

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG LPG NHƯ MỘT NHIÊN LIỆU THAY THẾ CHO ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG - KHẢ NĂNG SỬ DỤNG Ở VIỆT NAM

USING LPG AS AN ALTERNATIVE FUEL FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE - USABILITY IN VIETNAM

Đinh Xuân Thành*, Phạm Hòa Bình,
Chu Đức Hùng, Nguyễn Ngô Long, Nguyễn Huy Chiến

TÓM TẮT

Bài báo này tổng hợp các nghiên cứu trên thế giới và trong nước về tình hình sử dụng khí dầu mỏ hóa lỏng làm nhiên liệu thay thế trên các động cơ đốt trong. Ưu nhược điểm về đặc tính làm việc, phát thải và độ bền của động cơ diesel khi chuyển sang sử dụng nhiên liệu LPG hoặc lưỡng nhiên liệu LPG/diesel đã được đề cập đến trong nghiên cứu này. Thêm vào đó các vấn đề về kỹ thuật chuyển đổi động cơ diesel thành động cơ sử dụng hoàn toàn nhiên liệu LPG cũng được tổng hợp và trao đổi nhằm định hướng áp dụng trong điều kiện Việt Nam.

Từ khóa: Hiệu suất động cơ, khí thải, động cơ LPG chuyển đổi, lưỡng nhiên liệu LPG/Diesel, khí dầu mỏ hóa lỏng.

ABSTRACT

This paper was classified according to domestic and international researches on using Liquefied Petroleum Gas (LPG) as the alternative fuel of internal combustion engines. Herein, the advantage and disadvantage of converted engine using LPG or LPG/Diesel dual fuel which was concerned with engine performance, emission and endurance. In addition, the technical questions of LPG converted engine also synthesized and analyzed to orient usability in Vietnam.

Keyword: Engine performance, emission, LPG converted engine, LPG/Diesel dual fuel, Liquefied Petroleum Gas.

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: thanhdx1969@gmail.com

Ngày nhận bài: 22/02/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/3/2019

Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2019

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Khí dầu mỏ hóa lỏng (Liquefied Petroleum Gas - LPG) được biết đến như là một nhiên liệu thay thế cho xăng và diesel, thành phần hóa học chủ yếu của LPG là Propane (C_3H_8) và Butane (C_4H_{10}). LPG dễ dàng chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái khí khi ở điều kiện nhiệt độ và áp suất môi trường [1]. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng bên trong bình chứa nhiên liệu LPG có hai trạng thái pha tồn tại đồng thời, pha lỏng nằm ở phía đáy của bình và pha khí ở phía trên của bình. Nhiên liệu LPG có tỷ số giãn nở khoảng 15

đến 20 lần so với nước và 1 đơn vị thể tích LPG có thể tạo ra khoảng 250 đơn vị thể tích khí. Kết quả nghiên cứu này đã đưa đến quy phạm an toàn về lưu trữ nhiên liệu LPG trong thùng nhiên liệu tối đa không được vượt quá 80% thể tích với áp suất của bình không được vượt quá 20 bar. Quy phạm an toàn này có thể được hiểu rằng, khoảng 20% thể tích còn lại dùng để cho phần nhiên liệu lỏng chuyển pha và giãn nở nhiệt ở điều kiện môi trường [2]. Để tăng hệ số an toàn và dễ dàng phát hiện khi bị rò rỉ, các nhà sản xuất đưa thêm một lượng không đáng kể khí tạo mùi vào trong LPG thương phẩm [3]. Cũng giống như các nhiên liệu truyền thống (xăng và diesel), nhiên liệu LPG có tỷ trọng nhẹ hơn nước (khoảng $0,53 \div 0,58$ kg/lít) và nặng gấp 2 lần tỷ trọng của không khí. Vì vậy, trong quá trình sử dụng khi bị rò rỉ nhiên liệu LPG sẽ tích tụ lại và có khả năng gây cháy nếu thỏa mãn đồng thời hai điều kiện: nhiệt độ của hỗn hợp đạt $481^\circ C$ với tỷ lệ LPG/không khí ($2\% \div 9,5\%$) [4]. So với nhiên liệu xăng và diesel, nhiên liệu LPG còn có các ưu điểm như: nhiệt trị thấp $Q_H = 46MJ/kg$, tỉ số không khí nhiên liệu (A/F) khoảng 15,5, trị số Octan đến 112, nhiệt độ ngọn lửa khi đốt cháy LPG trong không khí đo được lớn hơn $1900^\circ C$ và lớn hơn $2740^\circ C$ khi đốt cháy trong môi trường chỉ có Oxi (O_2) nguyên chất [5].

Từ những ưu và nhược điểm trên có thể nhận thấy tiềm năng to lớn của LPG nếu được sử dụng làm nhiên liệu trên các phương tiện giao thông vận tải. Ngày nay có rất nhiều quốc gia đã sử dụng LPG như là một nhiên liệu thay thế cho xăng và diesel cho động cơ đốt trong lắp trên các phương tiện vận tải và ngay cả các trang bị động lực cỡ lớn (bảng 1) [6].

Bảng 1. 10 quốc gia sử dụng LPG lớn nhất thế giới [11]

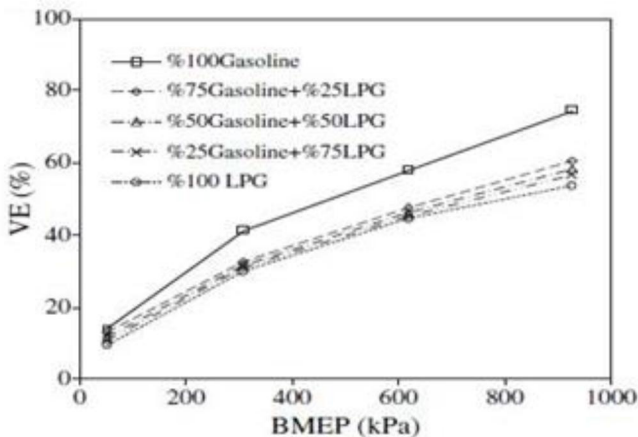
STT	Tên quốc gia	Mức tiêu thụ LPG (Nghìn tấn)	Số lượng phương tiện (nghìn chiếc)	Trạm tiếp nhiên liệu
1	Hàn Quốc	3987	2410	1994
2	Nga	2850	3000	4400
3	Thổ Nhĩ Kỳ	2727	3935	10089

