

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG ẢNH HƯỞNG CỦA HỖN HỢP XĂNG PHA CỒN TỚI CÔNG SUẤT CỦA ĐỘNG CƠ Ô TÔ

A CASE STUDY ON IMPACT OF ETHANOL-MIXED GASOLINE ON POWER OF AUTOMOBILE ENGINES

Nguyễn Thanh Bình, Trần Văn Hoàng

Khoa Cơ khí - Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 23/10/2022, chấp nhận đăng ngày 05/04/2023

Tóm tắt: Trong bài báo này sử dụng phần mềm AVL-Boost để mô phỏng những ảnh hưởng của việc sử dụng nhiên liệu sinh học E5, E10, E20, E85 pha lẫn với xăng RON 92 dùng cho động cơ đốt trong. Cụ thể bài báo nghiên cứu công suất của động cơ khi pha nhiên liệu sinh học với xăng RON 92 theo các tỷ lệ nhất định. Thử nghiệm trên động cơ Toyota – 5A, mọi thông số về kết cấu của động cơ được giữ nguyên bản. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi sử dụng nhiên liệu sinh học kết hợp với xăng RON 92 thì công suất của động cơ có xu hướng giảm, suất tiêu hao nhiên liệu tăng, nồng độ phát thải CO và HC giảm, nồng độ NOx tăng. Từ nghiên cứu mô phỏng trên đưa ra được những khuyến cáo cho nhà sản xuất cũng như người sử dụng được những thay đổi về tỷ lệ nhiên liệu sinh học trong xăng RON 92 khi sử dụng.

Từ khóa: Động cơ, công suất, cồn, mô phỏng.

Abstract: This article utilizes the AVL-Boost software to simulate the effects of using biofuels E5, E10, E20, E85 blended with gasoline RON 92 in internal combustion engines. Specifically, the study investigates the engine power when blending biofuels with gasoline Ron 92 at certain ratios. The tests were kept unchanged. The results show that when using biofuels combined with gasoline RON 92, the engine power tends to decrease, fuel consumption rate increases, CO and HC emission concentrations decrease, and Nox concentration increases. Based on the simulation study, recommendation are made for manufacturers and users regarding the appropriate ratios of biofuels in gasoline RON 92 for optimal performance.

Keywords: Engine, power, ethanol, simulation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, nhu cầu sử dụng nhiên liệu và sản phẩm dầu mỏ phát triển mạnh mẽ dẫn đến phát sinh nhiều vấn đề cần được giải quyết như: Nhiên liệu ngày càng cạn kiệt, nạn ô nhiễm môi trường do khí thải động cơ, các lò đốt công nghiệp [3], các cơ sở sản xuất và tồn chứa sản phẩm dầu, sự tổn hao công suất, tuổi thọ động cơ. Mặt khác, như chúng ta đã biết,

an ninh quốc gia, an ninh kinh tế luôn gắn liền với an ninh năng lượng. Vì thế, an ninh năng lượng luôn được đặt lên hàng đầu trong chiến lược phát triển của mỗi quốc gia. Với mức sử dụng dầu mỏ như hiện nay, số lượng dầu mỏ này chỉ còn đủ dùng trong khoảng 50-60 năm nữa nếu không phát hiện thêm những nguồn dầu mỏ mới. Chính vì thế, để giảm thiểu ô nhiễm môi trường, đảm bảo an ninh năng

lượng lâu dài và phát triển bền vững, nhiều quốc gia trong vòng vài thập kỷ qua đã tập trung nghiên cứu sử dụng nhiên liệu sinh học [5] nhằm thay thế một phần dầu mỏ, tiến tới xây dựng ngành nhiên liệu sạch ở quốc gia mình. Vì thế cần có những nghiên cứu tỷ lệ xăng pha cồn đến phát thải của động cơ ô tô, từ đó khuyến khích người dùng sản phẩm nhiên liệu sinh học để giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

2. NHIÊN LIỆU SINH HỌC DÙNG TRONG ĐỘNG CƠ XĂNG

2.1. Giới thiệu về nhiên liệu cồn ethanol

Ethanol còn được gọi là rượu etylic, rượu ngũ cốc hay cồn. Là một hợp chất hữu cơ nằm trong dãy đồng đẳng của rượu etylic, dễ cháy, không màu, là một trong các thành phần của đồ uống chứa cồn. Trong đời sống, nó thường được gọi tắt là rượu. Công thức hóa học C_2H_5OH , viết tắt là C_2H_6O [9].

