

ẢNH HƯỞNG CỦA TỶ LỆ PHỐI TRỘN ETHANOL TRONG XĂNG SINH HỌC ĐẾN TÍNH NĂNG KINH TẾ KỸ THUẬT VÀ Ô NHIỄM ĐỘNG CƠ ĐÁNH LỬA CƯỜNG BỨC Ở CHẾ ĐỘ TẢI TRUNG BÌNH

EFFECTS OF ETHANOL ADDITION TO BIOLOGICAL GASOLINE ON PERFORMANCE AND POLLUTION OF SPARK IGNITION ENGINES USING GASOLINE AT MIDDLE LOAD

Nguyễn Quang Trung, Dương Việt Dũng

Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng; trungckgt@gmail.com, dvdung@dut.udn.vn

Tóm tắt - Bài báo này trình bày kết quả thực nghiệm về tính kinh tế - kỹ thuật và ô nhiễm động cơ đánh lửa cưỡng bức sử dụng nhiên liệu xăng pha ethanol ở các tỷ lệ 0, 10, 15, 20 và 25% thể tích. Thực nghiệm được tiến hành trên động cơ thí nghiệm Daewoo A16DMS tại phòng thí nghiệm động cơ đốt trong của trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng. Điều kiện thực nghiệm được xác lập để xây dựng đặc tính tốc độ của động cơ ở vị trí bướm ga 50% cho dải tốc độ từ 1250 đến 4500 vòng/phút. Kết quả cho thấy có sự cải thiện về mô men, công suất, tiêu hao nhiên liệu và lượng phát thải của động cơ khi sử dụng E10, E15, so với xăng (E0) ở chế độ tải 50% vị trí bướm ga ở vùng tốc độ từ 2000 đến 4500 vòng/phút; Còn E20 và E25 tỏ ra bất lợi về công suất, mô men và suất tiêu hao nhiên liệu ở mọi tốc độ. Sự có mặt của nhân tố oxy trong ethanol là lý do làm tăng hệ số dư lượng không khí của hỗn hợp, giảm khả năng bay hơi của nhiên liệu, giảm nhiệt trị của nhiên liệu và đây chính là nguyên nhân của các thay đổi trên.

Từ khóa - ethanol; xăng; đánh lửa cưỡng bức; hệ số dư lượng không khí.

1. Đặt vấn đề

Nhiên liệu xăng dầu truyền thống với trữ lượng hạn chế, quá trình đốt cháy những nhiên liệu này làm gia tăng cacbon dioxide trong khí quyển gây biến đổi khí hậu. Các quốc gia gần đây đã thật sự quan tâm đến việc sử dụng nhiên liệu sinh học như ethanol, methanol và butanol để thay thế phần nào cho lượng xăng phải sử dụng [4, 9, 12].

Ethanol [8, 12] là chất lỏng không màu, còn được gọi là rượu cồn, rượu ngũ cốc. Ethanol có cùng công thức hóa học $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ bất kể nó được sản xuất từ nguồn nguyên liệu tinh bột hay đường, chẳng hạn như hạt ngô (chủ yếu là ở Hoa Kỳ), mía đường (chủ yếu là ở Braxin), hoặc từ cellulose (như các mùn cưa hoặc phế phẩm cây trồng).

Sự có mặt của nguyên tố oxy có độ âm điện cao trong ethanol làm cho phân tử $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ bị phân cực và dẫn đến nhiều sự khác biệt so với xăng. Ethanol có trị số octan cao hơn xăng, khi pha vào xăng làm tăng trị số octan cho xăng sinh học. Ethanol có nhiệt trị thấp hơn so với xăng, theo các mức độ khác nhau phụ thuộc vào tỷ lệ thể tích ethanol trong hỗn hợp. Ethanol tinh khiết (99,5% ethanol) có nhiệt trị thấp hơn 30% so với xăng mỗi đơn vị thể tích. Tuy nhiên xét theo nhiệt trị do đơn vị khối lượng hỗn hợp thì ethanol chỉ làm giảm chút ít nhờ lượng không khí lý thuyết ($L_0=9\text{kg}_{\text{O}_2}/\text{kg}_{\text{nl}}$) nhỏ hơn đáng kể so với xăng ($L_0=14,7\text{kg}_{\text{O}_2}/\text{kg}_{\text{nl}}$) vì vậy nếu tăng lượng nhiên liệu phun tương ứng với mức giảm của L_0 thì công suất động cơ có thể không giảm. Do đó tác động của ethanol lên tính kinh tế nhiên liệu phụ thuộc vào hàm lượng ethanol trong xăng sinh học [12].

