

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG ẢNH HƯỞNG CỦA HỖN HỢP XĂNG PHA CỒN TỐI KẾT CẤU ĐỘNG CƠ DÙNG CHẾ HÒA KHÍ

STUDY ON SIMULATION OF THE INFLUENCE OF GASOLINE - ALCOHOL MIXTURE ON THE ENGINE STRUCTURE USING CARBURETOR

Trần Văn Hoàng^{1*}, Trần Trọng Thế¹,
Nguyễn Thanh Bình¹, Bùi Văn Chính²

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.92>

TÓM TẮT

Việt Nam hiện đang sử dụng nhiên liệu xăng pha ethanol với tỷ lệ thấp (5%), tiến tới nâng tỷ lệ ethanol lên cao hơn từ 10 - 20% hoặc cao hơn nữa thì phải có quá trình nghiên cứu, xác định ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu đó đến tính năng làm việc, phát thải, tuổi thọ... của động cơ ở nhiều chế độ làm việc, các dải tốc độ khác nhau. Vì vậy bài báo này dùng phần mềm AVL-Boost tiến hành mô phỏng động cơ chạy ở nhiều dải tốc độ khác nhau, với tỷ lệ pha ethanol và xăng khác nhau. Dựa vào kết quả mô phỏng như công suất, phát thải, suất tiêu hao nhiên liệu cũng như đặc tính cháy của động cơ khi sử dụng hai loại nhiên liệu trên. Từ đó có thể đánh giá được phần nào những ưu việt của việc sử dụng nhiên liệu mới trên động cơ xăng hiện nay cũng như những khuyến cáo về thay đổi về kết cấu của động cơ cũ đang dùng chế hòa khí để đảm bảo những tính năng kinh tế và kĩ thuật tốt nhất khi sử dụng hỗn hợp nhiên liệu.

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

ABSTRACT

Currently, Vietnam is using gasoline fuel mixed with ethanol at a low rate 5%, aiming to raise the ethanol ratio a higher level from 10 - 20% or higher, there must be a research process to determine the effects of that fuel mixture on the work feature, emission, lifespan... in many working modes, different speed ranges. Therefore, this article uses AVL Boost software to simulation results such as power, emission, fuel consumption rate as well as combustion characteristics of the engine when using the above two types of fuel. From there, it is possible to partially evaluate the advantages of using new fuel on current gasoline engines as well as recommendation on changes in the structure of the old engines using carburetors to ensure the best economic and technical performance when using the fuel mixture.

Keywords: Engine, power, ethanol, simulation.

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp

²Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: tvhoang@uneti.edu.vn

Ngày nhận bài: 25/10/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/12/2022

Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2022

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, các cơ sở sản xuất và tồn chứa sản phẩm dầu, sự tổn hao công suất, tuổi thọ động cơ và cũng là nguyên nhân chính gây hiệu ứng nhà kính [3, 7, 8]. 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 nhằm thay thế một phần dầu khoáng, tiến tới xây dựng ngành nhiên liệu sạch ở quốc gia mình. Có nhiều những nghiên cứu, khi sử dụng xăng - ethanol đối với những động cơ đời cũ (sử dụng bộ chế hòa khí) cần có những cải tiến về kết cấu để đảm bảo hiệu quả khi sử dụng ethanol.

Các nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng, sự ăn mòn các chi tiết kim loại của hệ thống cung cấp nhiên liệu nhìn chung là không đáng quan tâm đối với nhiên liệu E10, một số nhà nghiên cứu còn cho rằng nhiên liệu E20 cũng không có nhiều tác động đến hoạt động của hệ thống cung cấp nhiên liệu. Các chi tiết nhựa và cao su của động cơ mới đều tương thích với E10 nhưng đối với những động cơ cũ thì rất có thể sẽ bị ảnh hưởng [10].

Các nhà khoa học Brazil và Mỹ [6] nghiên cứu và có khuyến cáo khi sử dụng xăng - ethanol, chủ yếu đối với ô tô Volkswagen khi bắt đầu chương trình sử dụng ethanol ở Brazil năm 1979.

Bảng 1 cho thấy, nếu sử dụng nhiên liệu E5 thì không cần thiết phải có cải tiến gì đối với động cơ.

Ở Việt Nam và các nước Đông Nam Á hiện đang còn sử dụng rất nhiều các loại xe dùng bộ chế hòa khí (xe máy). Vì thế cần có những nghiên cứu tỷ lệ xăng pha cồn ảnh hưởng đến kết cấu của động cơ, từ đó khuyến cáo người dùng có những thay đổi kết cấu phù hợp khi dùng nhiên

liệu sinh học để giảm thiểu ô nhiễm môi trường và tăng công suất của động cơ.

