

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ QUÁ TRÌNH CHÁY CỦA NHIÊN LIỆU TRONG BUỒNG CHÁY THỂ TÍCH KHÔNG ĐỔI (CVCC)

EXPERIMENTAL RESEARCH ASSESSING OF FUEL IN A CONSTANT VOLUME COMBUSTION CHAMBER (CVCC)

Nguyễn Phi Trường^{1,2,*}, Nguyễn Tuấn Nghĩa¹,
Nguyễn Văn Tuấn³, Lê Anh Tuấn²

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả thực nghiệm đánh giá về diễn biến quá trình cháy của nhiên liệu diesel (B0) và bio-diesel 10% (B10) trong buồng cháy thể tích không đổi (CVCC). Với ưu điểm của buồng cháy thể tích không đổi (CVCC) có nhiều cửa sổ trong suốt nên rất dễ quan sát bên trong buồng cháy và khả năng thay đổi dễ dàng các thông số quá trình đốt cháy như tỉ lệ không khí-nhiên liệu, tỉ lệ khí dư, áp suất và nhiệt độ bên trong buồng cháy nên các tác giả sử dụng buồng cháy này cho nghiên cứu. Hỗn hợp khí và nhiên liệu được phun vào hòa trộn trước khi bật tia lửa điện. Hình ảnh quá trình cháy lan tràn màng lửa được chụp bằng phương pháp thiết lập hình ảnh Schlieren sử dụng camera tốc độ cao CHONOS 1.4 (40000 hình/giây). Kết quả nghiên cứu cho thấy tốc độ lan tràn màng lửa, tốc độ tăng áp suất trong giai đoạn cháy mỗi của nhiên liệu diesel (B0) truyền thống cao hơn nhiều so với nhiên liệu bio-diesel 10% (B10) và thời gian cháy trễ ngắn hơn so với nhiên liệu bio-diesel 10% (B10).

Từ khóa: CVCC; diesel; bio-diesel 10%; áp suất.

ABSTRACT

The paper presents the experimental results evaluating the combustion evolution of diesel (B0) and bio-diesel 10% (B10) fuel in the constant volume combustion chamber (CVCC). With the advantage of the constant volume combustion chamber (CVCC) with many transparent windows, it is easy to see the inside of the combustion chamber and the ability to easily change combustion parameters such as the air-fuel ratio, the ratio of excess gas, pressure and temperature inside the combustion chamber, so the authors used this combustion chamber for research. Fuel is injected with high pressure mixed with the gas mixture before the ignition is turned on. The fire spread image of the flame film was taken by Schlieren image setting method using CHONOS 1.4 high-speed camera (40000 frames/sec). The research results show that the rate of flame spread, the rate of increase in pressure during the priming phase of conventional diesel fuel is much higher than bio-diesel 10% (B10) fuel and the delay time is shorter than bio-diesel 10% (B10) fuel.

Keywords: CVCC; diesel; bio-diesel 10%; pressure.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

³Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

*Email: truonngnp7@gmail.com

Ngày nhận bài: 20/01/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/6/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/8/2021

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, nhu cầu sử dụng nhiên liệu và sản phẩm đầu mở phát triển mạnh dẫn đến phát sinh nhiều vấn đề cần được giải quyết. Mặt khác, an ninh quốc gia, an ninh kinh tế luôn gắn liền với an ninh năng lượng. Chính vì thế, để đảm bảo an ninh năng lượng lâu dài, giảm thiểu ô nhiễm môi trường 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 thay thế một phần dầu khoáng, tiến tới xây dựng ngành nhiên liệu sạch ở quốc gia mình. Để đánh giá hiệu quả của nhiên liệu thay thế một trong các hướng nghiên cứu được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm đó là so sánh đặc tính cháy của nhiên liệu truyền thống và nhiên liệu thay thế.