Ethanol lần đầu tiên được đề xuất làm nhiên liệu xe hơi

Abstract - This paper presents experimental results of the performance and exhaust pollution of spark ignition engines using gasoline-ethanol blended fuels at the rates of ethanol 0, 10, 15, 20 and 25% by volume. The experiment was conducted on the Daewoo A16DMS experimental engine at the internal combustion engine laboratory of the Danang University of Science and Technology. Experimental conditions were established to characterize the engine speed at the throttle position of 50% for the speed range from 1250 to 4500 rpm. Results show an improvement in torque, power, fuel consumption and engine emissions when using E10, E15, compared to gasoline (E0) at 50% throttle valve opening at speed range from 2000 to 4500 rpm; The E20 and E25 are at a disadvantage at all speeds. The presence of the oxygen factor in ethanol is the reason for increasing the air-fuel equivalence ratio, reducing the evaporation of the fuel, reducing the heating value of the blended fuel, and this is the cause of the above changes.

Key words - ethanol; gasoline; spark ignition; air-fuel equivalence ratio.

ở Hoa Kỳ vào những năm 1930, nhưng chỉ được sử dụng rộng rãi sau năm 1970. Ethanol hiện nay là nhiên liệu cồn phổ biến nhất được sử dụng trong ngành giao thông vận tải trên thế giới. Ethanol đang được sử dụng hoặc là tinh khiết hoặc như một phụ gia của xăng để làm nhiên liệu cho các động cơ đốt cháy cưỡng bức. Nhiên liệu ethanol được sử dụng rộng rãi ở Brazil và Hoa Kỳ, và cả hai nước này chiếm khoảng 87,1% sản lượng nhiên liệu ethanol của thế giới trong năm 2011 [4].

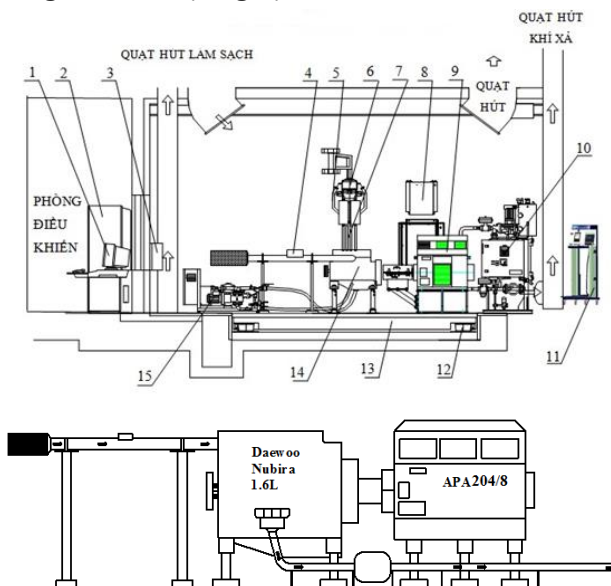
Tại Việt Nam, từ ngày 1 tháng 12 năm 2015, xăng sản xuất, chế biến và kinh doanh để sử dụng trong xe có động cơ trên toàn quốc là E5 và từ ngày 01 tháng 12 năm 2017 là E10 [1]. Trước đó, theo "Chiến lược phát triển nhiên liệu sinh học đến năm 2015 với tầm nhìn đến năm 2025", sản xuất nhiên liệu sinh học (ethanol và dầu diesel sinh học) sẽ đạt 5% nhu cầu xăng dầu vào năm 2025. Nhiên liệu ethanol đã được thí điểm và một số nhà máy ethanol sử dụng ngô và sắn làm nguyên liệu hiện đang được xây dựng như Công ty Cổ phần Nhiên liệu Sinh học PetroVietnam (100 triệu lít/ năm tại Phú Thọ), Công ty Cổ phần Lúa Xanh (100.000 tấn/ năm tại Quảng Ngãi), Sai Gon Biofuels và Công ty Dầu khí (40 triệu lít / năm, tại Cát Lái TP. Hồ Chí Minh).