Bảng 1. Những yêu cầu cải tiến động cơ cần thiết khi tăng tỷ lệ ethanol trong hỗn hợp nhiên liệu xăng-ethanol [11]

Tỷ lệ ethanol trong hỗn hợp nhiên liệu	Bộ chế	Hệ thống phun nhiên liệu	Bơm nhiên liệu	Các bộ phận chịu áp suất nhiên liệu cao	Lọc nhiên liệu	Hệ thống đánh lửa	Hệ thống hòa hơi	Bình nhiên liệu	Bộ chuyển đổi xúc tác	Các chi tiết cơ bản của động cơ	Bơm dầu	Đường nạp	Hệ thống thải	Hệ thống khởi động
Dưới 5%														
5-10%														
10-25%														
25-85%														
Trên 85%														

Với bất kỳ phương tiện nào
Với những phương tiện đến 15 - 20 năm tuổi
Với các phương tiện được thiết kế đặc biệt

□ Không cần thiết ■ Có thể cần thiết

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 [4].

2.2. Nguyên liệu sản xuất Ethanol

Nguyên liệu sản xuất Ethanol thích hợp nhất là đường (từ củ cải đường, mía), rỉ đường và cây lúa miến ngọt, tinh bột (khoai tây, các loại hạt lúa, lúa mì, ngô, đại mạch) [9]. Năng suất Ethanol trung bình dao động từ 2.100 đến 5.600 lít/ha đất trồng 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 [5].

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 [5], hoặc một loạt các TCVN.

3. MÔ PHỎNG

3.1. Phần mềm mô phỏng

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phần mềm AVL Boost [2] để phục vụ mô phỏng.

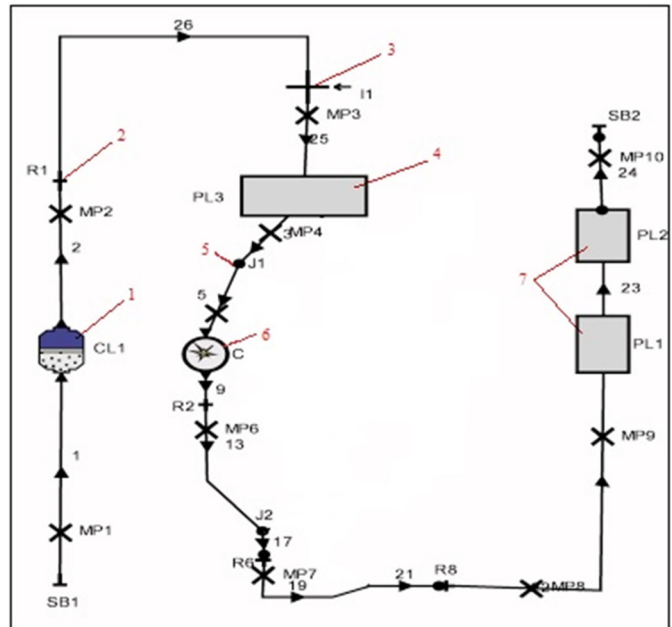
3.2. Quy trình mô phỏng

Dựa trên động cơ thực tế, từ những thành phần tử có sẵn trong AVL Boost, các thông số kỹ thuật của động cơ (bảng 2) ta xây dựng được mô hình động cơ dùng chế hòa khí như sau hình 1.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật động cơ xe máy dùng chế hòa khí

Loại động cơ	Động cơ 1 xy lanh, đánh lửa cưỡng bức
Dung tích xylanh	97cc

Moment xoắn cực đại	7,0Nm/5500v/p
Hành trình piston	77 mm
Tỷ số nén	9,0:1
Công suất cực đại	5,1kW/8000v/p
Hệ thống nhiên liệu	Bộ chế hòa khí
Hệ thống làm mát	Làm mát bằng gió