4	Thái Lan	1775	1020	1090
5	Ba Lan	1575	2750	5520
6	Italia	1520	1930	3250
7	Nhật Bản	980	234	1517
8	Ukraina	821	1500	2750
9	Úc	813	490	3703
10	Trung Quốc	730	141	310

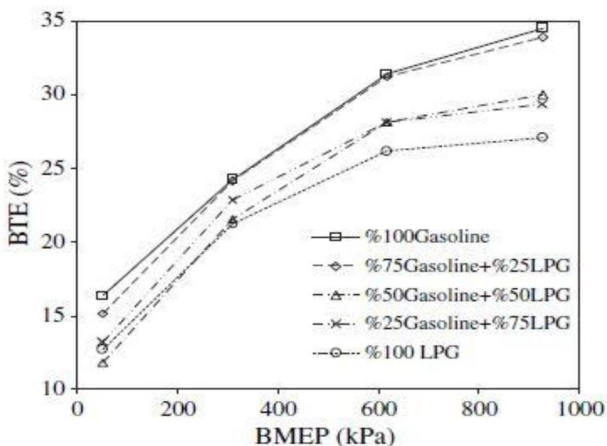
2. NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG LPG LÀM NHIÊN LIỆU CHO ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG

2.1. Các nghiên cứu nước ngoài

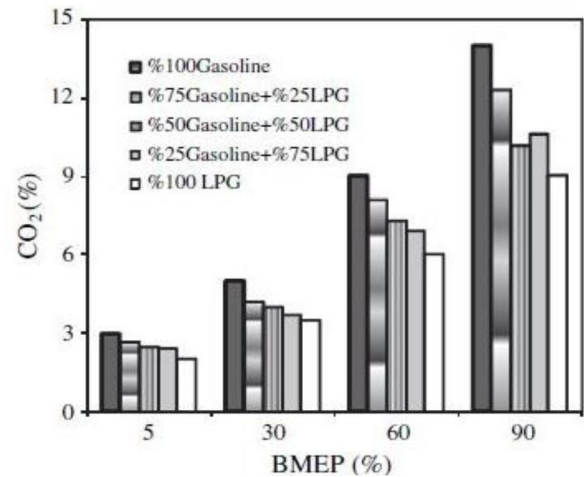
M. Gum tiến hành nghiên cứu trên cùng một động cơ với các điều kiện thí nghiệm như: tốc độ động cơ được giữ ở $n = 3800$ vòng/phút, tỷ lệ LPG thay đổi ở các giá trị 25%, 50%, 75% và 100%, tải thay đổi tại 5%, 30%, 60% và 90%. Các thông số như hệ số nạp, hiệu suất nhiệt, tỷ lệ A/F, suất tiêu hao nhiên liệu, khả năng tiêu thụ năng lượng cũng như khí thải được xem xét. Kết quả thí nghiệm đã chỉ ra hệ số nạp (η_v) giảm khi tăng tỷ lệ LPG, tuy nhiên khí thải giảm đáng kể so với khi động cơ sử dụng hoàn toàn nhiên liệu xăng và lượng khí thải giảm mạnh nhất khi động cơ sử dụng hoàn toàn LPG. Các thông số được thể hiện rõ hơn ở các biểu đồ hình 1 ÷ 4 [7].



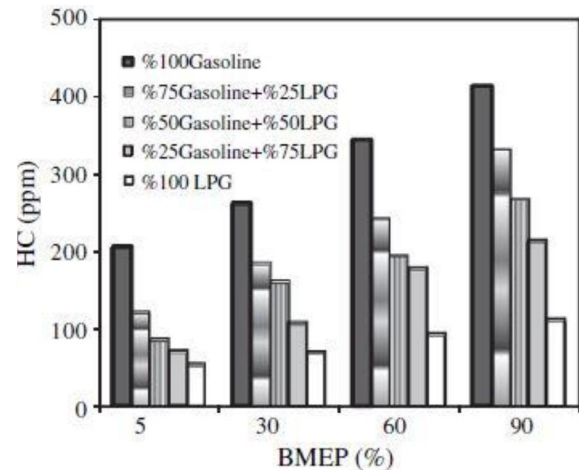
Hình 1. Hệ số nạp thay đổi theo BMEP



Hình 2. Hiệu suất nhiệt thay đổi theo BMEP



Hình 3. CO₂ thay đổi theo BMEP



Hình 4. HC thay đổi theo BMEP

M. I. Sulaiman, Ayob M.R và Meran I phân tích đặc tính của động cơ một xilanh cháy cưỡng bức sử dụng nhiên liệu LPG. Nhiên liệu đi qua bộ trộn trước khi đến bộ chế hòa khí và đưa vào buồng cháy. Kết quả chỉ ra công suất đầu ra thu được bởi LPG giảm 4% so với xăng không chì và suất tiêu hao nhiên liệu giảm 28,38% khi động cơ được cải tiến để chạy LPG [8].

Baris Erkus, Ali Surmen và M.Ihsari Karmangil đã nghiên cứu về ảnh hưởng của hệ thống phun điện tử hỗn hợp LPG với đặc tính động cơ cháy cưỡng bức. Thử nghiệm được thực hiện ở 2000 - 4000 vòng/phút và điều chỉnh bướm ga mở 25% và 45%. Thí nghiệm được thực hiện trong phòng thử với hệ số dư lượng không khí được duy trì ở 0,95 - 1,05. Kết quả thu được từ phun LPG được so sánh với kết quả từ xăng và LPG chế hòa khí. Kết quả cuối cùng chỉ ra rằng ở vị trí bướm ga mở 25% với phun LPG, sự cải tiến lớn nhất ở công suất có ích thu được là 99,52% và 84,84% so với xăng và LPG chế hòa khí ở 3500 vòng/phút. Khi bướm ga mở 50% công suất động cơ phun LPG luôn cao hơn khi so với LPG chế hòa khí ở 3000 vòng/phút và lớn hơn. Hệ số nạp cũng chỉ sự cải tiến của phun LPG khi so với LPG chế hòa khí khi mở 25% và 50% bướm ga. Suất tiêu hao nhiên liệu tìm ra của phun LPG thấp hơn ở cả hai vị trí bướm ga trừ 2500 vòng/phút, mở 25% bướm ga [9].