Ở Việt Nam, các nghiên cứu gần đây [2, 6, 7, 10, 11] cho thấy, khi lượng ethanol pha trộn với xăng từ 5 đến 10% khối lượng sẽ cải thiện đáng kể mô men, công suất, hiệu suất và lượng khí thải khi so sánh với xăng. Ngoài ra, CO và HC (hydrocarbon) giảm với sự gia tăng ethanol trong hỗn hợp nhiên liệu. Tuy nhiên, nhiệt độ cao của ethanol gây khó khăn cho động cơ bắt đầu lạnh do bốc hơi kém. Trong khí hậu nóng, ethanol bị ảnh hưởng xấu do hiện

tượng nút hơi. Nó cũng bị ảnh hưởng bởi sự không tương thích với một số vật liệu động cơ và hệ thống nhiên liệu khi ethanol có nhiều trong xăng [3].

Bên cạnh đó, với thể mạnh của nền nông nghiệp Việt Nam, sản lượng dồi dào của các sản phẩm nông nghiệp truyền thống như lúa, ngô, sắn... nên việc sử dụng tỷ lệ pha trộn ethanol cao hơn 10% là cần thiết để đảm bảo an ninh năng lượng. Vì vậy, chúng tôi đã mạnh dạn nghiên cứu sử dụng xăng sinh học với tỷ lệ phối trộn của ethanol cao, cụ thể là E10, E15, E20 [1, 5].

2. Nghiên cứu thực nghiệm



Hình 1. Bố trí các trang thiết bị trong phòng thí nghiệm

1. Máy tính điều khiển trung tâm;
2. Trung tâm xử lý dữ liệu Puma;
3. Bộ điều khiển tay ga THA-100;
4. Bộ đo lưu lượng khí nạp;
5. Hộp thu nhận các tín hiệu cảm biến;
6. Bộ đo độ lọt khí Cacter;
7. Các cảm biến gắn trên động cơ;
8. Bộ cấp và đo tiêu hao nhiên liệu;
9. Bảng thử APA 204/8;
10. Bộ cấp và điều hoà nhiệt độ nước làm mát động cơ;
11. Thiết bị đo ô nhiễm khí thải Digas 4000;
12. Bộ giám chấn khí nén;
13. Bệ thử nghiệm.

Thực nghiệm được tiến hành tại Phòng thí nghiệm Động cơ đốt trong trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng với các trang thiết bị đồng bộ của hãng AVL. Động cơ thí nghiệm là động cơ Daewoo A16DMS được trang bị hệ thống cảm biến ghi nhận các thông số quá trình nạp thải, thông số vận hành hệ thống bôi trơn, làm mát, hệ thống cung cấp nhiên liệu, tốc độ động cơ và áp suất buồng cháy. Bảng thử APA 204/8 được nối với động cơ qua khớp nối để gây tải cho động cơ. APA 204/8 hoạt động như động cơ điện để kéo động cơ thí nghiệm khi khởi động, ngược lại khi động cơ thí nghiệm đã làm việc tùy theo giá trị tốc độ cần duy trì tại điểm đo mà bảng thử sẽ tạo ra mô men cần lúc này nó hoạt động

như máy phát điện.

Động cơ thí nghiệm là Daewoo A16DMS với các thông số [6]:

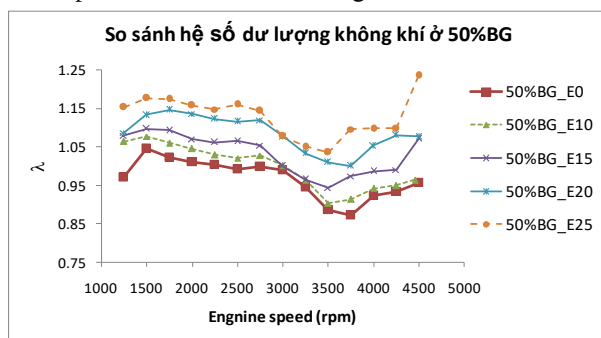
- Nhiên liệu sử dụng: Xăng;
- Kiểu động cơ: E-TECII;
- Số xilanh 4;
- Dung tích: 1598 cm³;
- Hệ thống phân phối khí: 16valve, DOHC;
- Hệ thống phun xăng điện tử EFI;
- Mômen cực đại: 145Nm, tại n = 3800 vòng/phút;
- Công suất cực đại: 77kW ở n = 5800 vòng/phút;
- Tỷ số nén: 9,5:1
- Đường kính xilanh: 79 mm;
- Hành trình piston: 81,5 mm.

