

NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN BIÊN DẠNG CAM NHIÊN LIỆU CHO ĐỘNG CƠ DIESEL 1 XY LANH

STUDY TO IMPROVE THE FUEL CAM PROFILE OF AN ONE CYLINDER DIESEL ENGINE

Khổng Vũ Quảng^{1,*}, Nguyễn Duy Tiến¹, Nguyễn Mạnh Phú¹,
Nguyễn Thế Trực¹, Đinh Xuân Thành², Đoàn Thành Tuyên¹, Lê Trí Hùng³

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu cải tiến biên dạng cam nhiên liệu để nâng cao tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ diesel 1 xy lanh. Các nghiên cứu được thực hiện trên động cơ diesel 1 xy lanh RV-165 với biên dạng cam nhiên liệu được thay đổi. Quá trình nghiên cứu được thực hiện trên phần mềm AVL-Boost kết hợp với AVL-Hydsim. Kết quả nghiên cứu cho thấy tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ được cải thiện khi biên dạng cam nhiên liệu được cải tiến. Kết quả nghiên cứu này sẽ là cơ sở quan trọng cho quá trình thiết kế cải tiến biên dạng cam nhiên liệu của động cơ RV-165.

Từ khóa: Động cơ diesel; hệ thống nhiên liệu; biên dạng cam nhiên liệu.

ABSTRACT

The paper presents the research results to improve fuel cam profile to improve economic and technical features and emissions of 1 cylinder diesel engine. The studies were carried out on RV-165 single cylinder diesel engine with modified fuel cam profile. The research was conducted on AVL-Boost software in combination with AVL-Hydsim. The results show that the economic and technical performance and engine emissions are improved when the fuel cam profile is improved. The outcomes of this study will be an important basis for the design process to improve the fuel cam profile of the RV-165 engine.

Keywords: Diesel engine; fuel system; fuel cam profile.

¹Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Tổng công ty Máy Động lực và Máy Nông nghiệp Việt Nam

*Email: quang.khongvu@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 02/6/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 30/7/2020

Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2020

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Theo báo cáo của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (NN&PTNT), từ 2011 đến nay, cơ giới hóa các khâu trong sản xuất nông nghiệp tăng nhanh, ví dụ: số lượng máy kéo tăng 48%; máy gặt đập liên hợp tăng 79%,... Đến nay trang bị động lực bình quân trong sản xuất nông nghiệp cả nước đạt khoảng 2,4HP/ha canh tác [1]. Do vậy, trong những năm qua nhu cầu về động cơ công suất nhỏ từ 6 đến 30HP là rất lớn, khoảng 120.000 động cơ mỗi năm và tăng trưởng hàng năm từ 5 ÷ 10% [2]. Tuy nhiên động cơ diesel do Tổng công ty

Máy động lực và Máy nông nghiệp Việt Nam (VEAM) sản xuất mới chỉ chiếm khoảng 20% thị phần, còn lại là 70% Trung Quốc và 10% là của các nước khác.

Mặc dù động cơ Trung Quốc đang chiếm lượng lớn ở thị trường Việt Nam nhờ giá thành rẻ, tuy nhiên vẫn không chiếm được lòng tin của người tiêu dùng, bởi còn tồn tại nhiều nhược điểm, như tiêu hao nhiên liệu lớn, động cơ làm việc không ổn định và thường xuyên phải sửa chữa, tuổi thọ kém, phát thải cao. Còn động cơ của Nhật Bản và Thái Lan có suất tiêu hao nhiên liệu thấp (170 ÷ 190g/HP.h), động cơ làm việc ổn định, tuổi thọ cao, nhưng giá thành đắt. Trong khi đó động cơ diesel do VEAM sản xuất có tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải tốt hơn động cơ Trung Quốc nhưng không bằng động cơ của Nhật Bản và Thái Lan [3], tuy nhiên giá thành chưa thực sự có tính cạnh tranh, do vậy thị phần ngay trên thị trường Việt Nam vẫn bị hạn chế.