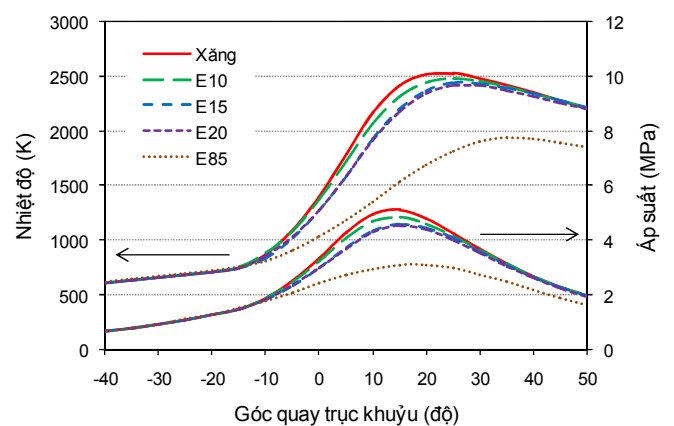
Hình 1. Mô hình mô phỏng

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

Nhập các dữ liệu vào mô hình, cho mô hình chạy ở các chế độ: Giữ nguyên lượng nhiên liệu và góc đánh lửa sớm của động cơ; giữ nguyên góc đánh lửa sớm của động cơ, điều chỉnh lượng nhiên liệu; giữ nguyên lượng nhiên liệu, điều chỉnh góc đánh lửa sớm.

4. GIẢI PHÁP CẢI TIẾN ĐỘNG CƠ KHI NÂNG TỶ LỆ ETHANOL

4.1. Đặc tính của quá trình cháy



Hình 2. Diễn biến áp suất, nhiệt độ trong xylanh động cơ tại 7500v/p

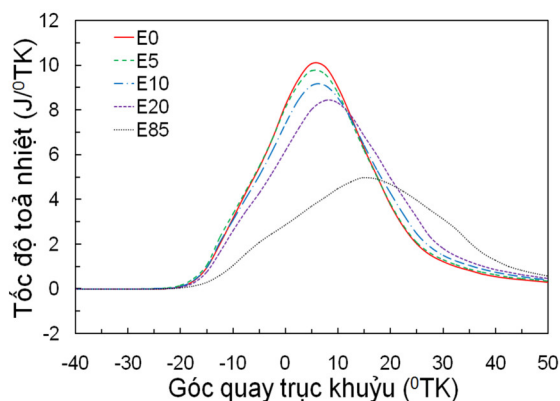
Hình 2 so sánh diễn biến của áp suất và nhiệt độ trong xylanh động cơ khi sử dụng 5 loại nhiên liệu ở 7500v/p từ

40° trước điểm chết trên (ĐCT) đến 50° sau ĐCT. Ta có thể thấy rõ, khi động cơ sử dụng nhiên liệu E0 và E5 không có nhiều sự khác biệt, từ E10 trở đi thì mới bắt đầu có sự thay đổi.

Ta cũng có thể nhận thấy rằng thời gian cháy trễ (góc cháy trễ) giảm đi khi tăng tỉ 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 châm cháy 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 theo [1] ta có với những giá trị $\lambda > 0,92$ 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 nên khả năng chống kích nổ cũng được cải thiện.

Bảng 3. Thời gian cháy trễ và thời gian cháy nhanh của các loại nhiên liệu

	E0	E5	E10	E20	E85
Thời gian cháy trễ (°TK)	11	10,2	10	9,5	6,3
Thay đổi thời gian cháy trễ (%)		-7,27	-9,09	-13,64	-42,73
Thời gian cháy nhanh (°TK)	33	33	34	36,5	40,7
Thay đổi thời gian cháy nhanh (%)		0	+3,03	+10,61	+23,33



Hình 3. Tốc độ toả nhiệt của động cơ sử dụng các loại nhiên liệu ở 7500v/p

Theo [1] ta có tốc độ toả nhiệt được tính theo công thức sau:

$$\frac{dQ}{d\phi} = g_{ct} \cdot Q_H \cdot \frac{dx}{d\phi} \quad (1)$$

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 vậy 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 tỉ lệ ethanol trong nhiên liệu thì tốc độ toả nhiệt càng giảm.

4.2. Công suất động cơ

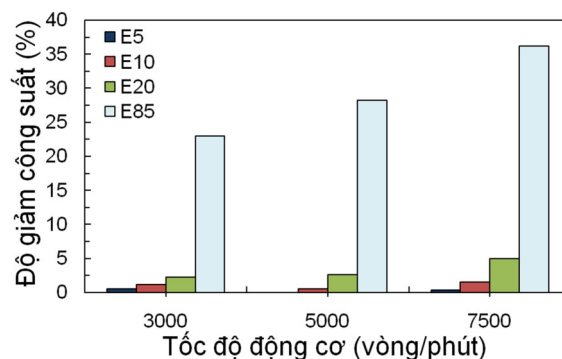
Khi giữ nguyên nhiên liệu, do nhiệt trị của ethanol thấp hơn xăng (chỉ bằng 2/3 so với xăng) nên công suất động cơ sẽ giảm. Với một tốc độ không đổi, lượng nhiên liệu cung cấp không đổi thì lượng không khí đi vào xylanh cũng không thay đổi [1]. Trong khi đó lượng không khí lý thuyết

để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu của ethanol ít hơn xăng (9kg so với 14,565kg của xăng), vì vậy hỗn hợp nhiên liệu càng nhạt đi khi tăng tỉ 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 tỉ 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 4 thể hiện giá trị công suất của động cơ khi giữ nguyên lượng nhiên liệu khi chạy các loại nhiên liệu ở 3 dải tốc độ khác nhau.