Nghiên cứu của S.Sinha và A.K.Agarwal [1] về đặc tính cháy của B20 (biodiesel có nguồn gốc từ cám gạo) với nhiên liệu diesel truyền thống trên động cơ diesel 4 kỳ, 4 xy lạnh, phun trực tiếp ở các chế độ không tải, 25%, 50%, 75% và 100% tải $n = 1400$ vg/ph. Kết quả thực nghiệm cho thấy biodiesel có thời gian cháy trễ ngắn hơn so với nhiên liệu diesel, trong khi các đặc tính cháy khác như diễn biến áp suất, tốc độ tỏa nhiệt, tốc độ 18 cháy có đặc tính tương tự như diesel. H. Dornelles và cộng sự đã khảo sát đặc tính cháy của hỗn hợp B07, B17, B27, B52, B77 và B100 (với B100 có nguồn gốc từ dầu mỡ phế thải) trên động cơ diesel 4 kỳ, 1 xi lanh phun trực tiếp tại 100% tải ở các tốc độ 2000 đến 3000vg/ph cách nhau 250vg/ph [2]. Kết quả cho thấy, diễn biến áp suất trong xi lanh khi sử dụng B100 bắt đầu phát triển và đạt cực trị sớm hơn so với các hỗn hợp khác ở các tốc độ khác nhau. Từ việc so sánh quy luật cháy (x) của B100 và B07 cho thấy, quá trình cháy của B100 bắt đầu và phát triển sớm hơn so với B07. Thời gian cháy trễ của hỗn hợp nhiên liệu B07 là dài nhất. Khi tăng tỷ lệ pha trộn thì tốc độ tỏa nhiệt lớn nhất có xu hướng giảm dần. B. Mazumdar và A.K.Agarwal [3] đã xác định công suất, phát thải và đặc tính cháy của hỗn hợp B0, B5, B10, B20, B50, B100 (với B100 có nguồn gốc từ dầu mỡ phế thải, có trị số xê tan bằng 44,28) trên động cơ diesel 4 kỳ, 4 xi lanh, phun gián tiếp ở các chế độ tải 0, 25, 50, 75 và 100% tại $n = 2000$ (vg/ph). Kết quả cho thấy, ở mọi chế

độ tải thì áp suất trong xi lanh khi dùng B0 là lớn nhất và B20 là nhỏ nhất. Tốc độ tỏa nhiệt được phân tích từ diễn biến áp suất trong xi lanh, kết quả cho thấy tốc độ tỏa nhiệt của biodiesel ở các tỷ lệ pha trộn tương tự như diesel. Giá trị quy luật cháy lớn nhất ở các tỷ lệ pha trộn B05, B20 và B100 là cao hơn so với B0. Tác giả Phan Minh Đức [4] đã nghiên cứu ảnh hưởng của việc phun mỗi bằng biodiesel đến đặc tính cháy trên động cơ diesel dùng nhiên liệu kép (Diesel dual fuel engine (DDF) khi sử dụng nhiên liệu LPG-diesel; ảnh hưởng của thời gian phun đến đặc tính cháy khi sử dụng nhiên liệu LPG-diesel và LPG-biodiesel. Kết quả cho thấy TGCT của nhiên liệu LPG-biodiesel phun mỗi bằng biodiesel ngắn hơn so với nhiên liệu LPG-diesel phun mỗi bằng diesel. Theo tác giả do tổng hợp hai yếu tố do ảnh hưởng của việc phun mỗi bằng biodiesel và do ảnh hưởng của hàm lượng Oxy trong biodiesel. Quy luật tỏa nhiệt của nhiên liệu LPG-biodiesel phun mỗi bằng biodiesel bắt đầu sớm hơn so với nhiên liệu LPG-diesel phun mỗi bằng diesel. Tốc độ tỏa nhiệt của nhiên liệu LPG-biodiesel phun mỗi bằng biodiesel có giá trị cực đại lớn hơn và xuất hiện sớm hơn so với nhiên liệu LPG-diesel phun mỗi bằng diesel. Diễn biến áp suất trong xi lanh của nhiên liệu LPG-biodiesel phun mỗi bằng biodiesel có dạng tương tự như khi sử dụng nhiên liệu LPG-diesel phun mỗi bằng diesel nhưng có đỉnh cao hơn và giá trị này tăng lên khi thay đổi tốc độ và tỷ lệ pha trộn LPG. Trong đề tài NCKH&PTCN cấp Quốc gia, tác giả Đặng Văn Uy và cộng sự đã nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm việc sử dụng hỗn hợp dầu thực vật thô (chưa qua quá trình biến đổi thành diesel sinh học gốc B100) với nhiên liệu diesel dầu mỏ theo các tỷ lệ pha trộn 5, 10, 15, 20% cho động cơ diesel tàu thủy 6LU32 và K657 M2 6418/14 [5]. Qua đó đưa ra giải pháp công nghệ là thiết bị hòa trộn nhiên liệu. Trong công trình nghiên cứu của mình tác giả chỉ tập trung đánh giá sử dụng hỗn hợp dầu thực vật thô cho động cơ diesel tàu thủy mà không đề cập đến việc xác định thời gian cháy trễ cũng như đánh giá đặc tính cháy của nhiên liệu diesel sinh học ở tỷ lệ pha trộn cao hơn.