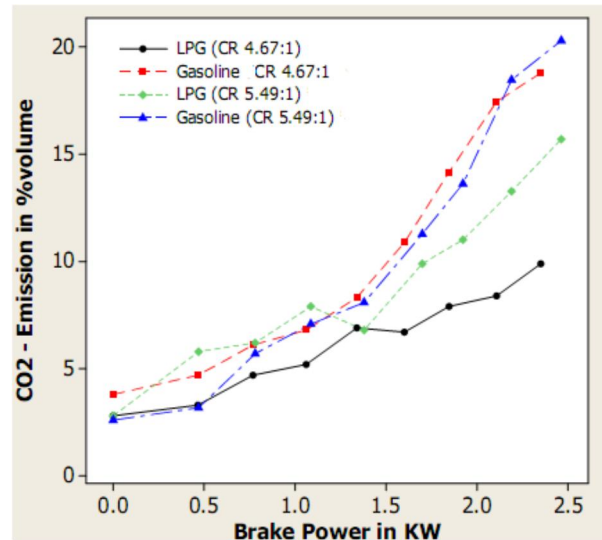
Shankar K. S, Mohanan P đã nghiên cứu ảnh hưởng của sự thay đổi thời điểm đánh lửa với đặc tính của một động cơ xăng 4 kì phun đa điểm được cải tiến để cho phép phun nhiên liệu LPG. Thực nghiệm được thực hiện ở nhiều tốc độ ở 5 độ trước ĐCT sau đó được tăng lên 6 độ và tiếp tục ở 4 và 3 độ trước điểm chết trên (ĐCT). Kết quả chỉ ra rằng ở 5 độ trước ĐCT BTE của LPG thấp hơn so với xăng ở tốc độ thấp nhưng lại cao hơn khi động cơ chạy ở tốc độ lớn hơn 3500 vòng/phút. Do nhiệt độ đánh lửa của LPG cao hơn nên thời gian đánh lửa là nhiều hơn, điều này làm giảm tỉ lệ cháy trung bình. Để thích ứng với điều này, động cơ tiêu tốn nhiều nhiên liệu hơn do đó giảm hiệu quả thu được. Tuy nhiên ở tốc độ cao, tốc độ lan truyền ngọn lửa của LPG tăng làm giảm thời gian của mỗi chu kì và yêu cầu nhiều tốc độ cháy hơn và tăng hiệu quả. Khí thải CO giảm trung bình 5 đến 1.5% khi sử dụng LPG. Thực nghiệm chỉ ra rằng HC giảm khá nhiều khi sử dụng LPG ở toàn bộ các vị trí bướm ga trong khi lượng NO_x tìm được gần như gấp đôi ở 4500 vòng/phút. Khi chạy ở 6 độ trước ĐCT, thời gian cháy tăng làm tăng công suất ở ra ở tốc độ thấp do đó hiệu suất là cao hơn ở 6 độ ĐCT. Tuy nhiên khi giảm thời điểm đánh lửa xuống 4 và 3 độ trước ĐCT gây ra cháy không hoàn toàn nhiên liệu khiến suất tiêu hao nhiên liệu là nhiều hơn. Ở 6 độ trước ĐCT, CO và HC tìm được thấp hơn do kết quả của cháy hoàn toàn ở tốc độ cao của LPG. Giảm thời điểm đánh lửa làm nhiên liệu không được cháy hết nên lượng CO cao hơn ở 3 và 4 độ trước ĐCT. Nồng độ NO_x tìm được là 1400mg/l ở 6 độ trước ĐCT trong khi ở 3 độ trước ĐCT là 500mg/l. Sự giảm bớt này là do nhiệt độ cháy thấp bởi cháy không hoàn thành trong khi ở 6 độ trước ĐCT nhiên liệu cháy hết và tốc độ cháy cao nên nồng độ NO_x tăng [10].

Javier Ariztegui và các cộng sự đã tiến hành thực nghiệm phun trực tiếp LPG. Một động cơ xăng tăng áp 1.4L phun trực tiếp được chuyển đổi sang vận hành với LPG. Thực nghiệm chỉ ra những ưu điểm tiềm năng khi phun trực tiếp LPG để ứng dụng trên các phương tiện. Nhiên liệu này không chỉ dễ dàng đạt được mục tiêu về CO₂ mà còn đạt các tiêu chuẩn khí thải với công nghệ xử lý sau xả. Lượng CO₂ giảm 15% khi so với xăng, lượng muội than gần như bằng 0. Suất tiêu hao nhiên liệu tìm được giảm 15%, liên quan tới NEDC được đo trên phương tiện [11].

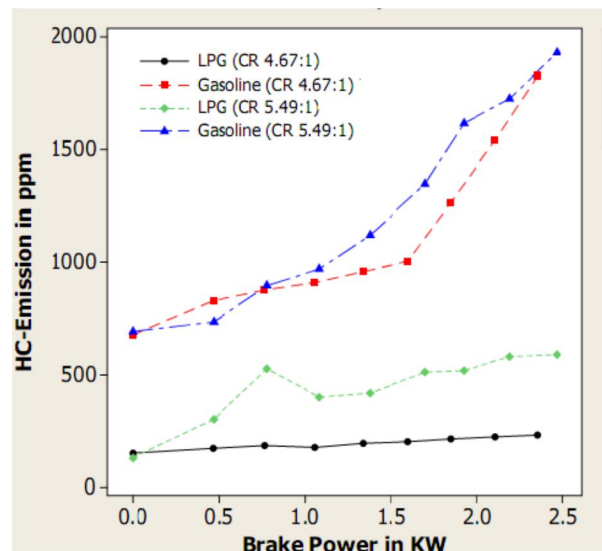
Hossam E. Salleh, Ramadan MH. Elsanousi đã thực nghiệm tìm hiểu ảnh hưởng của hỗn hợp LPG/Diesel với khí thải và đặc tính trên một động cơ lưỡng nhiên liệu để thu được tỉ trọng thay thế tốt nhất của động cơ lưỡng nhiên liệu khi duy trì hiệu suất nhiệt cao có thể sánh với động cơ thông thường. Một động cơ diesel phun trực tiếp được chuyển đổi thành động cơ phun dẫn hướng lưỡng nhiên liệu LPG/Diesel cho một vùng tải thay đổi. Kết quả thu được chỉ ra rằng động cơ có thể chạy thuận lợi và đạt yêu cầu lên đến 90% diesel được thay thế và tỉ lệ khối lượng LPG trên tổng khối lượng hỗn hợp ở 40% là tốt nhất cho duy trì hiệu suất nhiệt. Ở chế độ một phần tải, động cơ sử dụng phương pháp luân hồi khí thải để cải tiến đặc tính động cơ và khí xả ô nhiễm. Sự cân bằng tốt hơn giữa CO và