Hơn nữa, trong thời gian tới cơ quan nhà nước sẽ đưa ra và áp dụng tiêu chuẩn phát thải cho máy nông nghiệp để giảm thiểu phát thải độc hại do động cơ máy nông nghiệp gây ra cũng như làm hàng rào kỹ thuật để kiểm soát động cơ ngoại nhập. Đây có thể được coi là một trong những hạn chế trong việc chủ động tăng mức độ cơ giới hóa trong sản xuất nông nghiệp tới 80 ÷ 100% và trang bị động lực đạt tới 5 ÷ 6HP/ha như mục tiêu Bộ NN&PTNT đặt ra đến năm 2030 [1]. Đây là cơ hội thuận lợi và cũng là thách thức để VEAM nghiên cứu phát triển động cơ diesel và mở rộng thị phần của mình tại thị trường Việt Nam trong thời gian tới.

Để nâng cao chất lượng cũng như hướng đến xuất khẩu động cơ diesel do VEAM sản xuất sang các nước trong khu vực Đông Nam Á, Trung Đông và Ấn Độ có tiêu kỹ thuật và phát thải cao hơn. Do đó, trong thời gian qua VEAM đã liên kết với các nhà khoa học để thực hiện nhiều nghiên cứu và đề xuất nhiều giải pháp phát triển động cơ, như cải tiến hệ thống nhiên liệu, thiết kế lại đường nạp, nhằm nâng cao tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải động cơ diesel 1 xy lanh sản xuất tại Việt Nam [4÷7]. Tuy nhiên các giải pháp này vẫn còn một số hạn chế và tính khả thi chưa cao nên khi triển khai sẽ gặp nhiều khó khăn, đặc biệt khi áp dụng giá thành khó có thể cạnh tranh với các sản phẩm cùng loại của nước ngoài. Hơn nữa, quá trình thiết kế cải tiến động

cơ 1 xylanh hiện nay vẫn chưa thực sự đầy đủ và đồng bộ giữa các hệ thống trên động cơ, như hệ thống nhiên liệu, hệ thống nạp thải, kết cấu buồng cháy, hệ thống làm mát và bôi trơn. Chính vì vậy tính năng kinh tế kỹ thuật chưa được cải thiện đáng kể, trong khi phát thải của các động cơ này vẫn ở mức khá cao nếu so với các tiêu chuẩn phát thải đang áp dụng cho các động cơ diesel sử dụng trong nông nghiệp [8].

Để giải quyết một phần các hạn chế và vướng mắc nêu trên, nhóm nghiên cứu đã sử dụng kết hợp phần mềm AVL-Boost với AVL-Hydsim để nghiên cứu đánh giá mức độ ảnh hưởng của biên dạng cam nhiên liệu đến tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ RV-165 và lựa chọn biên dạng cam hợp lý cho động cơ này. Các kết quả nghiên cứu đã cho thấy, biên dạng cam nhiên liệu ảnh hưởng nhiều đến tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải động cơ, nếu sử dụng cam nhiên liệu có biên dạng hợp lý thì sẽ cải thiện được tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ RV-165. Các kết quả nghiên cứu này sẽ là cơ sở quan trọng cho quá trình thiết kế cải tiến biên dạng cam nhiên liệu của động cơ RV-165.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Hiện nay, phun nhiên liệu trực tiếp với áp suất cao vào trong xylanh được áp dụng phổ biến trên các động cơ diesel sử dụng trong nông nghiệp, nhờ đó điều kiện hòa trộn và tạo hỗn hợp được thuận lợi hơn so với phun gián tiếp. Mặt khác, nhờ phát triển công nghệ gia công chế tạo hiện nay, biên dạng cam nhiên liệu có xu hướng chuyển sang sử dụng cam lõm không đối xứng thay cho cam tiếp tuyến hoặc cam lồi đối xứng mở rộng cung đỉnh, nên cho quy luật cấp nhiên liệu kiểu bậc thang. Do đó, quá trình hình thành hỗn hợp và chất lượng quá trình cháy đã được cải thiện đáng kể so với các động cơ sử dụng buồng cháy ngăn cách và phun gián tiếp. Tuy nhiên để phát huy các ưu điểm của hệ nhiên liệu này, cần phải có các nghiên cứu đánh giá mức độ ảnh hưởng của biên dạng cam nhiên liệu cũng như quy luật cấp nhiên liệu đến quá trình hình thành hỗn hợp và cháy của động cơ, trên cơ sở đó mới có thể đưa ra được một biên dạng cam hợp lý để cải thiện tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ diesel 1 xylanh do VEAM sản xuất. Do vậy, nghiên cứu này sẽ sử dụng phối hợp phần mềm AVL-Boost với AVL-Hydsim để thực hiện nghiên cứu cải tiến biên dạng cam để nâng cao tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ diesel 1 xylanh do VEAM sản xuất.