Qua phân tích các nghiên cứu ở trên các tác giả thấy rằng đặc tính cháy của nhiên liệu là rất quan trọng vì vậy trong nghiên cứu này các tác giả sử dụng buồng cháy thể tích không đổi (CVCC) để khảo sát. Buồng cháy CVCC có nhiều cửa sổ trong suốt nên rất dễ quan sát bên trong buồng cháy. Khi sử dụng buồng cháy CVCC có lợi thế về khả năng thay đổi dễ dàng các thông số quá trình đốt cháy như tỉ lệ không khí - nhiên liệu, tỉ lệ khí dư, áp suất và nhiệt độ bên trong buồng cháy. Buồng cháy này rất linh hoạt khi nghiên cứu, phát hiện quá trình cháy, điều khiển quá trình cháy, linh hoạt khi đánh giá quá trình hình thành hỗn hợp và cháy của các loại nhiên liệu khác nhau. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá quá trình cháy của hai loại nhiên liệu diesel và bio-diesel 10% hòa trộn trước trong buồng cháy thể tích không đổi. Kết quả nghiên cứu bao gồm thời gian lan tràn màng lửa, áp suất và tốc độ tăng áp suất quá trình cháy của nhiên liệu.

2. THIẾT LẬP THỬ NGHIỆM

Nhiên liệu diesel được đưa vào buồng cháy hòa trộn trước cùng hỗn hợp khí (C_2H_2 ; O_2 ; N_2) trong buồng cháy với tỉ lệ nhất định đảm bảo phẩm trăm số mol oxy sau phản ứng với C_2H_2 là 20% trong sản phẩm cháy. Lượng oxy cung cấp phải đảm bảo sao cho tỉ số A/F = 1,2. Phun nhiên liệu thực nghiệm vào với áp suất cao (1500bar). Sau khi đóng tất cả các van lại và tiến hành hòa trộn (bật quạt hòa trộn hỗn hợp khí và nhiên liệu). Sau đó, bật tia lửa điện đốt cháy hỗn hợp khí và nhiên liệu thử nghiệm. hình ảnh quá trình cháy trong buồng cháy được chụp bằng máy ảnh tốc độ cao Chronos 4.1 (máy ảnh chụp tối đa 40.000 khung hình/giây). Áp suất của buồng cháy được đo bằng cảm biến áp suất xy lanh AVL QQ33C và được ghi lại bằng thiết bị đo áp suất AVL FLEXIFEM.