Bảng 4. Công suất động cơ khi chạy các loại nhiên liệu khác nhau (kW)

Nhiên liệu \ Tốc độ	Tốc độ		
	3000 (v/p)	5000 (v/p)	7500 (v/p)
E0	1,74	3,47	5,19
E5	1,73	3,47	5,17
E10	1,72	3,45	5,11
E20	1,70	3,38	4,93
E85	1,34	2,49	3,31

Hình 4 đã cho thấy được độ giảm công suất tương đối của động cơ khi chạy nhiên liệu xăng pha cồn với các tỉ lệ khác nhau ở 3 dải tốc độ 3000, 5000, 7500v/p so với khi chạy xăng E0. Ta thấy, khi sử dụng nhiên liệu E5, E10, E20, E85 thì công suất giảm lần lượt là 0,32%, 1,09%, 3,3% và 29,15%. Khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn ở tỉ lệ 20% thì không cần thiết phải chỉnh sửa kết cấu động cơ, công suất chỉ giảm đi có 3,3% khi toàn tải.



Hình 4. Độ giảm công suất khi sử dụng các loại nhiên liệu (so với E0)

Giả sử ta muốn hiểu rõ hơn phương pháp chỉnh sửa động cơ để khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn với tỉ số lớn mà vẫn giữ nguyên công suất, ta điều chỉnh lượng nhiên liệu cung cấp sao cho công suất động cơ không đổi ở một giá trị nào đó (công suất tối đa khi sử dụng nhiên liệu E85) ở cả 3 dải tốc độ trên. Ứng với mỗi tốc độ có một giá trị nhiên liệu cần bổ sung, để tính toán đường kính lỗ gic-lơ sao cho cung cấp đủ lượng nhiên liệu cho động cơ.

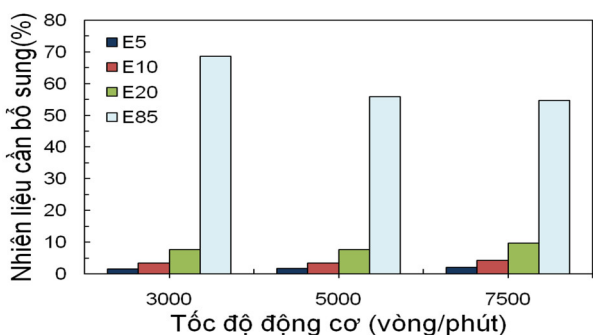
Lượng nhiên liệu cung cấp cho động cơ khi để công suất không thay đổi ở giá trị 1,71; 3,41; 5,09 (kW) ứng với các dải tốc độ 3000, 5000 và 7500 (v/p) được trình bày trong bảng 5. Từ đó ta có được đồ thị biểu diễn lượng nhiên liệu cần bổ sung để công suất không đổi (so với khi sử dụng E0) - hình 5.

Bảng 5. Lượng nhiên liệu cần dùng để công suất không đổi khi tăng tỉ lệ ethanol trong nhiên liệu (g/chu trình)

Tốc độ Nhiên liệu	3000 (v/p)	5000 (v/p)	7500 (v/p)
E0	0,00522	0,0059	0,00614
E5	0,0053	0,006	0,00627
E10	0,0054	0,0061	0,0064
E20	0,00562	0,00635	0,00673
E85	0,0088	0,0092	0,0095

Từ đó ta có thể xác định được giá trị trung bình của lượng nhiên liệu cần bổ sung khi sử dụng xăng pha cồn E5, E10, E20, E85 lần lượt là 1,78%; 3,69%; 8,3% và 59,75%. Từ đó ta có thể xác định được đường kính gic-lơ để cung cấp được lượng nhiên liệu yêu cầu.