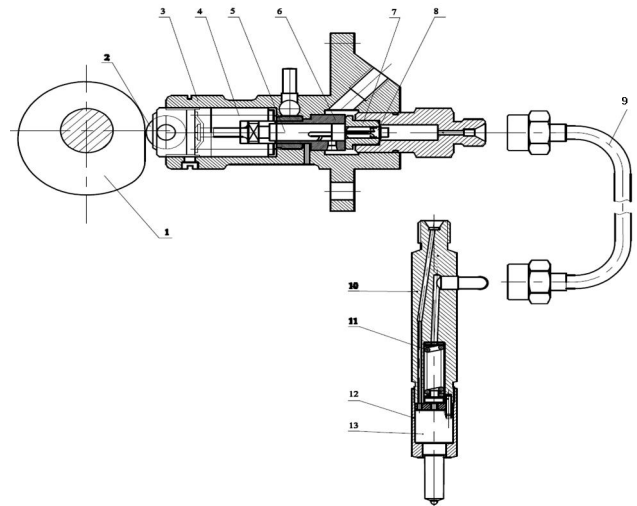
Trong đó thực hiện mô phỏng với nhiều phương án cải tiến biên dạng cam, với mỗi biên dạng cam lại được thực hiện mô phỏng trên phần mềm AVL-Hydsim để xác định quy luật cấp nhiên liệu, kết quả này làm dữ liệu đầu vào cho mô hình AVL-Boost để thực hiện mô phỏng tính toán chu trình công tác và phát thải của động cơ. Trên cơ sở các kết quả đạt được, nhóm nghiên cứu sẽ phân tích đánh giá và lựa chọn 1 biên dạng cam thích hợp. Trong phạm vi bài báo này, nhóm nghiên cứu sẽ đưa ra các kết quả so sánh khi sử dụng cam nguyên bản với cam đã được cải tiến.

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ MÔ PHỎNG

3.1. Đối tượng nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, động cơ RV-165 được sử dụng làm đối tượng nghiên cứu, đây là động cơ diesel 1 xylanh không tăng áp, sử dụng hệ thống nhiên liệu kiểu cơ khí. Hiện nay động cơ này đang là sản phẩm chính của VEAM.

Đặc điểm kết cấu động cơ, hệ thống nhiên liệu và các thông số kỹ thuật của động cơ được thể hiện trên bảng 1 và hình 1.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống nhiên liệu động cơ RV-165

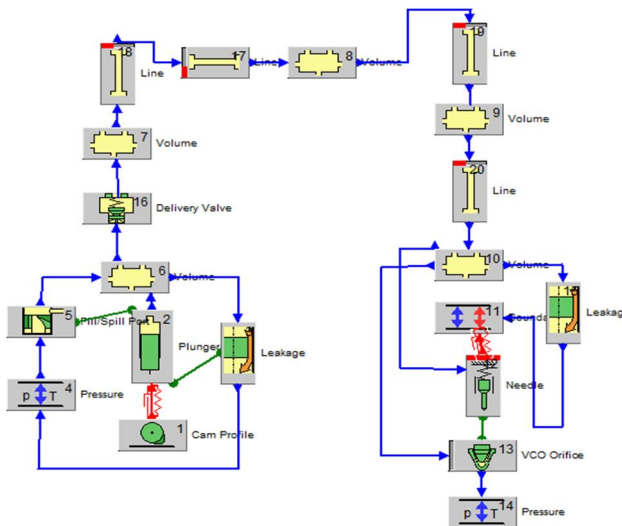
- 1. Cam nhiên liệu; 2. Con lãn; 3. Thân bơm; 4. Lò xo bơm cao áp;
- 5. Piston bơm cao áp; 6. Xylanh; 7. Đế van 1 chiều; 8. Van 1 chiều; 9. Đường ống cao áp; 10. Thân vòi phun; 11. Lò xo kim phun; 12. Thân kim phun; 13. Kim phun