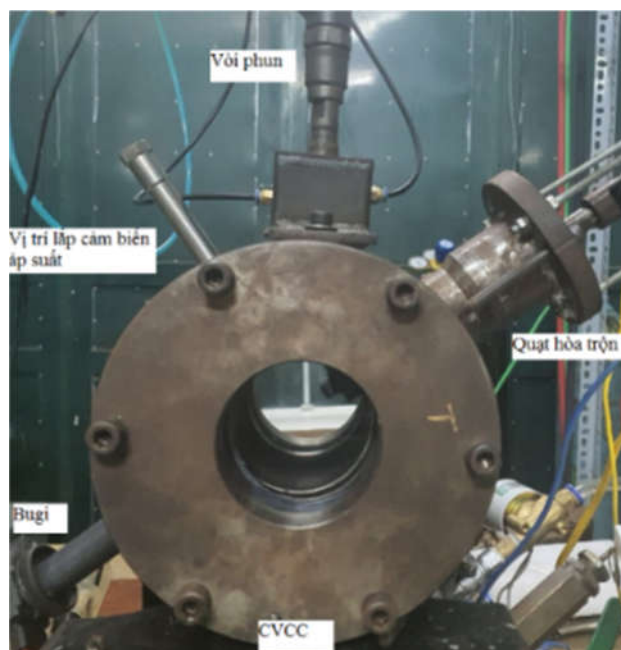
Nhiên liệu thử nghiệm

Tính chất của nhiên liệu thử nghiệm quá trình cháy trong buồng cháy thể tích không đổi cụ thể như trong bảng 1.

Bảng 1. Tính chất của nhiên liệu thực nghiệm

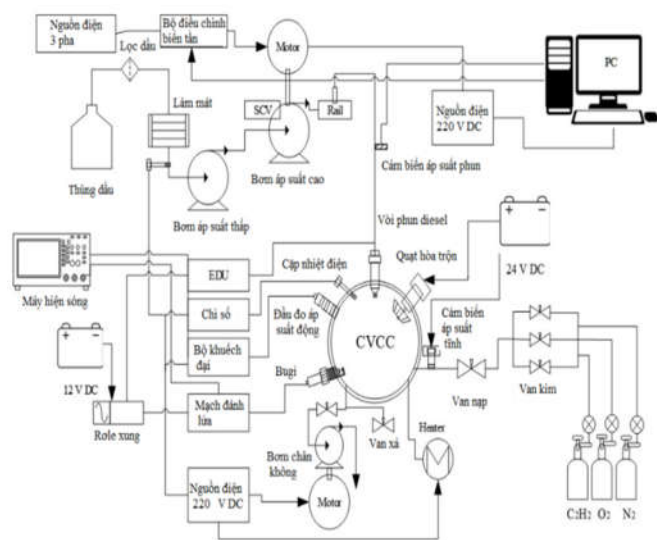
Thông số	B0	B10
Nhiệt trị (MJ/kg)	42,76	42,26
Trị số xêtan	49	50
Khối lượng riêng ở 15°C (kg/m ³)	838	840
Độ nhớt động học ở 40°C (cSt)	3,22	3,31
Điểm chớp cháy (°C)	67	71
Thành phần lưu huỳnh (ppm)	428	430
Hàm lượng nước (ppm)	62	84

Đối tượng thí nghiệm: buồng cháy thể tích không đổi có đường kính xi lanh 80 (mm) và chiều sâu 90 (mm) như hình 1.



Hình 1. Buồng cháy thể tích không đổi

Sơ đồ bố trí thí nghiệm (hình 2).



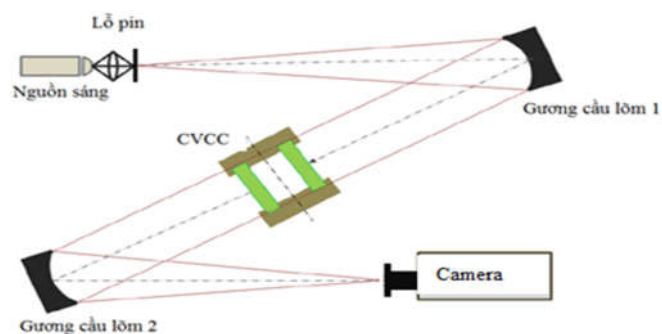
Hình 2. Sơ đồ bố trí thí nghiệm hệ thống CVCC

Điều kiện thí nghiệm (bảng 2).