2.2. Nguyên liệu sản xuất Ethanol

Nguyên liệu sản xuất ethanol thích hợp nhất là đường (mía, tinh dầu cọ), ri đường, tinh bột (khoai tây, các loại hạt lúa, lúa mỳ, ngô, đại mạch). Năng suất ethanol trung bình dao động từ 2.100 đến 5.600 lít/ha đất trồng trọt tùy thuộc vào từng loại cây trồng. Đối với các loại hạt, năng suất ethanol thu được vào khoảng 2.800 lít/ha, tức là khoảng 3 tấn nhiên liệu hạt sẽ thu được 1 tấn ethanol [8].

2.3. Chỉ tiêu chất lượng của xăng pha cồn và việc sử dụng hỗn hợp nhiên liệu xăng pha cồn ở động cơ đốt trong

Để dùng làm nhiên liệu pha vào xăng, ethanol cần đạt được các chỉ tiêu nhất định. Các chỉ tiêu ethanol biến tính được xác định theo phương pháp ASTM 1613, ASTM D5510, ASTM E1064 [8], hoặc một loạt các QCVN [10].

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

3.1. Phần mềm AVL Boost [2]

AVL Boost cho phép tính toán các chế độ tĩnh và động. Boost có thể dùng để tối ưu hóa ở chế độ tĩnh các hệ thống nạp và thải, đóng mở xupáp, phối hợp các bộ phận tăng áp và ước lượng tính năng của các động cơ mới. Boost cũng là một công cụ lý tưởng cho việc tối ưu hóa các đặc trưng chuyển tiếp của động cơ ở thời kỳ đầu, khi động cơ chưa được chế tạo, nhưng có tính đến cả hệ truyền động của phương tiện. Ngoài ra Boost còn cho phép xây dựng mô hình điều khiển động cơ các chức năng quan trọng của hệ thống điều khiển động cơ mà không cần tới các phần mềm bên ngoài. Boost có thể kết nối với Matlab Simulink và CFD 3D AVL Fire [3].

3.2. Cơ sở lý thuyết

Dựa vào các tính năng của AVL BOOST, ta lập được các mô hình để tính toán như: mô hình nhiên liệu; mô hình cháy; mô hình truyền nhiệt,... Để từ đó xác định được tỷ lệ xăng - không khí, tỷ lệ xăng - cồn hợp lý, cho công suất động cơ lý tưởng nhất.

Công suất của động cơ đốt trong được sinh ra từ: hóa năng - nhiệt năng - công. Vì thế, quá trình cháy và truyền nhiệt bên trong động cơ ảnh hưởng rất nhiều đến công suất của động cơ.

3.2.1. Quá trình cháy

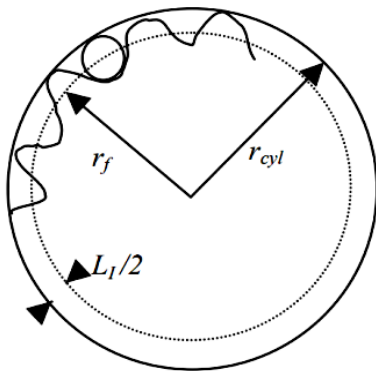
Mô hình cháy Fractal dùng cho động cơ đánh lửa cưỡng bức, được đề cập trong BOOST, dự đoán tốc độ giải phóng nhiệt trong động cơ khí nạp đồng nhất. Do đó phải xét đến ảnh hưởng của các thông số quan trọng sau:

- Hình dạng buồng cháy;
- Vị trí và thời gian đánh lửa;
- Thành phần của khí nạp (khí sót, khí xả

luân hồi, bốc hơi khí và nhiên liệu);

- Chuyển động nạp và mức độ xoáy lốc [11].

Ảnh hưởng của quá trình cháy đến công suất, cụ thể như: kiểu buồng cháy, tốc độ cháy, sự lan truyền màng lửa [1],... được xác định qua các giai đoạn cháy như sau:



Hình 1. Màng lửa lan truyền tới thành xylanh, bắt đầu hiện tượng cháy sát vách

Tốc độ cháy của khối lượng nhiên liệu:

$$\frac{dm_b}{dt} = \rho_u \cdot A_T \cdot S_L = \rho_u \left\{ \frac{A_T}{S_L} \right\} \cdot A_T S_L \quad (1)$$

Quá trình cháy xoáy lốc:

$$\frac{dm_b}{dt} = \rho_u \cdot A_T \cdot S_L = \rho_u \left\{ \frac{A_T}{A_L} \right\} \cdot A_L S_L \quad (2)$$

$$\frac{S_T}{S_L} = \frac{A_T}{A_L} \quad (3)$$

Tốc độ cháy sát vách có thể được miêu tả đơn giản bằng sự suy giảm theo hàm mũ.

$$\left\{ \frac{dm_m}{dt} \right\}_{wall-combustion} = \frac{m-m_b}{\tau} \quad (4)$$

Tốc độ cháy tổng thể có thể rút ra như một giá trị trung bình của 2 tốc độ cháy.