Bảng 1. Thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ RV-165

Thông số	Giá trị
Tên động cơ	RV 165
Loại động cơ	Diesel 4 kỳ, không tăng áp
Số xylanh	1
Đường kính x hành trình	105x97mm
Dung tích	839cm ³
Tỷ số nén	18:1
Công suất cực đại	12,1/2400 kW/rpm
Mô men cực đại	59,0/1600 Nm/rpm
Tiêu hao nhiên liệu nhỏ nhất	275 g/kW.h
Góc phun sớm	16 độ trực khuỷu
Áp suất phun	185 kg/cm ²
Hệ thống bôi trơn	Hỗn hợp
Hệ thống làm mát	Đối lưu tự nhiên

3.2. Xây dựng mô hình

Trên cơ sở đặc điểm kết cấu động cơ RV-165 và hệ thống nhiên liệu của động cơ, mô hình mô phỏng chu trình công tác được xây dựng trên phần mềm AVL-Boost và mô hình mô phỏng hệ thống nhiên liệu của động cơ RV-165 được xây dựng trên phần mềm AVL-Hydsim, như thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Mô hình hệ thống nhiên liệu động cơ RV-165 trên phần mềm Hydsim

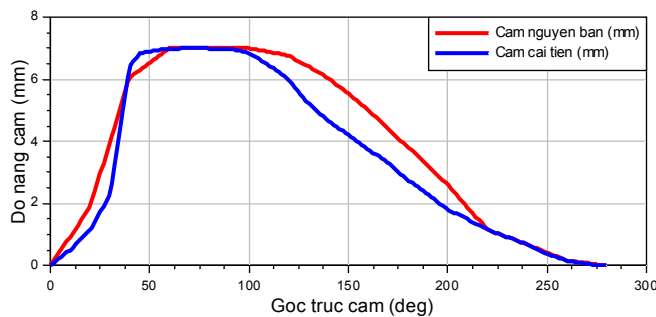
3.3. Thông số đầu vào và điều kiện biên cho mô hình

Trên cơ sở các thông số kết cấu của các cụm chi tiết trong hệ thống nhiên liệu, như bộ đôi piston bơm cao áp, van một chiều và vòi phun, biên dạng cam nhiên liệu đều được sử dụng làm thông số đầu vào cho mô hình. Ngoài ra các thông số như lưu lượng nhiên liệu phun, áp suất phun và chế độ làm việc của động cơ được cũng được sử dụng làm điều kiện biên cho mô hình. Trong nghiên cứu mô phỏng này, chế độ chạy mô phỏng được thực hiện ở chế độ toàn tải và tốc độ từ 1000 và 2200v/ph với bước thay đổi là 200v/ph.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trong phần này sẽ trình bày kết quả so sánh các tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ RV-165 khi sử dụng cam nguyên bản và cam cải tiến.

4.1. Độ nâng của cam nguyên bản và cải tiến



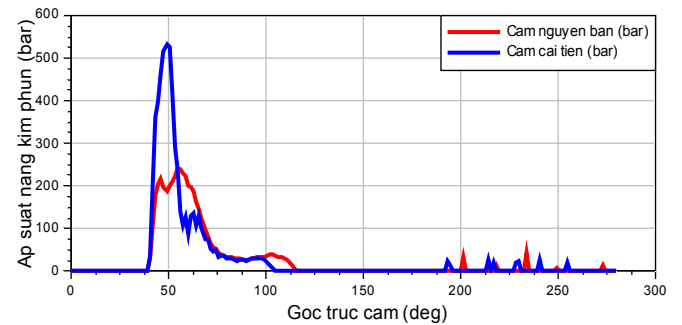
Hình 3. Độ nâng của cam nguyên bản và cam cải tiến

Với mục tiêu cải tiến biên dạng cam nhiên liệu nhằm tăng tốc độ phun trong quá trình cấp ban đầu và giảm ở giai đoạn cuối để cải thiện quá trình hình thành hỗn hợp và cháy của động cơ. Sau khi thực hiện mô phỏng kết hợp giữa AVL-Boost và AVL-Hydsim với nhiều biên dạng cam nhiên liệu khác nhau, đã xác định được một biên dạng cam cải tiến hợp lý như thể hiện trên hình 3. Kết quả cho thấy, so với biên dạng cam cũ, độ nâng của biên dạng cam cải tiến có xu hướng dốc hơn ở giai đoạn đầu quá trình cấp, và