NO_x thu được với giới hạn hệ số luân hồi khí thải từ 5% đến 15% ở một phần tải [12].

Sanjay Dbisen và Yogesh R.Suple đã nghiên cứu ảnh hưởng của phun trực tiếp LPG vào buồng cháy với một động cơ một xilanh 4 kỳ với sự trợ giúp của một vòi phun. Thực nghiệm được thực hiện ở 400 vòng/phút và tải biến thiên. Kết quả cuối cùng chỉ ra rằng suất tiêu hao nhiên liệu giảm khi tăng công suất so với xăng. Khi sử dụng LPG giá trị BTE cao hơn khi sử dụng xăng và hiệu suất nạp của LPG thấp hơn [13].



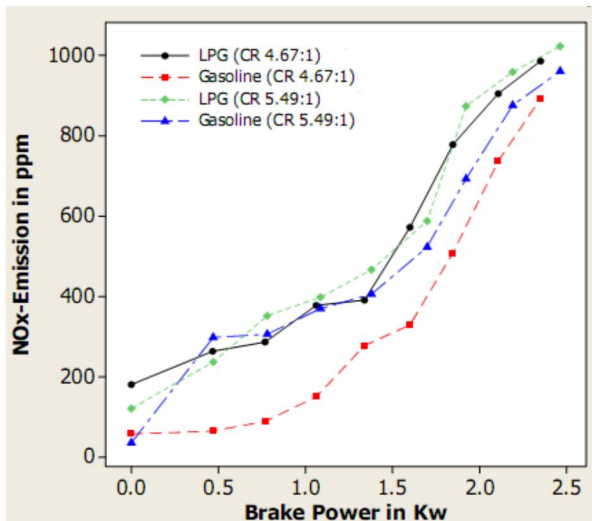
Hình 5. CO₂ thay đổi theo công suất



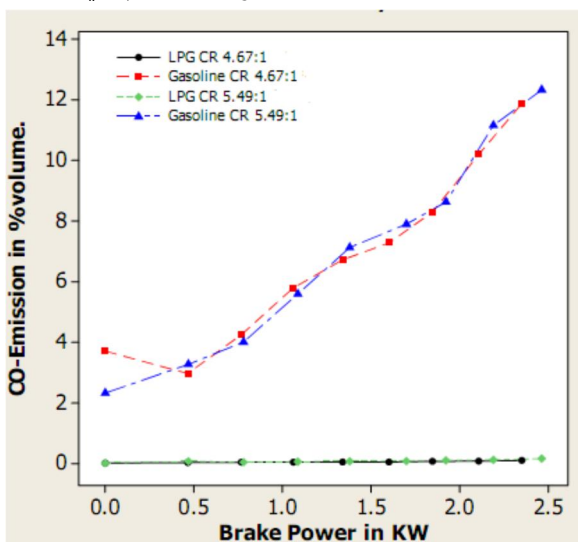
Hình 6. HC thay đổi theo công suất

Hakan Bayraktar và Orhan Durgun đã phát triển một mô hình quasi dimensional để dự đoán đặc tính của động cơ khi sử dụng nhiên liệu LPG, trên mô hình này buồng cháy được chia ra làm hai vùng, vùng 1 chứa hỗn hợp không cháy và vùng 2 chứa hỗn hợp cháy. Mô hình này giải quyết các phương trình điều chỉnh chênh lệch cơ bản cho động cơ 4 kỳ. Kết quả thu được từ mô hình được so sánh với dữ liệu thực nghiệm và được kết luận rằng LPG làm giảm hiệu suất nạp và công suất đầu ra và LPG gây ra ảnh hưởng bất

lợi đến các bộ phận của động cơ bởi sự tăng lên của nhiệt độ và áp suất do thời gian cháy giảm cũng như tốc độ cháy của LPG cao. Mặt khác, lượng giảm CO tìm được là 4 - 5,3% trong khi đó của NO là 1 - 50% thay đổi theo tốc độ động cơ. Do đó từ kết quả thu được có thể kết luận rằng LPG có ảnh hưởng xấu đến đặc tính của động cơ và tính kinh tế của nhiên liệu [14].



Hình 7. NO_x thay đổi theo công suất



Hình 8. CO thay đổi theo công suất

Thirumal Mamidi và J.G.Suryannshi thực nghiệm để tính toán đặc tính của một động cơ đơn kỳ cháy cưỡng bức sử dụng nhiên liệu là LPG với tải biến thiên và ở nhiều tỉ số nén (4,67:1 và 5,49:1). Kết quả thu được chỉ ra rằng, LPG sử dụng nhiều nhiên liệu hơn ở cả hai tỉ số nén so với xăng. Khả năng tiêu thụ năng lượng của LPG có giá trị cao hơn một chút so với xăng do nhiệt trị cao BTE của xăng cao hơn so với LPG ở cả hai tỉ số nén. Trong khi đó mức độ CO, CO₂ và HC không cháy tìm được thấp hơn so với xăng [15].