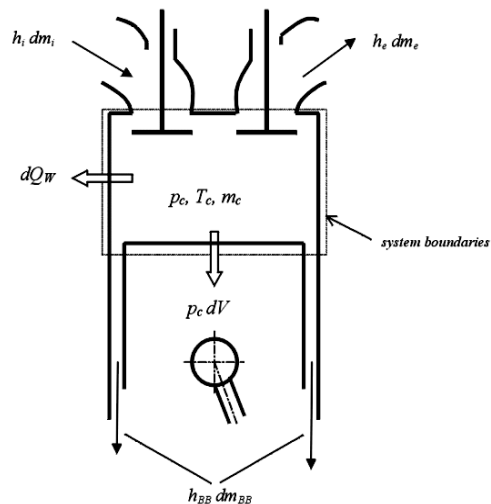
$$\left(\frac{dm_b}{dt} \right)_{overall} = (1-w_2) \left(\frac{dm_b}{dt} \right)_{fractals} + w_2 \left(\frac{dm_b}{dt} \right)_{wall-combustion} \quad (5)$$

Sự chuyển tiếp giữa 3 mô hình cháy dần dần bắt đầu khi trải qua khoảng thời gian chuyển tiếp t_{tr} , xác định tia lửa đầu tiên tới thành xylanh:

$$r_f = \frac{(m-m_b)_{tr}}{(\rho_u A_T S_L)_{tr}} \quad (6)$$

3.2.2. Quá trình truyền nhiệt

Là diễn biến các quá trình vật lý trong phần tử xylanh, phân biệt làm hai quá trình: quá trình trao đổi khí và quá trình áp suất cao.



Hình 2. Quá trình truyền nhiệt bên trong xylanh động cơ đốt trong

Quá trình áp suất cao:

Định luật nhiệt động học 1 cho hệ thống kín như sau (giả định mô hình 1 chiều đơn giản hóa), thể hiện mối quan hệ giữa sự biến thiên của nội năng (hay enthalpy) với sự biến thiên của nhiệt và công [1].

$$\frac{d(m_{cyl} \cdot u)}{d\alpha} = -p_{cyl} \cdot \frac{dV}{d\alpha} + \frac{dQ_F}{d\alpha} - \sum \frac{dQ_W}{d\alpha} - h_{BB} \cdot \frac{dm_{BB}}{d\alpha} \quad (7)$$

Đối với quá trình trao đổi khí:

Quá trình này phải đưa vào lưu lượng khối lượng khí, ra trong phương trình định luật nhiệt động học [1].

$$\frac{d(m_{cyl} \cdot u)}{d\alpha} = -p_{cyl} \cdot \frac{dV}{d\alpha} - \sum \frac{dQ_W}{d\alpha} - \sum \frac{dm_{in}}{d\alpha} h_{in} - \sum \frac{dm_{out}}{d\alpha} h_{out} \quad (8)$$

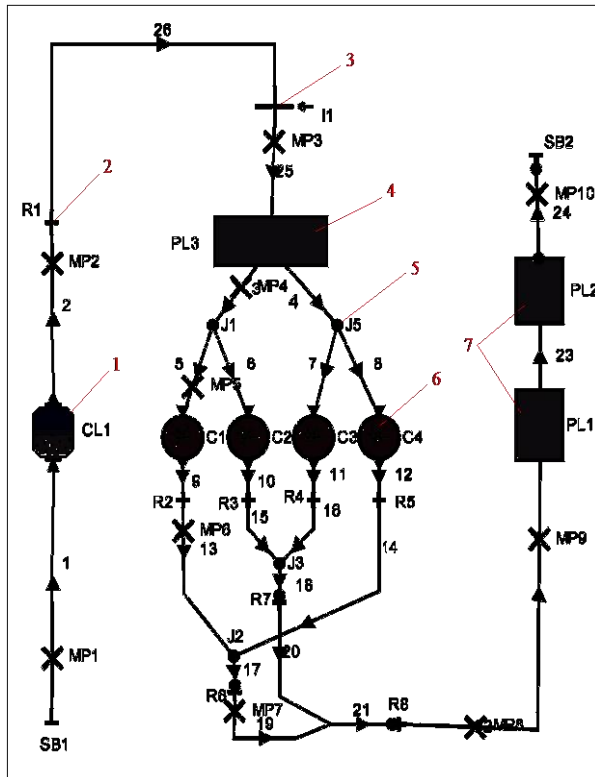
4. QUY TRÌNH VÀ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