Thông số bảng thử công suất APA 204/8 [6]:

- Công suất cực đại Ne(max): 220 kW;
- Mômen quay cực đại Me(max): 934 Nm;
- Số vòng quay cực đại ne(max): 8000 vòng/phút.

3. Kết quả

Trong bài báo này kết quả nghiên cứu thể hiện ở chế độ tải trung bình của động cơ ứng với 50% vị trí bướm ga được xác lập bởi thiết bị THA100 với dải tốc độ thay đổi từ 1250-4500vòng/phút có bước thay đổi 250vòng/phút. Đây là chế độ tải đặc trưng cho điều kiện vận hành thực tế của động cơ để qua đây xem xét ảnh hưởng của tỷ lệ tham dự của ethanol đến mô men, công suất, suất tiêu hao nhiên liệu và phát thải ô nhiễm của động cơ.

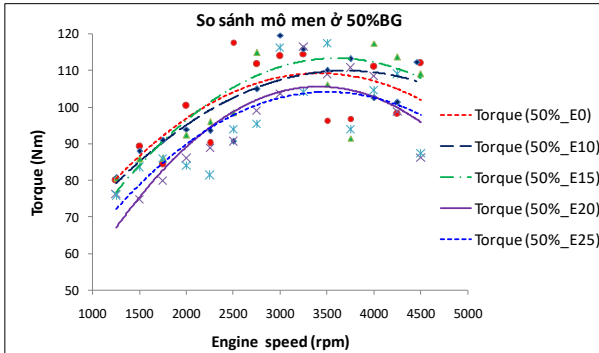


Hình 2. Diễn biến hệ số dư lượng không khí λ của động cơ theo tốc độ và tỷ lệ tham dự của ethanol

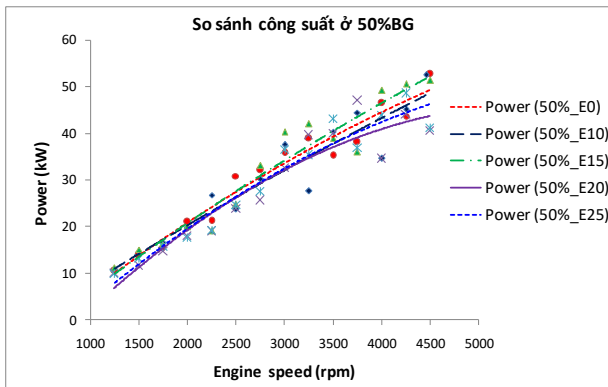
Hình 2 thể hiện diễn biến của hệ số dư lượng không khí λ theo tốc độ động cơ và theo tỷ lệ tham dự của ethanol trong xăng sinh học khi áp suất phun nhiên liệu p_{fuel} được xác lập ở giá trị 3,2bar và hệ số dư lượng không khí được xác định từ máy phân tích khí thải. Hệ số dư lượng khi động cơ sử dụng xăng nguyên chất (E0) nhỏ hơn 1 ở tốc độ nhỏ 1250 vòng/phút và lớn hơn 2500 vòng/phút, quy luật thay đổi tương đồng với diễn biến hệ số nạp của động cơ. Điều đáng chú ý là ở phạm vi tốc độ từ 3000 vòng/phút hệ số dư lượng khá thấp điều này chứng tỏ nhiên liệu được bay hơi tốt và hỗn hợp cháy hoàn thiện nên góp phần làm mô men tiếp cận giá trị cực đại (xem Hình 3). Khi tốc độ động cơ đạt đến 4000 vòng/phút thì hệ số dư lượng tăng trở lại điều này chứng tỏ khả năng cháy hoàn thiện đã kém đi do tốc độ động cơ lớn làm giảm mô men của động cơ.