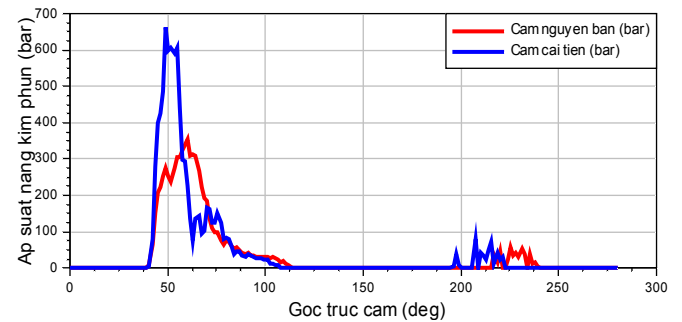
được duy trì ổn định trong khoảng 50 độ góc quay trục cam, sau đó có xu hướng giảm độ dốc đến cuối quá trình cấp. Với biên dạng cam này sẽ làm tăng tốc độ phun ở đầu giai đoạn phun, và duy trì ổn định, sau đó tốc độ phun có giảm hơn so với tốc độ phun ứng với biên dạng cam nguyên bản.

4.2. Áp suất nâng kim phun của cam nguyên bản và cam cải tiến

Hình 4 và 5 thể hiện áp suất nâng kim phun của cam cải tiến so với cam nguyên bản. Kết quả cho thấy tại chế độ tốc độ 1600v/ph và 2200v/ph, áp suất nâng kim phun cực đại ứng với cam cải tiến lớn gấp 2 lần so với cam nguyên bản, tuy nhiên cuối giai đoạn cấp thì áp suất nâng kim phun của cam cải tiến giảm khá nhiều so với cam nguyên bản.



Hình 4. Áp suất nâng kim phun của cam nguyên bản và cam cải tiến tại chế độ 1600v/ph

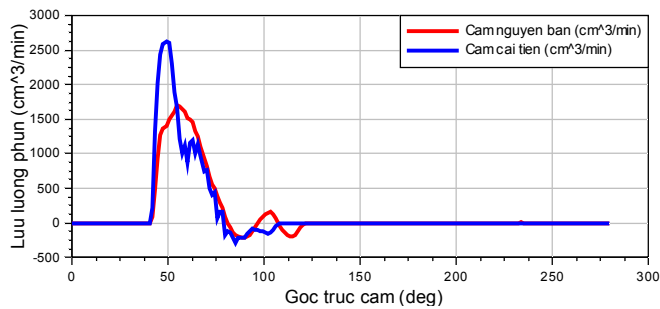


Hình 5. Áp suất nâng kim phun của cam nguyên bản và cam cải tiến tại chế độ 2200v/ph

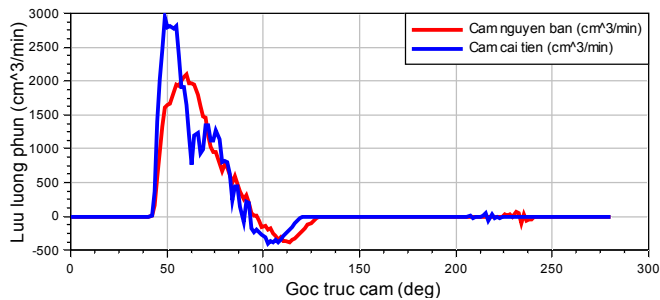
4.3. Quy luật cấp nhiên liệu giữa cam nguyên bản và cam cải tiến

Quy luật cấp nhiên liệu tại chế độ 1600v/ph và 2200v/ph của cam cải tiến và cam nguyên bản được thể hiện trên hình 6 và 7. Kết quả cho thấy, lưu lượng cấp tăng nhanh và đạt giá trị cực đại ngay ở đầu giai đoạn phun, sau đó duy trì giá trị này khoảng 30 độ trục cam và lưu lượng giảm ngay sau đó so với cam nguyên bản.

Các kết quả thể hiện ở trên, cho thấy quy luật cấp nhiên liệu được thay đổi theo chiều hướng tăng nhanh tốc độ phun ở đầu giai đoạn phun, sau đó duy trì tốc độ phun cực đại trong khoảng 30 góc quay trục cam và giảm tốc độ phun ở cuối giai đoạn phun. Với quy luật này sẽ cải thiện quá trình hình thành hỗn hợp và cháy, giảm thời gian cháy trễ và lượng nhiệt trong thời gian cháy rớt.