Bảng 2. Điều kiện thử nghiệm nhiên liệu

Thông số	Điều kiện
Nhiên liệu	Diesel, bio-diesel 10%
Đường kính vòi phun	0,14 (mm)
Thời gian phun	3 (ms)
Áp suất phun	150MPa
Nhiệt độ môi trường	297K
Nồng độ ô xy	20%
Số lần thí nghiệm	10

Hệ thống thu thập hình ảnh: Sơ đồ bố trí hệ thống thu thập thông tin hình ảnh quá trình cháy trong CVCC như hình 3.

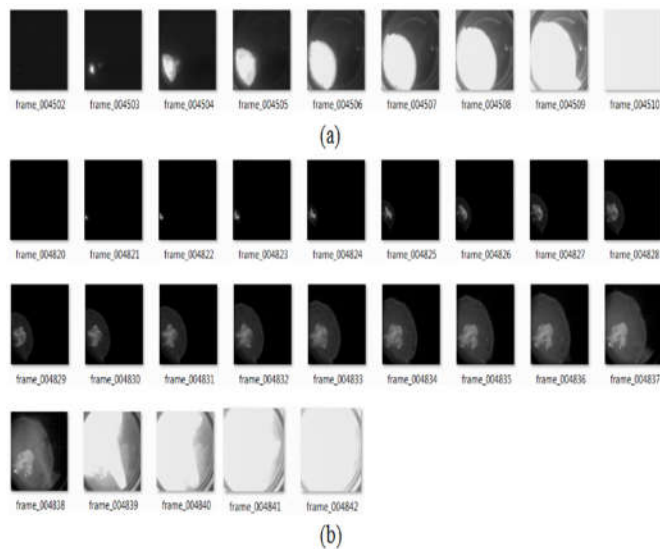


Hình 3. Sơ đồ thu thập hình ảnh

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

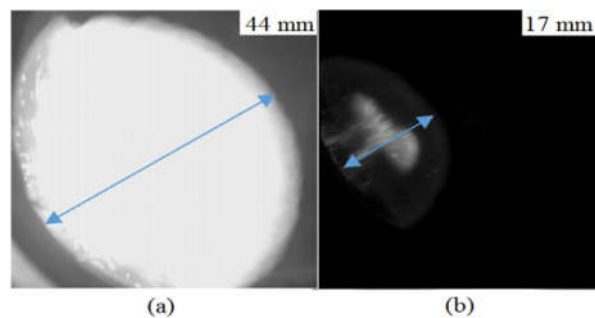
Hình 4 cho thấy, hình ảnh lan tràn màng lửa trong buồng cháy thể tích không đổi của hai nhiên liệu thử nghiệm. Đối với nhiên liệu B0 hình ảnh từ khi xuất hiện tia lửa điện đến khi lan truyền toàn buồng cháy là 9 hình ảnh từ Frame_004502 đến frame_004510 tương ứng 9 hình ảnh. Đối với nhiên liệu bio-diesel 10% (B10) từ hình frame_004820 đến hình ảnh frame_004842 tương ứng 23

hình ảnh. Như vậy có thể nhận thấy rằng tốc độ lan truyền của nhiên liệu diesel (B0) lớn hơn nhiều so với nhiên liệu bio-diesel 10% (B10).

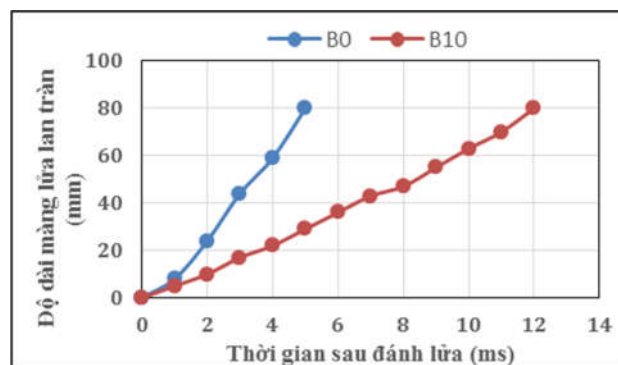


Hình 4. Hình ảnh quá trình cháy mỗi lan truyền màng lửa của nhiên liệu trong buồng cháy thể tích không đổi (a) Diesel (B0); (b) bio-diesel 10% (B10)

