thước đường nạp động cơ RV165 cũng như phân tích thực tế, đường nạp cải tiến được xây dựng trên cơ sở đường nạp nguyên bản trong đó có điều chỉnh độ cong đường nạp kết hợp với cải tiến biên dạng hòng nạp (hình 2).

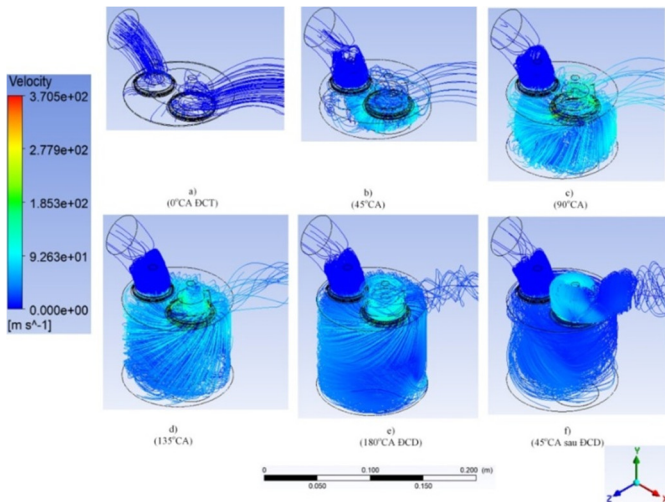


Hình 3. Mô hình 3D (a) và chia lưới động cơ RV165 (b)

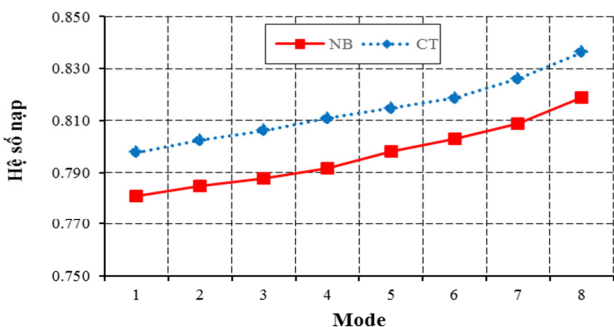
Từ các thông số kích thước đường nạp nguyên bản cũng như các kích thước cải tiến, tiến hành xây dựng mô hình 3D hai đường nạp nguyên bản và cải tiến trên Solid work, tiếp theo chuyển sang Ansys-ICE để tiến hành chia lưới và chạy mô phỏng (hình 3).

**2.2.2. Kết quả mô phỏng**

Hình 4 thể hiện vận tốc của dòng khí đi vào xy lanh trong quá trình nạp. Có thể thấy tốc độ chuyển động của không khí trong xy lanh thay đổi dần theo chu trình lên xuống của piston (từ khi xu páp nạp mở đến khi xu páp nạp đóng). Biểu đồ màu sắc của các đường thể hiện độ lớn của trường vận tốc trong xy lanh, từ hình 4c có thể nhận thấy rằng vận tốc trung bình dòng chảy khí nạp đạt cực đại khi piston đi được khoảng nửa hành trình của quá trình nạp. Ngoài ra, có thể nhận thấy xuất hiện chuyển động rối-xoáy của dòng không khí trong xy lanh động cơ.