Hình 6. Quy luật cấp nhiên liệu của cam nguyên bản và cam cải tiến tại chế độ 1600v/ph

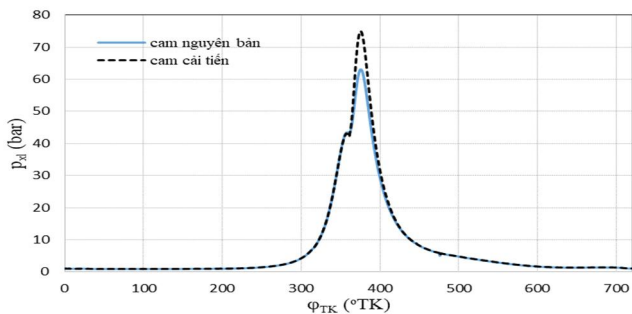


Hình 7. Quy luật cấp nhiên liệu của cam nguyên bản và cam cải tiến tại chế độ 2200v/ph

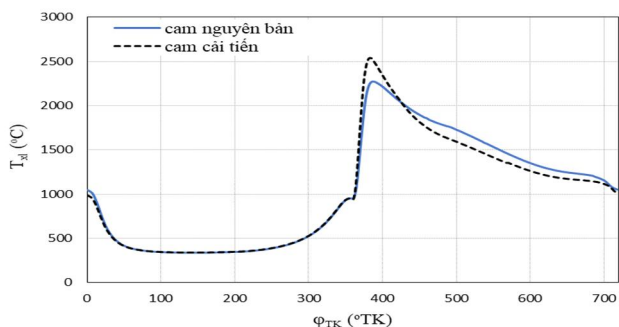
4.4. Tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải giữa cam nguyên bản và cam cải tiến

4.4.1. Tính năng kinh tế và kỹ thuật

Kết quả trên hình 8 và 9 thể hiện diễn biến áp suất và nhiệt độ bên trong xylanh động cơ trong trường hợp trước và sau khi cải tiến cam nhiên liệu ở chế độ 2200v/ph.



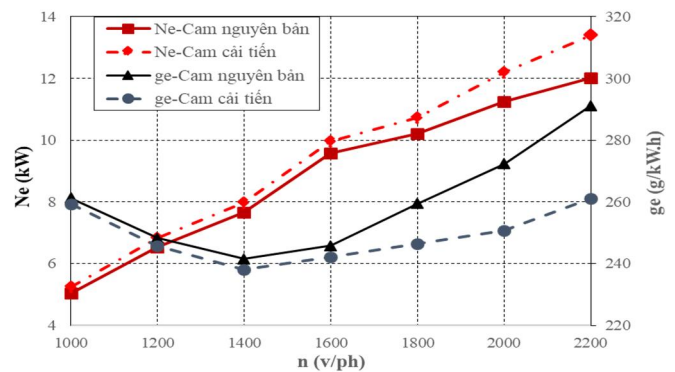
Hình 8. Diễn biến áp suất trong xylanh khi sử dụng cam nguyên bản và cam cải tiến tại chế độ 2200v/ph



Hình 9. Diễn biến nhiệt độ trong xylanh khi sử dụng cam nguyên bản và cam cải tiến tại chế độ 2200v/ph

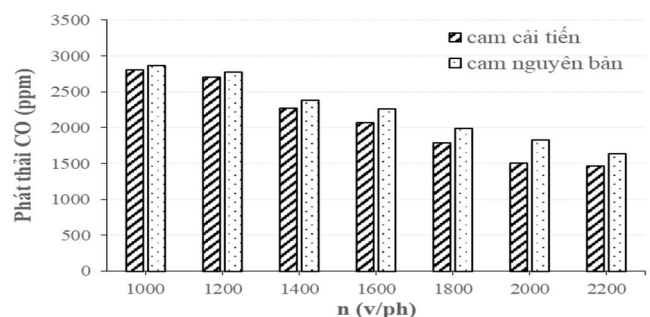
Kết quả cho thấy áp suất và nhiệt độ trong xylanh ứng với cam cải tiến luôn lớn hơn so với cam nguyên bản, tuy nhiên nhiệt độ ứng với cam cải tiến ở giai đoạn cháy rất giảm hơn so với cam cải nguyên bản. Kết quả này có thể giải thích là do quy luật của cam cải tiến đã làm tăng lượng nhiên liệu được cháy ở giai đoạn cháy chính và giảm ở giai đoạn cháy rớt.