4.1. Quy trình mô phỏng động cơ sử dụng hỗn hợp xăng pha cồn

4.1.1. Quy trình mô phỏng

Dựa trên động cơ thực tế, từ những phần tử có

sẵn trong AVL Boost, các thông số kỹ thuật của động cơ (bảng 1) ta xây dựng được mô hình động cơ Toyota – 5A như sau:



Hình 3. Mô hình mô phỏng

1. Lọc khí; 2. Phần tử cản dòng; 3. Bộ chế hoà khí; 4. Bình ổn áp; 5. Phần tử nối; 6. Xy lanh; 7. Bình tiêu âm

Bảng 1. Thông số động cơ Toyota – 5A

Loại động cơ	Động cơ 4 xy lanh, đánh lửa cưỡng bức
Dung tích xylanh	1498 cm ³
Đường kính xylanh	78,7 mm
Hành trình piston	77 mm
Tỷ số nén	10,5 : 1
Công suất cực đại	58,2kW/4800 v/p
Hệ thống nhiên liệu	Bộ chế hòa khí

4.1.2. Chạy mô hình

Giữ nguyên lượng nhiên liệu và góc đánh lửa sớm của động cơ. Chạy mô phỏng mô hình đưa ra kết quả so sánh về công suất động cơ khi thay đổi tỷ lệ ethanol trong nhiên liệu [4].

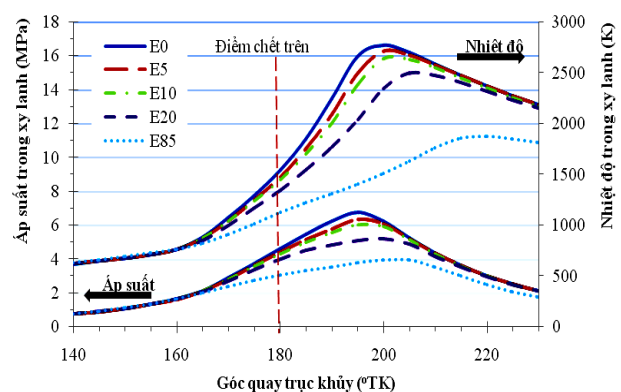
Bảng 2. Giữ nguyên lượng nhiên liệu và góc đánh lửa sớm, thay đổi tỷ lệ ethanol

STT	Tốc độ (v/p)	Nhiên liệu (g/s)	Góc đánh lửa sớm (°TK)	Loại nhiên liệu
1	1500	1,34	-14	E0, E5, E10, E20, E85
2	2000	1,76	-17	E0, E5, E10, E20, E85
3	2500	2,26	-21	E0, E5, E10, E20, E85
4	3000	2,6	-25	E0, E5, E10, E20, E85
5	3500	3,12	-26	E0, E5, E10, E20, E85
6	4000	3,58	-29	E0, E5, E10, E20, E85
7	4500	3,9	-33	E0, E5, E10, E20, E85
8	4800	4,05	-34	E0, E5, E10, E20, E85

4.2. Kết quả mô phỏng

4.2.1. Đặc tính của quá trình cháy

Hình 4 so sánh diễn biến của áp suất và nhiệt độ trong xylanh động cơ khi sử dụng 5 loại nhiên liệu ở 4800 vòng/phút từ 40° trước điểm chết trên (ĐCT) đến 50° sau ĐCT.