Hình 4. Phân bố vận tốc quá trình nạp trong xy lanh

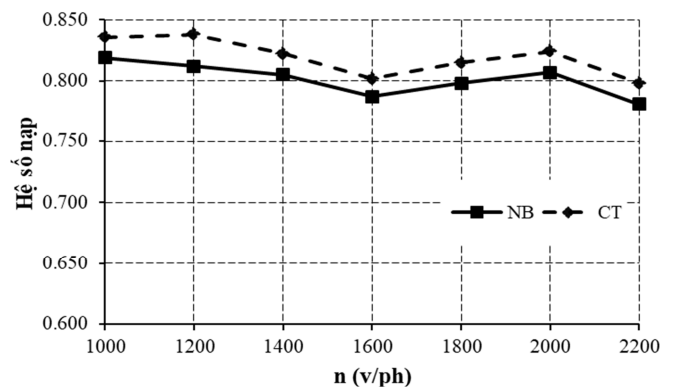


Hình 5. Hệ số nạp của động cơ theo chu trình ISO 8178-4C1

Hình 5 thể hiện kết quả mô phỏng hệ số nạp ( $\eta_v$ ) ứng với hai trường hợp đường nạp nguyên bản và cải tiến của động cơ theo các chế độ làm việc (Mode) của chu trình thử ISO 8178-4C1. Kết quả cho thấy hệ số nạp trong trường hợp cải tiến đều cao hơn so với trường hợp nguyên bản tại tất cả các Mode trong chu trình thử. Cụ thể,  $\eta_v$  tăng cao nhất là 2,41% tại tốc độ 2200v/ph và tăng trung bình 2,18% trên toàn bộ 8 mode thử nghiệm.

Hình 6 thể hiện kết quả hệ số nạp  $\eta_v$  theo đặc tính tốc độ động cơ, ta có thể thấy rằng  $\eta_v$  tỷ lệ nghịch với tốc độ động cơ trong cả hai trường hợp nguyên bản và cải tiến. Hệ số nạp trong trường hợp cải tiến đều lớn hơn so với đường nạp nguyên bản của động cơ, ngoài ra  $\eta_v$  có giá trị lớn nhất khi động cơ làm việc tại tốc độ thấp 1200v/ph và có giá trị nhỏ nhất khi động cơ làm việc tại 2200v/ph.

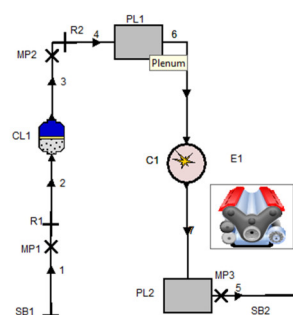
Tăng hệ số nạp sẽ giúp cải thiện chất lượng quá trình cháy qua đó nâng cao công suất, giảm tiêu thụ nhiên liệu và phát thải độc hại của động cơ. Ngoài ra, các kết quả khảo sát hệ số nạp này sẽ là điều kiện biên đầu vào cho mô hình mô phỏng động cơ trên phần mềm AVL-Boost để đánh giá tính năng kinh tế - kỹ thuật cũng như phát thải ứng với 2 trường hợp biên dạng đường nạp khác nhau.



Hình 6. Hệ số nạp theo đặc tính tốc độ động cơ

**2.3. Mô phỏng động cơ trên phần mềm AVL-Boost**

**Xây dựng mô hình**



Tên phần tử	Kí hiệu
Động cơ	E
Xy lanh	C
Lọc gió	CL
Bình tiêu âm	PL
Các điểm đo	MP
Phần tử cản	R
Điều kiện biên	SB

Hình 7. Mô hình mô phỏng động cơ RV165 trên phần mềm AVL Boost

Dựa trên các thông số kết cấu và các nguồn tài liệu liên quan, mô hình mô phỏng của động cơ RV165 trên phần mềm AVL-Boost được thể hiện trên hình 7.

- Cơ sở lý thuyết mô phỏng quá trình làm việc của động cơ trên AVL-Boost được dựa trên phương trình bảo toàn

năng lượng theo định luật nhiệt động học 1. Quá trình truyền nhiệt từ buồng cháy ra xung quanh được dựa trên mô hình truyền nhiệt qua thành vách với hệ số truyền nhiệt được tính theo mô hình Woschni 1978. Mô hình cháy được lựa chọn là mô hình AVL MCC sử dụng cho động cơ diesel phun trực tiếp (DI engine).

- Mô hình phát thải sẽ tính toán dựa trên các cơ sở sau:

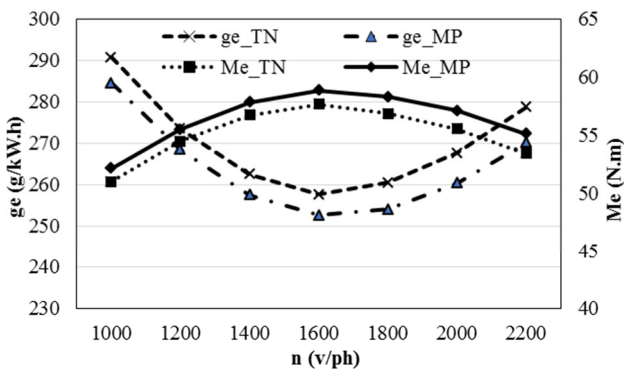
+ CO là sản phẩm của quá trình cháy thiếu O<sub>2</sub>. Hàm lượng phát thải CO được tính toán theo H.A.M Knoef, và Valério, et al [6].