Hình 10 thể hiện công suất có ích (N_e) và suất tiêu hao nhiên liệu (g_e) của động cơ khi dùng cam nhiên liệu được cải tiến so với cam nguyên bản. Kết quả cho thấy, N_e của động cơ sử dụng cam cải tiến có xu hướng tăng cao hơn so với cam nguyên bản và xu hướng tăng này càng tăng hơn khi tăng tốc độ động cơ. Đồng thời g_e của động cơ sử dụng cam cải tiến có xu hướng giảm so với cam nguyên bản và mức độ giảm tăng khi tăng tốc độ động cơ. Kết quả này có thể giải thích là do quy luật cấp nhiên liệu của cam cải tiến đã cải thiện quá trình hình thành hỗn hợp và cháy của động cơ, và mức độ cải thiện càng tăng khi tăng tốc độ động cơ.



Hình 10. Công suất và tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi sử dụng cam nguyên bản và cam cải tiến

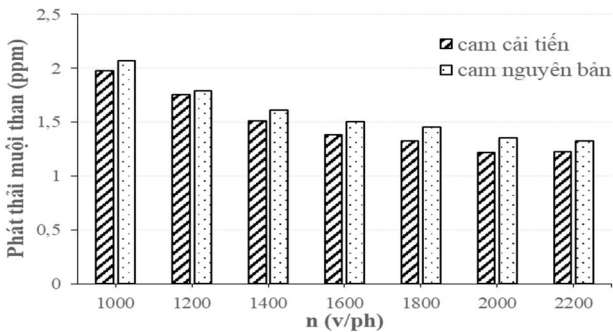
4.4.2. Phát thải của động cơ khi sử dụng cam nguyên bản và cam cải tiến



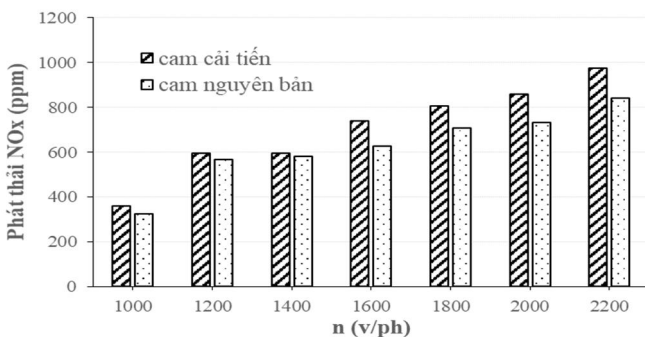
Hình 11. Phát thải CO của động cơ khi sử dụng cam nguyên bản và cam cải tiến

Hình 11 thể hiện mức độ phát thải CO của động cơ khi sử dụng cam cải tiến so với cam nguyên bản. Kết quả cho thấy, phát thải CO tại các chế độ tốc độ đều giảm khi sử dụng cam cải tiến, và mức độ giảm CO sẽ tăng khi tăng tốc độ động cơ. Còn mức phát thải muội than được thể hiện trên hình 12. Kết quả cho thấy, mức phát thải muội than của động cơ khi sử dụng cam cải tiến cũng có xu hướng giảm so với cam nguyên bản. Các kết quả này, có thể giải thích là do ảnh hưởng của quy luật cấp nhiên liệu đã cải

thiện quá trình hình thành hỗn hợp và cháy của động cơ khi sử dụng cam nhiên liệu cải tiến, nên thành phần phát thải CO và muội than đều giảm ở các chế độ tốc độ. Tuy nhiên phát thải NO_x của động cơ sử dụng cam cải tiến có xu hướng tăng so với sử dụng cam nguyên bản ở các chế độ tốc độ. Kết quả này có thể giải thích là do khi hỗn hợp được cải thiện nhờ tốc độ phun tăng ở giai đoạn đầu và giảm ở giai đoạn kết thúc, do đó nhiệt độ trong giai đoạn cháy chính tăng cao dẫn đến tăng NO_x ở tất cả các chế độ tốc độ.