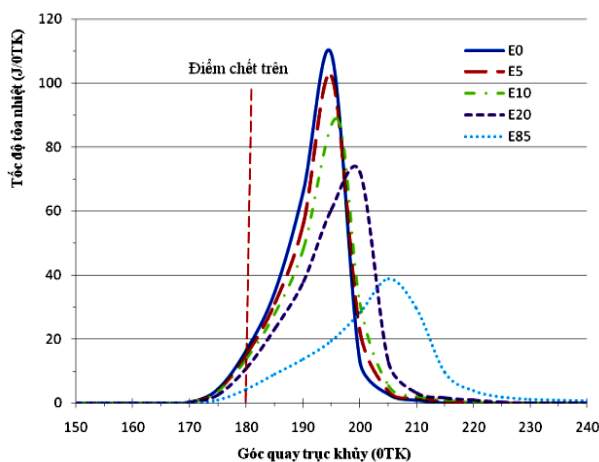


Hình 4. Áp suất, nhiệt độ trong xylanh của động cơ tại 4800 vòng/phút, 100% tải

Từ đồ thị, thời gian cháy trễ giảm, tăng tỷ lệ ethanol trong khi thời gian cháy nhanh lại có chiều hướng tăng lên. Bởi vì trong Ethanol có 1 nguyên tử oxy nên thuận tiện hơn cho quá

trình cháy chậm ở nhiệt độ cao và dịch chuyển màng lửa, tốc độ cháy của hỗn hợp ethanol – không khí cao hơn của hỗn hợp xăng – không khí, dẫn đến quá trình cháy trễ diễn ra nhanh hơn. Do λ tăng lên khi giữ nguyên lượng nhiên liệu, thì ta có với những giá trị $\lambda > 0,9$ thì tốc độ lan tràn màng lửa giảm đi khi tăng λ . Vì vậy thời gian cháy nhanh kéo dài hơn, nên khi động cơ sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn ta sẽ thấy xe chạy êm hơn do tốc độ tăng áp suất nhỏ, khả năng chống kích nổ cũng được cải thiện.

Trong hình 4, giá trị của nhiệt độ trong xylanh theo góc quay trục khuỷu đạt cực đại sau thời điểm kết thúc quá trình cháy nhanh, vì do còn có hiện tượng cháy rớt trong quá trình giãn nở, không đủ khả năng sinh công do piston đã qua điểm chết trên nhưng lại gia nhiệt cho các vùng đã cháy khác nên sau đó nhiệt độ mới đạt cực đại.



Hình 5. Tốc độ toả nhiệt của động cơ sử dụng các loại nhiên liệu ở 4800 vòng/phút, 100% tải

Lượng nhiên liệu cấp cho 1 chu trình không đổi, nhiệt trị thấp và tốc độ cháy của hỗn hợp xăng – ethanol thấp hơn so với xăng, vì thế tốc độ toả nhiệt của động cơ sử dụng hỗn hợp nhiên liệu xăng pha cồn là nhỏ hơn so với động cơ sử dụng xăng. Và khi càng tăng tỷ lệ ethanol trong nhiên liệu thì tốc độ toả nhiệt càng giảm.

4.2.2. Đặc tính công suất động cơ

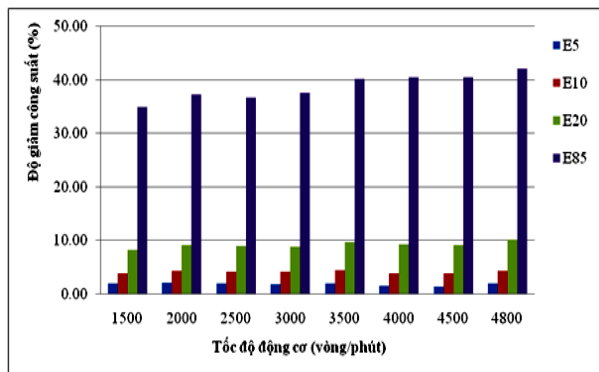
Khi giữ nguyên - nhiên liệu, do nhiệt trị của ethanol thấp hơn xăng nên công suất động cơ sẽ giảm. Với một tốc độ không đổi, lượng nhiên liệu cung cấp không đổi thì lượng không khí đi vào xylanh cũng không thay đổi. Trong khi đó lượng không khí lý thuyết để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu của ethanol ít hơn xăng [2], vì vậy hỗn hợp nhiên liệu càng nhạt đi khi tăng tỷ lệ ethanol trong nhiên liệu. Điều này cũng khiến cho công suất của động cơ giảm đi. Ngoài ra do thời gian cháy trễ giảm khi tăng tỷ lệ ethanol trong nhiên liệu, dẫn đến có hiện tượng vừa cháy vừa nén, nên sẽ tổn nhiều công hơn, vì vậy cũng làm giảm đi công suất của động cơ. Bảng 3 thể hiện giá trị công suất của động cơ khi giữ nguyên lượng nhiên liệu khi chạy các loại nhiên liệu ở dải tốc độ tính toán.