Khi tăng tỷ lệ tham dự của ethanol, quy luật diễn biến hệ số dư lượng không khí ít thay đổi chỉ có giá trị tăng lên

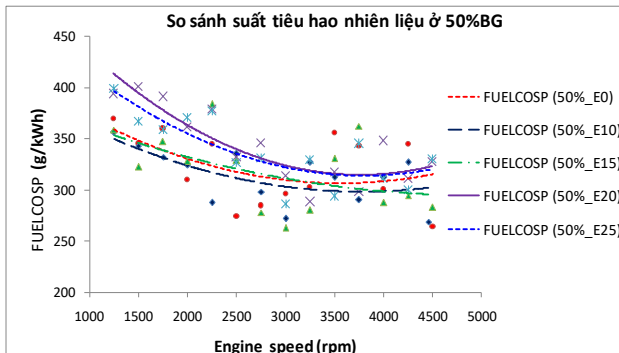
do có một lượng oxy được bổ sung từ nhiên liệu làm giảm lượng không khí lý thuyết để đốt cháy hết 1kg nhiên liệu L_0 . Tăng tỷ lệ ethanol trong khí lượng nhiên liệu cung cấp tăng không đáng kể vì khối lượng riêng của ethanol chỉ lớn hơn chút ít so với xăng dẫn đến sự giảm mô men, công suất và tăng suất tiêu hao nhiên liệu có ích của động cơ khi sử dụng nhiên liệu E20 và E25. Riêng đối với nhiên liệu E10 và E15 ít bị ảnh hưởng, thậm chí E15 có mô men, công suất và E10 có tiêu hao nhiên liệu có ích tốt hơn xăng (E0) như trên Hình 3, Hình 4 và Hình 5.



Hình 3. Diễn biến mô men có ích của động cơ theo tốc độ và tỷ lệ tham dự của ethanol



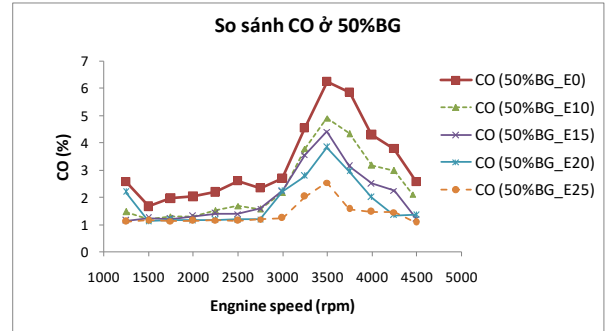
Hình 4. Diễn biến công suất có ích của động cơ theo tốc độ và tỷ lệ tham dự của ethanol



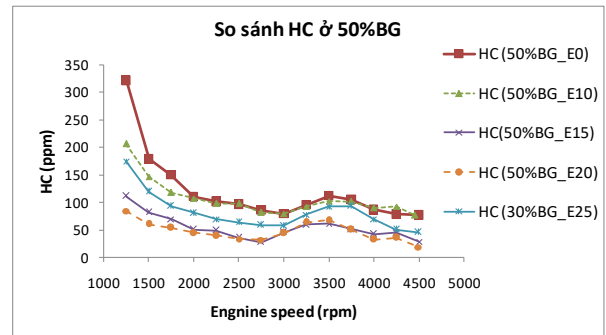
Hình 5. Diễn biến suất tiêu hao nhiên liệu có ích của động cơ theo tốc độ và tỷ lệ tham dự của ethanol

Hệ số dư lượng không khí góp phần quan trọng tới quy luật phát thải CO của khí xả động cơ khi diễn biến theo quy luật ngược lại, mức phát thải CO tăng dần và đạt cực đại ở tốc độ động cơ khoảng 3500vòng/phút và sau đó giảm dần. Với hệ số dư lượng không khí tăng tương ứng với tỷ lệ tham dự của ethanol nên phát thải CO của động cơ khi sử dụng xăng E10, E15, E20 và E25 giảm đáng kể so với xăng

A92 (E0). Cụ thể mức phát thải CO cực đại 6,25% đối với E0, 4,9% đối với E10, 4,41% đối với E15, 3,83% đối với E20 và E25 chỉ còn 2,53% ứng với tỷ lệ giảm lần lượt 21% khi so sánh E10 với E0, 29% khi so sánh E15 với E0, 39% khi so sánh E20 với E0 và 59% khi so sánh E25 với E0 (xem Hình 6).