+ Cơ chế hình thành NO<sub>x</sub> được dựa trên cơ sở lý thuyết của Patta và Hafner [7]. Quá trình hình thành NO<sub>x</sub> được thể hiện qua sáu phương trình phản ứng theo cơ chế Zeldovich. Các hệ số của chuỗi phương trình được tính toán theo các thông số làm việc của động cơ như tốc độ, lượng nhiên liệu, áp suất, nhiệt độ, hệ số dư lượng không khí λ, thời gian cũng như số vùng cháy.

+ Thành phần phát thải dạng hạt (PM) có thể xác định dựa trên hai cấu thành chính trong PM của động cơ diesel là muội than (soot) và các hydrocarbon không cháy được hấp phụ trên bề mặt của soot. Ngoài ra, trong thành phần của PM còn có thể có sunfates và hàm lượng rất nhỏ các chất như nitro dioxit, kẽm... hấp phụ trên bề mặt soot. Phát thải soot thường được xác định dựa theo cơ chế được đề xuất bởi Hiroyasu và cộng sự [8]. Cơ chế này còn được gọi là cơ chế hai bước, mô tả sự hình thành và oxy hoá của các phân tử bồ hóng bởi hai hoặc nhiều phản ứng.

+ Do hàm lượng phát thải HC của động cơ diesel nói chung là rất nhỏ nên trong nghiên cứu này, mô hình cháy của động cơ (mô hình MCC) bỏ qua thành phần phát thải HC.

**2.4. Hiệu chỉnh mô hình mô phỏng**



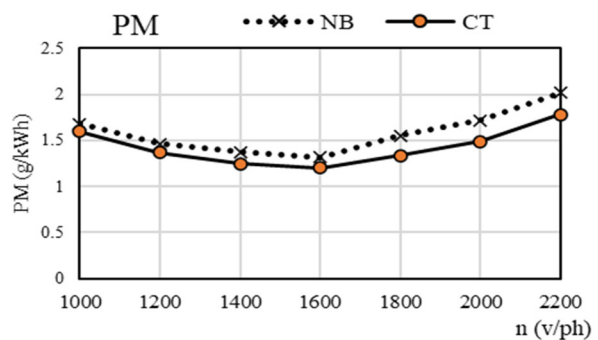
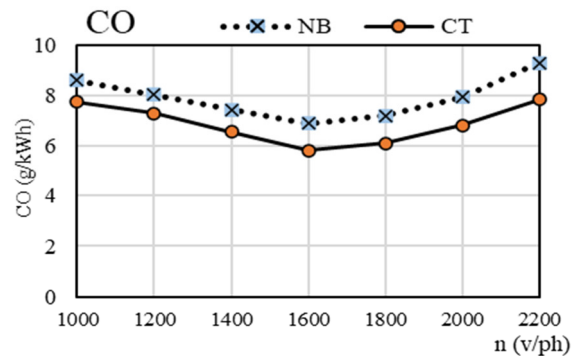
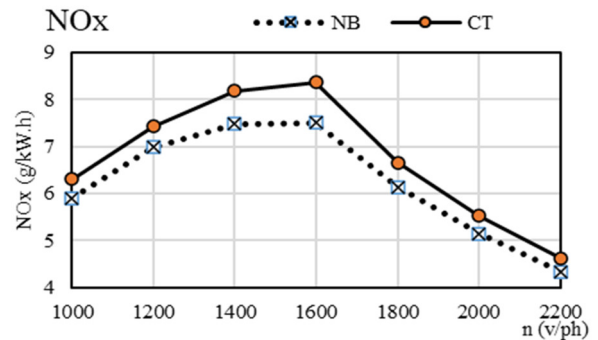
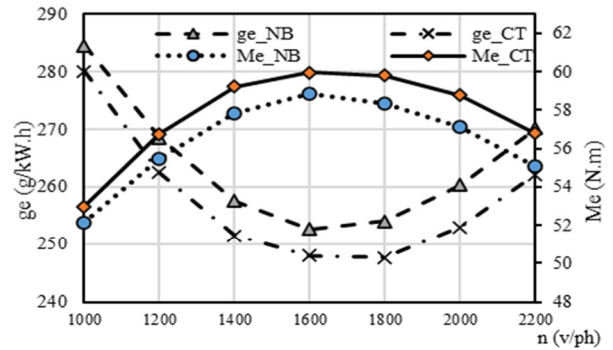
Hình 8. Mô men và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ giữa mô phỏng và thực nghiệm