Cụ thể, đối với nhiên liệu diesel và bio-diesel có độ dài màng lửa lần lượt là 44 (mm) và 17 (mm). Hình 5 và 6 cho thấy, tốc độ lan tràn màng lửa của nhiên liệu diesel lớn hơn khoảng 2 lần so với nhiên liệu bio-diesel 10% (bảng 3). Nguyên nhân, do nhiên liệu diesel có nhiệt trị thấp cao hơn, điểm chớp cháy thấp hơn, độ nhớt thấp hơn và chất lượng hòa khí tốt hơn dẫn đến quá trình lan truyền màng lửa nhanh hơn.



Hình 5. Tốc độ lan tràn màng lửa ở thời điểm 3ms sau đánh lửa (a) diesel; (b) bio-diesel 10%

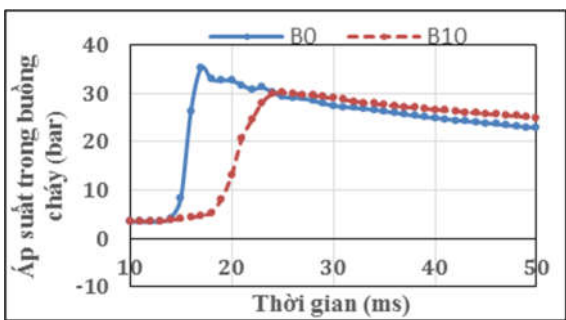


Hình 6. Lan tràn màng lửa theo thời gian trong buồng cháy CVCC

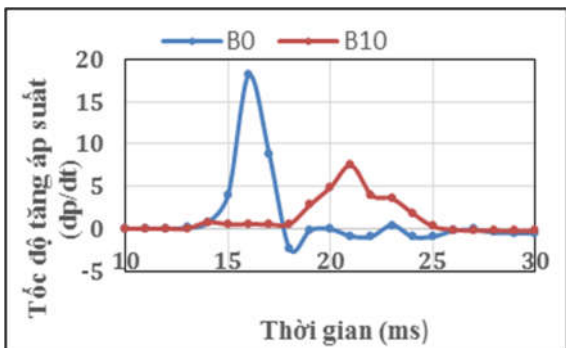
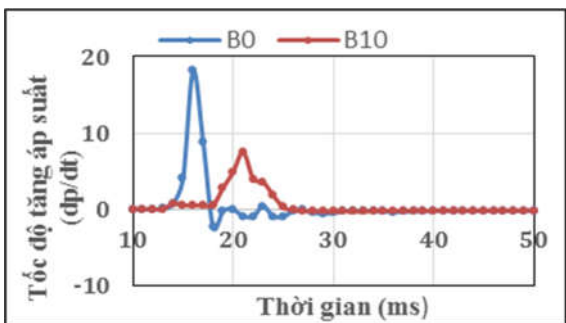
Bảng 3. Thời gian lan tràn màng lửa toàn trong buồng cháy thể tích không đổi CVCC

Thời gian (ms)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B0 (mm)	0	8	24	44	59	80							
B10 (mm)	0	5	10	17	22	29	36	43	47	55	63	70	80

Hình 7 cho thấy, tốc độ tăng áp suất của nhiên liệu diesel sớm hơn so với nhiên liệu bio-diesel và tốc độ tăng áp suất của nhiên liệu diesel cũng diễn ra sớm hơn và cao hơn, thể hiện ở độ dốc trên đồ thị áp suất của hai loại nhiên liệu (hình 8). Điều này có thể thấy rằng hỗn hợp nhiên liệu diesel - không khí có độ đồng nhất cao hơn rất nhiều so với hỗn hợp nhiên liệu bio-diesel 10%-không khí, nguyên nhân do độ nhớt của nhiên liệu diesel thấp hơn giúp cho hỗn hợp dễ hình thành hơn. Ngoài ra, Nhiên liệu diesel có nhiệt trị thấp cao hơn, khi cháy tạo ra năng lượng lớn hơn từ đó áp suất đỉnh tạo ra lớn hơn. Điểm chớp cháy thấp hơn của nhiên liệu diesel giúp cho quá trình cháy diễn ra sớm hơn so với nhiên liệu bio-diesel 10% (B10).