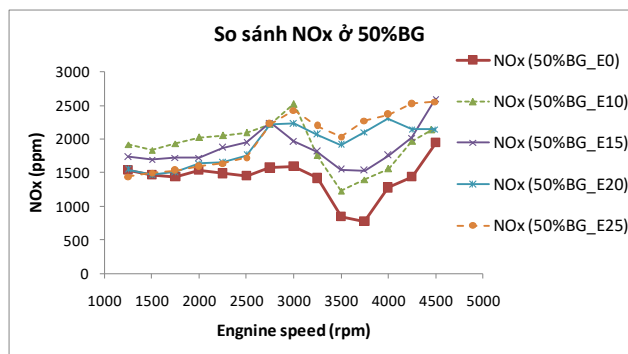
Hình 6. Diễn biến phát thải CO của động cơ theo tốc độ và tỷ lệ tham dự của ethanol



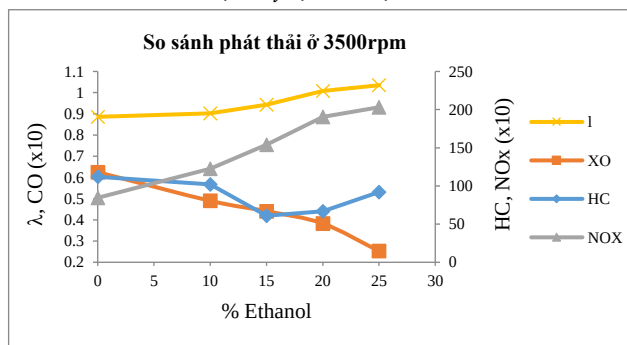
Hình 7. Diễn biến phát thải HC của động cơ theo tốc độ và tỷ lệ tham dự của ethanol

Khác chút ít với CO, quy luật phát thải HC có xu hướng giảm dần khi tăng tốc độ động cơ với lý do là nhiên liệu đã hóa hơi tốt, tuy nhiên ở phạm vi tốc độ từ 3500÷3750vòng/phút động cơ phát HC cao hơn chút ít do hỗn hợp đậm lên đáng kể và đây chính là phạm vi tốc độ mà CO cao nhất. Ở 3500vòng/phút mức phát thải HC trong khí xả động cơ ứng với E0, E10, E15, E20 và E25 lần lượt là 112ppm, 102ppm, 61ppm, 67ppm và 92ppm ứng với tỷ lệ giảm 8,9% khi so sánh E10 với E0, 45,5% khi so sánh E15 với E0, 40% khi so sánh E20 với E0 và 17,8% khi so sánh E25 với E0. Như vậy mức HC giảm khi tăng tỷ lệ tham dự của ethanol và mức giảm HC tốt nhất là E15 và E20 (Hình 7).

Trái ngược với CO và HC, NOx có xu hướng tăng dần khi tăng tốc độ động cơ đến 3000 vòng/phút với lý do là nhiệt độ khí thải tăng dần kết hợp với hệ số dư lượng không khí $\lambda > 1$, tuy nhiên ở phạm vi tốc độ từ 3500÷3750 vòng/phút động cơ phát thải NOx giảm đáng kể do hỗn hợp đậm lên khiến giảm nồng độ O_2 . Mức phát thải NOx tăng khi tăng tỷ lệ ethanol, ở 3500vòng/phút mức phát thải NOx trong khí xả động cơ ứng với E0, E10, E15, E20 và E25 lần lượt là 845ppm, 1227ppm, 1542ppm, 1907ppm và 2031ppm ứng với tỷ lệ tăng 145% khi so sánh E10 với E0, 182% khi so sánh E15 với E0, 225% khi so sánh E20 với E0 và 240% khi so sánh E25 với E0. Như vậy NOx tăng khi tăng tỷ lệ tham dự của ethanol và mức tăng NOx ít nhất là E10 (Hình 8).



Hình 8. Diễn biến phát thải NOx của động cơ theo tốc độ và tỷ lệ tham dự của ethanol



Hình 9. Diễn biến phát thải động cơ theo tỷ lệ ethanol ở 3500 vòng/phút

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm động cơ Daewoo A16DMS trên băng thử APA 204/8 với nhiên liệu sử dụng xăng A92 và xăng E10, xăng E15, xăng E20 và xăng E25 ở mức tải trung bình 50% vị trí bướm ga với phạm vi tốc độ từ 1250 đến 4500 vòng/phút cho thấy:

- Khi lượng ethanol pha trộn với xăng từ 10 đến 15% thể tích sẽ cải thiện chút ít mô men, công suất, suất tiêu hao nhiên liệu có ích và đồng thời giảm phát thải CO và HC trong khí thải khi so sánh với xăng. Cụ thể ở tốc độ 3500vòng/phút mức phát thải CO của động cơ đạt cực đại, lúc này so với E0 mức giảm của E10 và E15 lần lượt 21% và 29%; ở tốc độ này HC giảm 8,9% khi so sánh E10 với E0, 45,5% khi so sánh E15 với E0.