Hakan Ozcan và Jehad A.A. Yamin đã nghiên cứu hiệu quả của sự thay đổi chiều dài hành trình piston đồng thời thay đổi tỉ số nén của động cơ. Một máy tính mô phỏng sự thay đổi hành trình piston trên động cơ cháy cưỡng bức sử

dụng LPG được thực hiện và kết quả thu được được so sánh với kết quả thực nghiệm ở cả hành trình piston không đổi và biến thiên. Kết quả chỉ ra rằng công suất tăng 7 - 54% ở tốc độ thấp và 7 - 57% ở tốc độ cao khi hành trình piston thay đổi, nhưng suất tiêu hao nhiên liệu giảm khoảng 6% đến tăng 3% ở tốc độ thấp và giảm khoảng 6% đến tăng 8% ở tốc độ cao ở tất cả các chiều dài hành trình. Mức độ ô nhiễm tăng từ 0,65% đến 2% ở tốc độ thấp trong khi ở tốc độ cao hành trình piston lớn cho kết quả giảm độ ô nhiễm 5% còn ở hành trình nhỏ là tăng khoảng 2% [16].

2.2. Nghiên cứu LPG ở Việt Nam

Để đáp ứng các yêu cầu về tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường thì việc sử dụng nhiên liệu "sạch" thay thế nhiên liệu diesel truyền thống ở Việt Nam là hướng đi cần quan tâm đầu tư nghiên cứu và phát triển. Tuy nhiên, các nghiên cứu bước đầu chủ yếu là thử nghiệm chuyển đổi cho các động cơ xăng, việc sử dụng nhiên liệu LPG cho động cơ diesel thì vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ.

Bùi Văn Ga và các cộng sự đã nghiên cứu thực nghiệm quá trình cháy của nhiên liệu khí dầu mỏ hóa lỏng LPG, cung cấp nhiên liệu LPG bằng cách phun trực tiếp được thực hiện trên một động cơ đặc biệt. Kết quả cho thấy: Tốc độ cháy của hỗn hợp LPG - không khí lớn hơn tốc độ cháy của hỗn hợp xăng-không khí và phụ thuộc vào tốc độ động cơ. Do đó cần điều chỉnh lại góc đánh lửa khi chuyển động cơ xăng sang sử dụng LPG. Hỗn hợp LPG-không khí có thể cháy ổn định ở giới hạn dưới của độ đậm đặc. Vì vậy có thể thiết kế động cơ LPG làm việc với hỗn hợp loãng ($\lambda > 1$) để nâng cao tính kinh tế và giảm ô nhiễm môi trường [17]. Tốc độ cháy cơ bản là thông số quan trọng trong mô hình hóa quá trình cháy của động cơ đánh lửa cưỡng bức vì nó quyết định đến tốc độ tỏa nhiệt và do đó ảnh hưởng đến dạng đường cong áp suất. Tốc độ cháy cơ bản của hỗn hợp LPG- không khí phụ thuộc mạnh vào vận động rối của dòng khí trong buồng cháy do đó giá trị của nó thay đổi theo góc quay trục khuỷu của động cơ. Dạng đường cong $Sn(\varphi)$ (tốc độ cháy cơ bản theo góc quay trục khuỷu) không thay đổi nhiều ứng với các chế độ làm việc khác nhau của động cơ, giá trị Sn cực đại gấp đôi giá trị Sn ổn định. Cùng thành phần hỗn hợp như nhau, tốc độ cháy cơ bản trong buồng động cơ có giá trị gấp 3 lần tốc độ cháy cơ bản trong buồng cháy đẳng tích [18]. Tia phun LPG bốc hơi nhanh hơn so với tia phun xăng truyền thống và rất nhạy cảm đối với tốc độ vận động của không khí trong buồng cháy. Khi tăng áp suất phun, góc mở của tia phun xăng tăng trong khi góc mở của tia LPG giảm [19, 20]. Quá trình cháy trong động cơ đánh lửa cưỡng bức phun trực tiếp (GDI) phụ thuộc rất nhiều vào tính bốc hơi của nhiên liệu và đặc điểm quá trình phun. Tốc độ bốc hơi của tia LPG tỉ lệ với lượng nhiên liệu cung cấp và các hạt LPG bốc hơi hoàn toàn trong thời gian 2,5 ms với nhiệt độ khí trong buồng cháy khoảng 350K [21]. Tính bốc hơi cao của LPG tạo điều kiện hòa trộn nhanh chóng để đạt hỗn hợp đồng nhất tuy nhiên điều này gây khó khăn cho việc tạo hỗn hợp phân lớp. Tia phun LPG trong buồng cháy động cơ có sự phân lớp mạnh về dạng hình học lẫn tốc độ bốc hơi và hòa trộn của tia phun

LPG khi sử dụng cánh hướng dòng đặt trước xupap nạp quá trình phun diễn ra vào cuối kỳ nạp, Có thể phối hợp giữa điều chỉnh cánh hướng dòng và hình dạng piston để tạo hỗn hợp có thành phần tối ưu quanh nén đánh lửa trong động cơ đánh lửa cưỡng bức phun trực tiếp LPG [22]. Mô hình ba khu vực và diễn biến áp suất trong buồng cháy đã được thiết lập sử dụng để tính toán quá trình cháy phân lớp của động cơ đánh lửa cưỡng bức phun trực tiếp LPG dự báo ảnh hưởng các yếu tố chính (độ đậm đặc của hỗn hợp và góc đánh lửa sớm) đến đường cong áp suất của động cơ LPG [23, 24].

Các nghiên cứu trên thực tế khi chuyển từ động cơ xăng sang LPG mà không thay đổi tỉ số nén của động cơ, công suất động cơ giảm khoảng 10%. Tuy nhiên mô men của động cơ LPG tăng nhanh hơn so với nhiên liệu xăng, suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ LPG chỉ bằng 50% so với xăng khi tốc độ động cơ trong khoảng 5000 vòng/phút đến 7000 vòng/phút [25]. Mức độ phát thải CO của xe gắn máy sử dụng nhiên liệu LPG giảm hơn 80% so với xăng ở mọi chế độ tốc độ của động cơ. Phát thải HC thay đổi rất ít theo tốc độ động cơ và chỉ bằng 5% so với mức độ phát thải HC của động cơ xăng ở vùng tốc độ trung bình. Biến thiên mức độ phát thải NO_x theo tốc độ động cơ đạt giá trị cực tiểu ở 2000 vòng/phút và tăng dần ở tốc độ cao hơn [26].