Hình 12. Phát thải muội than của động cơ khi sử dụng cam nguyên bản và cam cải tiến



Hình 13. Phát thải NO_x của động cơ khi sử dụng cam nguyên bản và cam cải tiến

Các kết quả trên đã cho thấy, khi sử dụng cam cải tiến với tốc độ phun tăng ở giai đoạn đầu và giảm ở giai đoạn cuối đã cải thiện quá trình cháy nên phát thải CO và muội than giảm, tuy nhiên phát thải NO_x có xu hướng tăng theo các chế độ tốc độ động cơ (hình 13).

5. KẾT LUẬN

Trên cơ sở các phân tích đánh giá kết quả ở trên có thể thấy rằng:

- Biên dạng cam nhiên liệu ảnh hưởng nhiều đến quy luật cấp nhiên liệu, Với quy luật cấp có tốc độ tăng nhanh ở giai đoạn đầu và giảm nhanh ở giai đoạn cuối phun sẽ giúp cải thiện quá trình hình thành hỗn hợp và cháy của động cơ diesel.

- Nghiên cứu đã đưa ra được một biên dạng cam nhiên liệu hợp lý cho động cơ RV-165 do VEAM sản xuất. Khi động cơ sử dụng biên dạng cam này sẽ giúp tăng công suất và giảm tiêu hao nhiên liệu của động cơ, phát thải CO và muội than đều giảm. Tuy nhiên phát thải NO_x tăng ở các chế độ tốc độ.

- Kết quả nghiên cứu là cơ sở để thực hiện cải tiến cam nhiên liệu để nâng cao tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ RV-165.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Bộ Công Thương đã cấp kinh phí thực hiện đề tài “Nghiên cứu thực trạng và đề xuất giải pháp công nghệ ứng dụng trên động cơ diesel 01 xi lanh cỡ nhỏ dùng cho máy động lực và máy nông nghiệp tại Việt Nam”, Mã số ĐTKHCN.151/18.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <http://dangcongsan.vn/kinh-te/thuc-day-co-gioi-hoa-trong-cac-khau-san-xuat-nong-nghiep-549963.html>
- [2]. Vũ Xuân Thiệp, Khổng Vũ Quảng, Phạm Văn Giang, 2015. *Nghiên cứu ảnh hưởng của hình dạng đường nạp đến hiệu suất nạp của động cơ diesel 1 xylanh*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội. ISSN 1859-3585.
- [3]. Lê Việt Hùng, Phạm Văn Giang, Khổng Vũ Quảng, Trần Thị Thu Hương, Nguyễn Anh Thi, 2018. *Nghiên cứu số hóa mô hình 3D đường nạp, thải và buồng cháy làm cơ sở nghiên cứu mô phỏng động cơ diesel*. Tạp chí Giao thông vận tải. ISSN 2354-0818.
- [4]. Võ Danh Toàn, Huỳnh Thanh Công, 2015. *Mô phỏng nâng cao tính năng làm việc cho động cơ diesel 1 xi-lanh bằng thiết kế cải tiến họng nạp*. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Vol. 18, No. 7K.
- [5]. Nguyễn Hữu Hoàng, Vương Như Long. *Nghiên cứu nâng cao hiệu suất và công suất động cơ diesel 1 xylanh RV 195*. Trường Đại học Bách khoa TP.HCM.
- [6]. Nguyễn Đình Hùng. *Nghiên cứu cải tiến hệ thống nhiên liệu động cơ diesel RV-195*. Trường Đại học Bách khoa TP.HCM.
- [7]. Vu Xuan Thiep, Khong Vu Quang, Le Van Binh, 2013. *A Study of Intake Manifold Improvement of Diesel Engine by Using CFD*. The 3rd International Conference on Sustainable Energy; ISBN 978-604-73-1990-9.
- [8]. Lê Việt Hùng, Khổng Vũ Quảng, Nguyễn Đức Khánh, Phạm Văn Trọng, 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 ISO 8178*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi & Môi trường. ISSN 1859-3491.

AUTHORS INFORMATION

Khong Vu Quang¹, Nguyen Duy Tien¹, Nguyen Manh Phu¹, Nguyen The Truc¹, Dinh Xuan Thanh², Doan Thanh Tuyen¹, Le Tri Hung³

¹Hanoi University of Science and Technology

²Hanoi University of Industry

³Vietnam Engine And Agricultural Machinery Corporation