- Khi lượng ethanol pha trộn với xăng từ 20 đến 25% thể tích sẽ làm giảm chút ít mô men, công suất và tăng suất tiêu hao nhiên liệu nhưng lượng phát thải CO và HC trong khí thải giảm khi so sánh với xăng. Cụ thể ở tốc độ 3500vòng/phút, phát thải CO giảm 39% khi so sánh E20 với E0 và 59% khi so sánh E25 với E0; phát thải HC giảm 40% khi so sánh E20 với E0 và 17,8% khi so sánh E25 với E0.

- Hạn chế lớn nhất E10, E15, E20 và E25 so với xăng (E0) là mức phát thải NOx khá lớn khi mức tăng lên đến 145% khi so sánh E10 với E0, 182% khi so sánh E15 với E0, 225% khi so sánh E20 với E0 và 240% khi so sánh E25 với E0 ở tốc độ 3500 vòng/phút.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Phú Cường, "Thực trạng và sự cần thiết ban hành lộ trình bắt buộc áp dụng tỷ lệ phối trộn NLSH với nhiên liệu truyền thống", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Công nghiệp*, 09, 2013, 23-25.
- [2] Bùi Văn Ga, Bùi Văn Tấn, Nguyễn Văn Đông, "Ảnh hưởng của nhiên liệu, tỷ số nén và góc đánh lửa sớm đến quá trình cháy hỗn hợp xăng-ethanol trong động cơ daewoo", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, 1(98), 2016, 27-32.
- [3] Lê Thị Kiều Oanh, Lưu Tiến Thuận, "Những khó khăn và giải pháp đẩy mạnh tiêu dùng xăng sinh học E5 tại TP. Cần Thơ", *Tạp chí Khoa học Cần Thơ*, 04, 2015, p. 15-23.
- [4] Liễu Anh Đài, "Công nghiệp sản xuất cồn Ethanol và đường ở Brazil", *Tạp chí Châu Mỹ ngày nay*, 08, 2008, 32-34.
- [5] Nguyễn Thị Hằng Nga, *Nghiên cứu khả năng sản xuất etanol sinh học từ phụ phẩm nông nghiệp*, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, 2010.
- [6] Lê Văn Tuy, Trần Văn Nam, Huỳnh Bá Vang, "Nghiên cứu thử nghiệm độ hao mòn động cơ chạy xăng pha cồn", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, 4(39), 2010, 227-234.
- [7] Huỳnh Bá Vang, *Nghiên cứu thực nghiệm tính năng kinh tế kỹ thuật của ô tô sử dụng xăng A95 pha 10% ethanol*, Đại học Đà Nẵng, 2011.
- [8] Sarathy, S.M., et al., "Alcohol combustion chemistry", *Progress in Energy and Combustion Science*, 44, 2014, 40-102.
- [9] Szwaja, S. and J. Naber, "Combustion of n-butanol in a spark-ignition IC engine", *Fuel*, 89(7), 2010, 1573-1582.
- [10] Tuan, L.A., et al., "Simulation study of motorcycle engines characteristics fueled with ethanol-gasoline blends", *Journal of Science & Technology*, 83B, 2011, 119-124.
- [11] Tuan, L.A. and P.M. Tuan, "Impacts of Gasohol E5 and E10 on Performance and Exhaust Emissions of In-used Motorcycle and Car: A Case Study in Vietnam". *Tạp chí Khoa học và Công nghệ các trường đại học kỹ thuật*, 73B, 2009, 98-104.
- [12] Wheals, A.E., et al., "Fuel ethanol after 25 years", *Trends in biotechnology*, 17(12), 1999, 482-487.

(BBT nhận bài: 21/04/2017, hoàn tất thủ tục phản biện: 07/06/2017)