Ta có: $G_k = \mu_h \cdot f_{h-min} \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta P_h \cdot \rho_k}$ [1] (2)



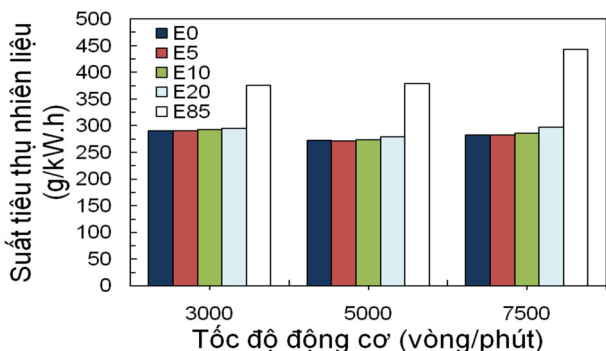
Hình 5. Nhiên liệu cần bổ sung để công suất động cơ không đổi

Từ biểu thức trên ta có thể tính được đường kính lỗ gic-lơ mới so với đường kính lỗ gic-lơ cũ. Từ đó suy ra được khi sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn với các tỉ lệ khác nhau thì đường kính lỗ gic-lơ phải cải tiến như thế nào để cung cấp được lượng nhiên liệu sao cho công suất động cơ không đổi (bảng 6).

Bảng 6. Độ tăng của đường kính lỗ gic-lơ để công suất động cơ không đổi

Nhiên liệu	E5	E10	E20	E85
Đường kính lỗ gic-lơ tăng (%)	0,38	0,79	1,77	11,31

4.3. Suất tiêu thụ nhiên liệu



Hình 6. Suất tiêu thụ nhiên liệu của động cơ sử dụng xăng pha cồn

Suất tiêu thụ nhiên liệu là tỉ số giữa lượng nhiên liệu tiêu thụ trên một đơn vị thời gian và công suất có ích của động cơ. Trong trường hợp này, khi giữ nguyên lượng nhiên liệu

thì ta xác định được suất tiêu thụ nhiên liệu của động cơ. Vì công suất của động cơ giảm, nên suất tiêu thụ nhiên liệu của động cơ sẽ tăng lên, được thể hiện qua hình 6.

5. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu là tiền đề cho 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).

Kết quả nghiên cứu cũng xây dựng được góc đánh lửa sớm tối ưu nhằm tăng công suất động cơ và xác định lượng nhiên liệu cần bổ sung nhằm đạt được công suất cực đại bằng công suất khi sử dụng xăng RON92. Cụ thể như sau: Góc đánh lửa sớm cần điều chỉnh khi sử dụng xăng pha cồn E5, E10, E20, E85 là -2°TK; -3°TK; -5°TK và -12°TK thì công suất tăng lần lượt là 0,16%, 0,27%, 1,05%, 7,65%. Lượng nhiên liệu cần bổ sung tương ứng với từng loại hỗn hợp xăng pha cồn E5, E10, E20, E85 là 1,76%, 3,67%, 7,51%. Đây là cơ sở để nghiên cứu việc cải tiến động cơ (tăng đường kính lỗ gic-lơ, điều khiển tối ưu góc đánh lửa sớm trên động cơ sử dụng bộ chế hoà khí) khi sử dụng các loại nhiên liệu gasohol với các tỷ lệ ethanol lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Phạm Minh Tuan, 2013. *Ly thuyết động cơ đốt trong*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.
 [2]. AVL-List GmbH. *BOOST v.2009 Theory*. Hans-List-Platz 1, A- 8020 Graz, Austria.
 [3]. Cao X., 2003. *Climate change and energy development: implications for developing countries*. Resour Policy 29:61-7.
 [4]. http://www.asiabiomass.jp/english/topics/1006_03.html
 [5]. <http://www.tradingeconomics.com/commodity/ethanol>
 [6]. http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_alcohol_fuel
 [7]. Johansson T, McCarthy S., 1999. *Global warming post-Kyoto: continuing impasse or prospects for progress?* Energy Dev Rep Energy, 69-71.
 [8]. Kesse DG, 2000. *Global warming-facts, assessment, counter-measures*. J Pet Sci Eng, 26:157-68.
 [9]. Murphy JD, McCarthy K, 2005. *The optimal production of biogas for use as a transport fuel in Ireland*. Renew Energy, 30:2111-27.
 [10]. Shelley Minterx, 2008. *Alcoholic Fuels*. CRC Press, Taylor & Francis Group, USA.
 [11]. The Royal Society, 2008. *Sustainable biofuels: Prospects and challenges*. UK.

AUTHORS INFORMATION

Tran Van Hoang¹, Tran Trong The¹, Nguyen Thanh Binh¹, Bui Van Chinh²

¹Faculty of Mechanical Engineering, University of Economics - Technology for Industries

²Faculty of Automobile Technology, Hanoi University of Industry