Để đảm bảo độ tin cậy của mô hình, mô hình mô phỏng động cơ RV165 trên AVL-Boost sẽ được hiệu chỉnh nhằm đảm bảo sai lệch kết quả của mô men (Me) và suất tiêu hao nhiên liệu (ge) tại đặc tính ngoài giữa mô phỏng và thực nghiệm nhỏ hơn 5%. Kết quả hiệu chỉnh được thể hiện trên Hình 8, xét trung bình trên toàn đặc tính sai lệch mô men và suất tiêu hao nhiên liệu giữa mô phỏng và thực tế lần

lượt là 2,36% và -2,31%. Các sai lệch này đều nhỏ hơn 5% do vậy mô hình mô phỏng động cơ RV165 đã được hiệu chỉnh đảm bảo độ tin cậy cần thiết.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. So sánh các tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ khi sử dụng đường nạp nguyên bản và đường nạp cải tiến ở đặc tính ngoài**



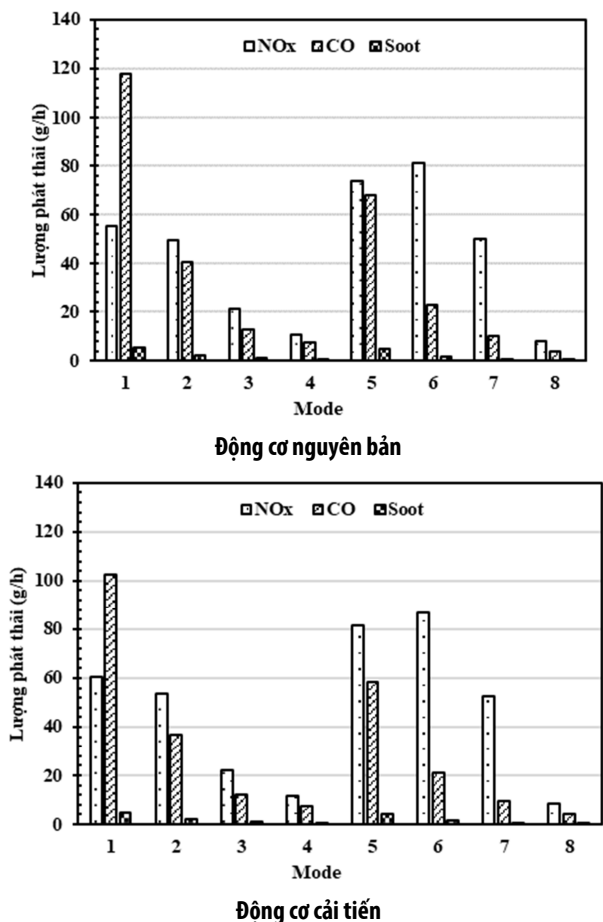
Hình 9. Các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ tại đặc tính ngoài khi trang bị đường nạp nguyên bản và đường nạp cải tiến

Hình 9 thể hiện các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ tại đặc tính ngoài khi trang bị đường nạp nguyên bản và cải tiến. Xét trung bình trên toàn đặc tính so với trường hợp trang bị đường nạp nguyên bản, khi trang bị đường nạp cải tiến mô men động cơ tăng trung bình 2,40%, suất tiêu thụ nhiên liệu giảm 2,34%. Đối với các thành phần phát thải mức thay đổi lần lượt là CO giảm 13,00%, PM giảm 9,80% còn NO<sub>x</sub> tăng 8,08%

**3.2. So sánh phát thải của động cơ khi sử dụng đường nạp nguyên bản và đường nạp cải tiến khi thử nghiệm theo chu trình thử ISO 8178-C1**

Mô hình cháy MCC bỏ qua thành phần khí thải HC nên lượng phát thải PM được xác định theo kinh nghiệm (thành phần soot). Thông thường trong PM của động cơ chứa 40% dầu bôi trơn; 31% muội than (soot); 14% muối sunfat ngậm nước; 7% nhiên liệu diesel; 8% các loại còn lại [9]. Vì vậy, lượng phát thải PM sẽ được xác định gần đúng qua công thức  $PM = soot/0,31$ .