Lê Anh Tuấn và Phạm Minh Tuấn cùng các cộng sự đã nghiên cứu sử dụng nhiên liệu khí hóa lỏng LPG trên động cơ diesel truyền thống Mazda WL. Các kết quả nghiên cứu bước đầu đã chỉ ra rằng thành phần PM có trong khí thải đã giảm rõ rệt khi sử dụng động cơ lưỡng nhiên liệu. Tỷ lệ thành phần nhiên liệu trong hỗn hợp và tốc độ của động cơ có ảnh hưởng đến hiện tượng kích nổ, để tăng khả năng sử dụng LPG mà không xảy ra hiện tượng kích nổ có thể sử dụng một trong số các giải pháp kỹ thuật sau: giảm tỉ số nén của động cơ và giảm góc phun sớm diesel hoặc cải tạo hệ thống cấp nhiên liệu phù hợp với qui luật cung cấp diesel mỗi, để đơn giản hơn có thể thực hiện phương án luân hồi khí thải EGR. Khi giảm góc phun sớm có thể tăng tỉ lệ LPG lên mà không xảy ra hiện tượng kích nổ [27].

Phạm Hữu Tuyến và các cộng sự đã thực hiện nghiên cứu trên động cơ diesel D1146TI với LPG được cấp trên đường ống nạp, nhiên liệu diesel vẫn được phun vào xy lanh ở cuối kỳ nén. Kết quả cho thấy, LPG thay thế được một phần nhiên liệu diesel trong khi động cơ vẫn đạt được mô men và công suất cực đại. Động cơ hoạt động với LPG/diesel có hàm lượng phát thải CO, HC và PM cao hơn nhưng hàm lượng NO_x và muội ít hơn [28]. Cũng với lưỡng nhiên liệu LPG/Diesel, Trần Thanh Hải Tùng cùng các cộng sự đã tiến hành nghiên cứu trên đối tượng khác là động cơ diesel Toyota 3C-TE. Kết quả thực nghiệm cho thấy mức LPG thay thế có thể đạt tới 40%, độ khói giảm ở tất cả các chế độ, trong khi đó CO và HC tăng nhưng vẫn đạt tiêu chuẩn EURO II, lượng giảm NO_x là 6,7% [29].

Qua các nghiên cứu trên cho thấy rằng hầu hết các kết quả nghiên cứu đều tập trung vào các kết quả về công suất, mô men và khí thải mà chưa đề cập đến các giải pháp chuyển đổi động cơ. Để hướng đến sự thành công khi

chuyển đổi động cơ diesel một xy lanh thành động cơ LPG và động cơ LPG chuyển đổi này sẽ được làm đối tượng thí nghiệm phục vụ nghiên cứu chuyển đổi động cơ một xy lanh kiểu tự bốc cháy thành động cơ LPG công suất nhỏ hình thành hỗn hợp bên ngoài, bước tiếp theo của nghiên cứu sẽ tập trung vào giải pháp kỹ thuật chuyển đổi động cơ diesel thành động cơ sử dụng LPG.

3. CÁC GIẢI PHÁP CHUYỂN ĐỔI

Giải pháp kỹ thuật để chuyển đổi động cơ diesel thành động cơ sử dụng nhiên liệu LPG đã được nghiên cứu và sử dụng rất nhiều trên thế giới. Có hai giải pháp ông nghệ này chủ yếu theo hai hướng đó là: Động cơ diesel lưỡng nhiên liệu (LPG/Diesel) và động cơ chỉ sử dụng LPG. Sự khác biệt của hai giải pháp kỹ thuật này là ở hệ thống cấp nhiên liệu và giải pháp đốt cháy nhiên liệu ở bên trong động cơ (hệ thống đánh lửa) [30].

Động cơ lưỡng nhiên liệu (LPG/Diesel) được trang bị đồng thời hai hệ thống cung cấp nhiên liệu là LPG và Diesel mà không có sự can thiệp gì đến các thông số kết cấu của động cơ nguyên bản. Nhiên liệu LPG được cấp trên đường ống nạp và nhiên liệu Diesel vẫn được phun trực tiếp vào trong xy lanh động cơ, vai trò chủ yếu của nhiên liệu Diesel là tạo ra nguồn lửa đốt cháy phần nhiên liệu LPG khó cháy hơn còn lại trong buồng cháy. Tuy nhiên với động cơ LPG/Diesel này sẽ phải tồn tại đồng thời hai hệ thống cấp nhiên liệu và việc điều khiển nhiên liệu LPG/Diesel là tương đối phức tạp, thêm vào đó lượng nhiên liệu LPG thay thế chưa cao và vẫn phải phụ thuộc vào nhiên liệu Diesel [31].

Trong khi đó, động cơ Diesel chuyển đổi thành động cơ đơn nhiên liệu LPG sẽ không phụ thuộc vào nhiên liệu Diesel, hệ thống nhiên liệu cũ được thay thế hoàn toàn bằng hệ thống cung cấp LPG cùng với một số thay đổi khác đảm bảo cho việc đốt cháy LPG. Hệ thống chuyển đổi và pha trộn kiểu chế hòa khí là kiểu cổ nhất, đã được ứng dụng vài thập kỉ và vẫn được sử dụng rộng rãi. Nhiên liệu LPG được chuyển đổi thành hơi sau đó trộn với không khí trước khi đi vào ống dẫn hút. Các hệ thống phun hơi (VPI) cũng sử dụng hệ thống chuyển đổi và pha trộn nhưng khí đốt rời bộ chuyển đổi dưới áp suất cao và được phun vào ống nạp. Vòi phun điện tử cải tiến định lượng nhiên liệu cho động cơ, tính kinh tế của nhiên liệu và công suất, cũng như giảm lượng khí thải ô nhiễm. Hai hệ thống tân tiến hơn và được sử dụng phổ biến nhất trong những năm gần đây là hệ thống phun pha lỏng (LPI) và hệ thống phun trực tiếp pha lỏng (LPDI). Hệ thống phun pha lỏng (LPI) phun trực tiếp chất lỏng vào ống dẫn hút nơi nó bay hơi mà không sử dụng đến bộ chuyển đổi. Sự bốc hơi nhiên liệu trong ống dẫn hút làm mát và tăng mật độ không khí nạp làm tăng đáng kể công suất đầu ra, giải quyết tính kinh tế của nhiên liệu và ít ô nhiễm hơn hệ thống phun hơi. Hệ thống phun trực tiếp pha lỏng (LPDI) là hệ thống tối ưu nhất hiện nay, phun trực tiếp LPG lỏng vào trong buồng cháy. LPG ngay lập tức bốc hơi, làm mát hỗn hợp nhiên liệu không khí trong buồng cháy ở kì nén với các đặc tính và khí thải được cải tiến hơn [32].