Bảng 3. Công suất động cơ khi chạy các loại nhiên liệu khác nhau (kW)

Nhiên liệu Tốc độ	E0	E5	E10	E20	E85
1500	19,67	19,31	18,91	18,06	12,79
2000	26,38	25,85	25,25	23,99	16,56
2500	34,36	33,70	32,94	31,32	21,74
3000	39,00	38,34	37,43	35,37	24,36
3500	46,65	45,73	44,61	42,15	27,92
4000	52,52	51,78	50,50	47,65	31,27
4500	56,59	55,88	54,48	51,42	33,67
4800	58,20	57,10	55,73	52,31	33,72

Hình 6 đã cho thấy độ giảm công suất tương đối của động cơ khi chạy nhiên liệu xăng pha cồn với các tỷ lệ khác nhau ở dải tốc độ tính toán so với khi chạy xăng E0. Khi sử dụng nhiên liệu E5, E10, E20, E85 thì công suất giảm lần lượt là 1,75%, 4,06%, 9,13% và 38,71%. Khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn ở tỷ lệ 10–20% thì không cần thiết phải chỉnh

sửa kết cấu động cơ [5], công suất chỉ giảm đi có 9,13% khi toàn tải. CO và HC giảm xuống, NO_x tăng lên [7].



Hình 6. Công suất động cơ ở 100% tải khi sử dụng xăng pha cồn so với xăng RON92 (E0)

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu mô phỏng hỗn hợp nhiên liệu xăng RON 92 và nhiên liệu sinh học đã được thực hiện, cho được các kết quả chính như sau:

Cùng một lượng nhiên liệu cung cấp thì khi ta sử dụng hỗn hợp xăng pha nhiên liệu sinh học có tỷ lệ ethanol tăng dần lần lượt là E5, E10, E20, E85 làm cho hỗn hợp nhiên liệu – không khí càng nhạt, công suất động cơ giảm 1,75%, 4,06%, 9,13%, 38,71% và suất tiêu hao nhiên liệu tăng 1,79%, 4,24%, 10,1%, 63,5%. Vì vậy khi sử dụng các loại nhiên liệu có tỷ lệ ethanol nhỏ hơn 20% thể tích thì không cần thiết phải chỉnh sửa động cơ mà vẫn đảm bảo được khả năng vận hành của động cơ [6], đồng thời động cơ làm việc êm hơn do tốc độ tăng áp suất giảm. Trong khi đó, cũng với hỗn hợp nhiên liệu có tỷ lệ ethanol nhỏ hơn 20% thì diễn biến về khí thải theo chiều hướng có lợi. CO và HC giảm xuống, NO_x tăng lên.

Kết quả nghiên cứu là tiền đề cho việc sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn với các tỷ lệ ethanol cao hơn cho động cơ xăng đời cũ (sử dụng bộ chế hoà khí).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Minh Tuấn. Lý thuyết động cơ đốt trong. NXB Khoa học và kỹ thuật, 2008.
- [2] AVL–List GmbH. BOOST v.2009 Theory. Hans–List–Platz 1, A–8020 Graz, Austria, 2020.
- [3] Kesse DG. Global warming-facts, assessment, counter-measures. J Pet Sci Eng 2000; 26:157–68.
- [4] Le Anh Tuan. et.al. 2011, Investigation of motorcycle engine's characteristics fueled with ethanol-gasoline blends, 4th AUN/SEED-Net Regional Conference on New/Renewable Energy, HCM city, Vietnam.
- [5] The Royal Society, Sustainable biofuels: Prospects and challenges, UK, 2008.
- [6] Chinda Charoenphonphanich. E20 Fuel Impacts on Existing Vehicles in Thailand. APAC 15, Vietnam, 2009.
- [7] Lavoie G, Blumberg P.N. A fundamental Model for Predicting Consumption, NO_x, and HC Emissions of the Conventional Spark-Ignition Engines. Combustion Science and Technology, Vol. 21, pp 225-258, 1980.
- [8] <http://www.tradingeconomics.com/commodity/ethanol>
- [9] <http://www.americanprocess.com/Vision.asp>
- [10] Hà Văn Trọng. Tính toán động cơ đốt trong. NXB Sư phạm Kỹ thuật, 2015.

Thông tin liên hệ: **Trần Văn Hoàng**

Điện thoại: 0919068913 - Email: tvhoang@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.