Kết quả mô phỏng các thành phần phát thải của động cơ với đường nạp nguyên bản và cải tiến theo chu trình thử ISO 8178-C1 được thể hiện trên hình 10. Với 8 mode thử ở tốc độ có công suất lớn nhất (mode 1-4, n = 2200v/ph), tốc độ có mô men lớn nhất (mode 5-7, n = 1600v/ph) và tốc độ không tải (mode 8, n = 1000v/ph).



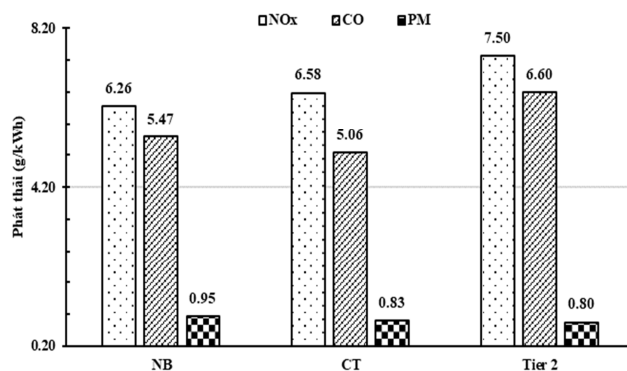
Hình 10. Kết quả mô phỏng các thành phần phát thải của hai động cơ theo ISO 8178-C1

Trên cơ sở hàm lượng phát thải tại từng mode, tiến hành tính phát thải trung bình của chu trình (g/kWh) theo các công thức (1):

$$CO_{TB} = \frac{\sum CO_i \cdot WF_i}{\sum Ne_i \cdot WF_i} \quad NO_{xTB} = \frac{\sum NO_{xi} \cdot WF_i}{\sum Ne_i \cdot WF_i}$$

$$PM_{TB} = \frac{\sum PM_i \cdot WF_i}{\sum Ne_i \cdot WF_i} \quad (1)$$

Trong đó:  $WF_i$  là trọng số tại mode thứ  $i$  (hình 1);  $Ne_i$  là công suất tại mode  $i$  (kW);  $CO_i$ ,  $NO_{xi}$ ,  $PM_i$  là phát thải tương ứng tại mode thứ  $i$  (g/h),  $i = 1 \div 8$ .



Hình 11. So sánh mức phát thải trung bình của hai động cơ giá trị tiêu chuẩn

Kết quả tính toán theo chu trình thử ISO 8178-C1 cho thấy khi động cơ sử dụng đường nạp CT, lượng NO<sub>x</sub> thay đổi không nhiều (tăng 5,16%) trong khi hàm lượng CO và PM giảm đáng kể với mức giảm lần lượt là 7,48% và 12,17%. Nguyên nhân là do việc cải thiện hệ số nạp không chỉ giúp giảm công nạp mà còn giúp động cơ làm việc với hỗn hợp nhạt hơn (khi không thay đổi lượng nhiên liệu/chu trình) qua đó giúp cải thiện quá trình đốt cháy nhiên liệu, nâng cao công suất, giảm tiêu thụ nhiên liệu và phát thải độc hại (đặc biệt là tại các chế độ tải lớn như tại mode 1, mode 5).

So với giới hạn mức phát thải theo tiêu chuẩn Tier 2 có thể thấy thành phần PM của động cơ khi trang bị đường nạp CT đã tiệm cận với tiêu chuẩn Tier 2 (cao hơn 0,375%).

**4. KẾT LUẬN**

Bài báo đã trình bày kết quả mô phỏng đánh giá ảnh hưởng của kết cấu đường nạp cải tiến đến các tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ RV165 trên cơ sở kết hợp giữa phần mềm Ansys-ICE và AVL-Boost, các kết quả chính của bài báo như sau:

- Việc điều chỉnh độ cong đường nạp và biên dạng họng nạp giúp tăng hệ số nạp cũng như chuyển động xoáy rối nhằm cải thiện quá trình hòa trộn giữa nhiên liệu và không khí bên trong xylanh động cơ.