4. KẾT LUẬN

Từ các phân tích trên có thể nhận thấy rằng có nhiều nghiên cứu về việc sử dụng nhiên liệu LPG cho động cơ đốt trong nhưng các nghiên cứu này đều tập trung vào những đối tượng như động cơ xăng (cháy cưỡng bức) hoặc động cơ diesel (tự bốc cháy) với nhiên liệu LPG kết hợp với Diesel mà chưa tận dụng được các ưu điểm của nhiên liệu LPG như:

- + Giảm đáng kể được các chất ô nhiễm: CO₂, CO, NO_x và đặc biệt là PM.
- + Dễ dàng điều chỉnh đúng tỉ lệ hỗn hợp nhiên liệu và không khí để quá trình cháy xảy ra hoàn toàn.
- + Dễ dàng khuếch tán và hòa trộn với không khí thành hỗn hợp cháy nhờ tốc độ hóa hơi rất nhanh.
- + Chi phí sản xuất nhiên liệu LPG thấp hơn so với xăng và diesel, thêm vào đó là tiềm năng của LPG ở trong nước là tương đối lớn.

Tuy nhiên việc chuyển đổi từ động cơ Diesel sang thành động cơ đơn nhiên liệu cần phải giải quyết những nhược điểm như:

- + Mở rộng vùng tốc độ hoạt động của động cơ và nâng cao hiệu suất nhiệt cho động cơ chuyển đổi.
- + Điều chỉnh thời điểm đánh lửa và lambda ổn định để tăng tính ổn định của động cơ khi làm việc ở điều kiện hỗn hợp nghèo.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội đã cấp kinh phí để thực hiện nghiên cứu này trong khuôn khổ đề tài "**Nghiên cứu chuyển đổi động cơ một xylanh kiểu tự bốc cháy thành động cơ LPG công suất nhỏ hình thành hỗn hợp bên ngoài**".

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Priotr Bielaczyc, Andrzej Szczotka and Henryk Brodzinski, 2001. *Analysis of the exhaust emissions from vehicles fuelled with petrol or LPG and CNG alternatively*. Journal of Kones. Combustion Engines, Vol 8, No 1-2, pp: 363 - 369.
- [2]. George E. Totten, 2003. *Fuels and lubricants handbook: technology, properties, performance, and testing* (2nd printing. ed.). West Conshohocken, Pa.: ASTM International. ISBN 9780803120969. Archived from the original on 4 June 2016.
- [3]. K.F. Mustafa, H.W. Gitano-Briggs, 2009. *Liquefied Petroleum Gas (LPG) as an Alternative Fuel in Spark Ignition Engine: Performance and emission characteristics*. in International Conference on Energy and Environment, Malacca.
- [4]. Venera Brizea, Maria Mitu, Codina Movileanu, Adina Musuc and Domnina Razus. *Expansion coefficients and normal burning velocities of propane-air mixtures by the closed vessel technique*. Analele Universităţii din Bucureşti - Chimie (serie nouă), vol 19 no. 2, pp. 31 - 37, pISSN: 1220-871X eISSN: 1844-0401.
- [5]. Lê Anh Tuấn (Chủ biên), 2017. *Nhiên liệu thay thế dùng cho động cơ đốt trong*. Nhà xuất bản Bách Khoa Hà Nội.

- [6]. Muji Setiyo, Budi Waluyo, Willyanto Anggono và Mohammad Husni, 2016. *Performance of gasoline/LPG bi-fuel engine of manifold absolute pressure sensor (maps) variations feedback*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 11, No. 7.

- [7]. M. Gumus, 2011. *Effects of volumetric efficiency on the performance and emissions characteristics of a dual fueled (gasoline and LPG) spark ignition engine*. Fuel Processing Technology 92, pp: 1862-1867, <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.05.001>.

- [8]. M. I. Sulaiman, Ayob M.R, Meran I, 2013. *Performance of Single Cylinder Spark Ignition Engine Fueled by LPG*. Procedia Engineering, vol. 53, pp. 579 - 585.

- [9]. Baris Erkus, Ali Surmen, M. Ihsan Karamangil, 2013. *A comparative study of carburation and injection fuel supply methods in an LPG-fuelled SI engine*. Fuel, vol. 107, p. 511-517.

- [10]. Shankar K. S, Mohanan P, 2011. *MPFI gasoline engine combustion, performance and emission characteristics with LPG injection*. Energy and Environment, vol. 2, no. 4, pp. 761-770.

- [11]. Javier Ariztegui, Jaime Gutierrez, Alois Fürhapter, Hubert Friedl, 2015. *LPG Fuel Direct Injection for Turbocharged Gasoline Engines*. MTZ worldwide, Volume 76, Issue 10, pp 10-15.

- [12]. Hossam E. SALEH, Ramadan MH. Elsanousi, 2014. *Performance and Exhaust Analysis of Direct Injection Diesel Engine Running on Dual Fuel*. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Volume 15 Number 2.

- [13]. Sanjay D Bisen, Yogesh R. Suple, 2013. *Performance evaluation of four stroke SI engine by direct injection of LPG*. International Journal for Engineering Applications and Technology, Vol. 1, No. 2, ISSN: 2321-8134.

- [14]. Hakan Bayraktar, Orhan Durgun, 2005. *Investigating the effects of LPG on spark ignition engine combustion and performance*. Energy Conversion and Management, vol. 46, pp. 2317-2333.

- [15]. Thirumal mamidi, J.G. Suryawnshi, 2012. *Investigations on S.I. Engine Using Liquefied Petroleum Gas (LPG) As an Alternative Fuel*. International journal of engineering research and applications, Vol. 2, No. 1, pp. 362-367, ISSN: 2248-9622.

- [16]. Hakan Ozcan, Jehad A.A. Yamin, 2008. *Performance and emission characteristics of LPG powered fourstroke SI engine under variable stroke length and compression ratio*. Energy Conversion and Management, Vol. 49, pp. 1193-1201.

- [17]. Bùi Văn Ga, Lê Văn Tuy, 2000. *Ảnh hưởng của các thông số vận hành đến tính năng của động cơ sử dụng nhiên liệu khí dầu mỏ hóa lỏng LPG*. Tạp chí Giao thông vận tải số 10/2000, pp. 27-29.

- [18]. Bùi Văn Ga, Phùng Xuân Thọ, Nguyễn Hữu Hường, 2003. *Xác định tốc độ cháy của hỗn hợp LPG-không khí trong buồng cháy động cơ đánh lửa cưỡng bức phun trực tiếp*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, số 42-43, pp. 63-68.

- [19]. Bùi Văn Ga, Dương Việt Dũng, Phan Minh Đức, Maurice BRUNTS, Jean Marc VIGNON, 2001. *Nghiên cứu thực nghiệm tia phun khí dầu mỏ hóa lỏng LPG trong buồng cháy động cơ đánh lửa cưỡng bức*. Tạp chí Giao thông Vận tải (Bộ Giao thông Vận tải), No. 29, pp. 39-43.

- [20]. Bùi Văn Ga, Dương Việt Dũng, Trần Văn Nam, 2001. *Mô phỏng tia phun khí dầu mỏ hóa lỏng LPG trong buồng cháy động cơ đánh lửa cưỡng bức*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, số 30-31, pp. 97-103.

- [21]. Bùi Văn Ga, Dương Việt Dũng, 2001. *Quá trình bốc hơi của tia phun khí dầu mỏ hóa lỏng LPG trong buồng cháy động cơ*. Tạp chí Giao thông Vận tải, No. 12, pp. 32-34.

[22]. Bùi Văn Ga, Nguyễn Ngọc Linh, Nguyễn Hữu Hường, 2003. *Tạo hỗn hợp phân lớp trong buồng cháy động cơ phun LPG trực tiếp bằng cánh hướng dòng đặt trước xú píp nạp*. Tạp chí Giao thông vận tải, số 7/2003, pp. 55-58.

[23]. Bùi Văn Ga, Nguyễn Ngọc Linh, Nguyễn Hữu Hường, Phạm Xuân Mai, 2003. *Động cơ cháy phân lớp sử dụng khí dầu mỏ hóa lỏng LPG*. Hội nghị Nghiên cứu Khoa học, chuyển giao công nghệ môi trường phục vụ đào tạo và bảo vệ môi trường công nghiệp.

[24]. Bùi Văn Ga, Dương Việt Dũng, Phan Minh Đức, Maurice BRUNTS, Jean Marc VIGNON, 2001. *Mô hình hóa diễn biến áp suất trong buồng cháy động cơ đánh lửa cưỡng bức phun LPG trực tiếp*. Tạp chí Giao thông Vận tải (Bộ Giao thông Vận tải), No. 11, pp. 43-46.

[25]. Bùi Văn Ga, Trần Điện, 2006. *So sánh đặc tính của động cơ 100cc khi chạy bằng xăng và bằng LPG với bộ phụ kiện DATECHCO-GA5*. Tạp chí Giao Thông-Vận Tải, số 7, pp. 15-17.

[26]. Bùi Văn Ga, Trần Văn Nam, Lê Văn Tuy, Hồ Tấn Quyền, 2005. *Phần mềm tính toán hệ thống cung cấp khí dầu mỏ hóa lỏng LPG cho động cơ đánh lửa cưỡng bức*. Kỷ yếu Hội nghị Cơ học Thủy khí Toàn quốc năm 2005, pp. 87-98, Hạ Long, 20-22/7/2005.

[27]. Trần Thanh Hải Tùng, Lê Anh Tuấn, Phạm Minh Tuấn, 2010. *Nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế trên động cơ Diesel*. Tạp chí khoa học Công nghệ Hàng hải, số 21-01/2010.

[28]. Phạm Hữu Tuyến, Lê Anh Tuấn, Nguyễn Thế Trực, Vũ Khắc Thiện, Vũ An, 2011. *Nghiên cứu sử dụng lưỡng nhiên liệu LPG/Diesel trên động cơ Diesel*. Tạp chí Giao thông vận tải, 1+2/2011.

[29]. Nguyễn Văn Long Giang, Đỗ Văn Dũng, Huỳnh Phước Sơn, Trần Thanh Hải Tùng, 2017. *Nghiên cứu thực nghiệm hệ thống điều khiển nhiên liệu cho động cơ sử dụng nhiên liệu kép LPG/Diesel*. Tuyển tập Công trình Hội nghị Khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc lần thứ 19 năm 2017. Số ISSN: 1859-4182, pp. 164-173.

[30]. B Ashok, S. Denis Ashok, C. Ramesh Kumar, 2015. *LPG diesel dual fuel engine - A critical review*. Alexandria Engineering Journal, 54, pp. 105-126.

[31]. Trần Văn Nam, Trần Thanh Hải Tùng, Nguyễn Văn Phụng, 2014. *Nghiên cứu ứng dụng hồi lưu khí thải trên đường nạp của động cơ nén cháy sử dụng LPG/Diesel*. Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học Cơ học Thủy khí toàn quốc năm 2014. Số ISSN: 1859-4182 pp.415-423.

[32]. Trương Văn Bình, 2018. *Nghiên cứu chuyển đổi động cơ Diesel một xy lanh thành động cơ sử dụng nhiên liệu khí hóa lỏng (LPG) cấp trên đường nạp*. Luận văn thạc sĩ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

AUTHORS INFORMATION

**Dinh Xuan Thanh, Pham Hoa Binh, Chu Duc Hung,
Nguyen Ngo Long, Nguyen Huy Chien**

Hanoi University of Industry