- Kết quả mô phỏng trên đường đặc tính ngoài cho thấy việc cải thiện hệ số nạp giúp giảm công nạp, động cơ làm việc với hòa khí "nhạt hơn", cải thiện chất lượng quá trình cháy qua đó giúp mômen động cơ tăng trung bình 2,4%, suất tiêu thụ nhiên liệu giảm 2,34% trên toàn đặc tính.

- Kết quả thử nghiệm theo chu trình ISO 8178-C1 cho thấy lượng phát thải CO và PM giảm đáng kể lần lượt 7,48% và 12,17% so với kết cấu nguyên bản. So với giới hạn mức phát thải theo tiêu chuẩn Tier 2 có thể thấy thành phần PM của động cơ khi trang bị đường nạp CT đã tiệm cận với tiêu chuẩn này.

### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí từ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội thông qua đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường năm 2021. Nhóm nghiên cứu trân thành cảm ơn Trung tâm nghiên cứu Động cơ, nhiên liệu và khí thải của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã hỗ trợ trang thiết bị để nhóm tác giả hoàn thành nghiên cứu này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Dinh Tan Ngoc, Do Van Dung, 2020. *The effect of injector nozzle holes on diesel engine performance*. Journal of Technical Education Science, HCMC University of Technology and Education, Vol. 57.
- [2]. Nguyen Huu Hung, 2014. *Tối ưu góc phun som, áp suất phun và tỷ số nén cho động cơ D243 sau khi thực hiện tăng áp bang tua bin - máy nén bang phân mem AVL - Boost*. Master thesis, Ho Chi Minh City University of Technology, Viet Nam National University - Ho Chi Minh City.
- [3]. Khong Vu Quang, Nguyen Duy Tien, Nguyen Manh Phu, Nguyen The Truc, Dinh Xuan Thanh, Doan Thanh Tuyen, Le Tri Hung, 2020. *Study to improve the fuel cam profile of an one cylinder diesel engine*. Journal of Science and Technology, Hanoi University of Industry, Vol 56 No. 6.
- [4]. Ly Vinh Dat, Le Thanh Quang, Do Tan Thich, 2019. *A study of the effects of swirl and tumble ratios on engine performance in motorbike*. Journal of Technical Education Science, HCMC University of Technology and Education, Vol. 53.
- [5]. Nguyen Le Duy Khai, Nguyen Dac Khanh Hung, 2015. *Influence of combustion chamber geometry on performance and emissions of diesel engine Vikyno RV125-2*. Journal of Science & Techholoby development, Vol.18, Ho.K2.

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

[7]. Lavoie G. A., Heywood J. B., Keck J.C., 1970. *Experimental and Theoretical Study of Nitric Oxide Formation in Internal Combustion Engines*. Combustion Science and Technology, Vol.1, p313-326.

[8]. Hiroyasu H, Kadota T, Arai M., 1983. *Development and use of a spray combustion modeling to predict diesel engine efficiency and pollutant emissions*. Bulletin of the Japan Society of Mechanical Engineers, vol. 26, p569-75.

[9]. Le Viet Hung, Khong Vu Quang, Nguyen Duc Khanh, Pham Van Trong, 2019. *Nghiên cứu mô phỏng đánh giá phát thải độc hại của động cơ máy nông nghiệp RV-165 và động cơ Kubota RT155 theo tiêu chuẩn ISO8178*. Journal of Water Resources and Environmental Engineering, Vietnam.

### AUTHORS INFORMATION

Nguyen Tuan Nghia<sup>1</sup>, Nguyen Phi Truong<sup>1</sup>, Trinh Dac Phong<sup>1</sup>,  
Nguyen Huy Chien<sup>1</sup>, Le Van Anh<sup>1</sup>, Khong Vu Quang<sup>2</sup>, Le Manh Toi<sup>2</sup>,  
Le Dang Duy<sup>2</sup>, Nguyen Duy Tien<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hanoi University of Industry

<sup>2</sup>Hanoi University of Science and Technology