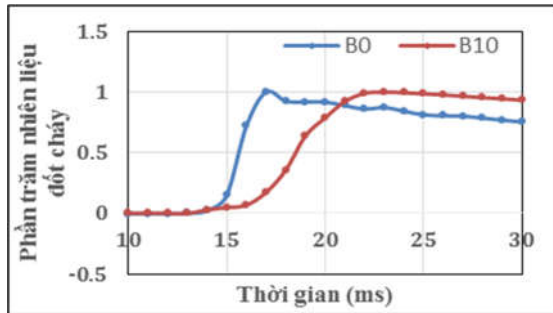
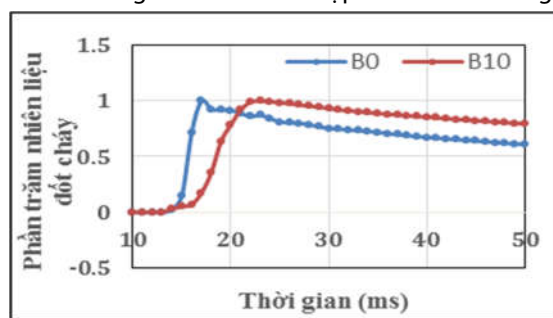
Hình 7. Áp suất cháy của nhiên liệu trong buồng cháy CVCC



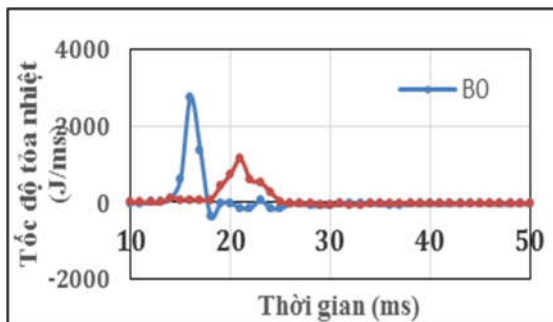
Hình 8. Tốc độ tăng áp suất trong buồng cháy CVCC

Hình 9 cho thấy, phần trăm nhiên liệu đốt cháy của nhiên liệu đạt giá trị lớn nhất sớm hơn và có độ dốc lớn hơn, và diễn ra sớm hơn so với nhiên liệu bio-diesel. Điều

này cũng cho thấy chất lượng hòa trộn của hỗn hợp nhiên liệu diesel/không khí so với hỗn hợp bio-diesel/không khí.



Hình 9. Đồ thị % nhiên liệu đốt cháy



Hình 10. Tốc độ tỏa nhiệt của nhiên liệu trong buồng cháy CVCC

Hình 10 cho thấy, tốc độ tỏa nhiệt khi đốt cháy nhiên liệu diesel (B0) lớn hơn và sớm hơn so với nhiên liệu bio-diesel 10% (B10). Nguyên nhân, do nhiên liệu diesel có độ nhớt thấp hơn, điểm chớp cháy thấp hơn so với nhiên liệu bio-diesel 10%.

4. KẾT LUẬN

Khi nghiên cứu thực nghiệm quá trình cháy của hai loại nhiên liệu diesel (B0) và bio-diesel 10% (B10) trong buồng cháy thể tích không đổi, nhóm tác giả rút ra một số kết luận sau:

Khi nghiên cứu hình ảnh tốc độ lan tràn màng lửa của hai nhiên liệu. Tốc độ lan tràn màng lửa của nhiên liệu diesel lớn hơn khoảng 2,6 lần so với nhiên liệu bio-diesel 10% trong cùng điều kiện nghiêm cứu. Quá trình cháy của nhiên liệu diesel diễn ra sớm hơn và đạt giá trị áp suất lớn nhất nhất lớn hơn, tốc độ tăng áp suất nhanh hơn trong giai đoạn cháy trễ so với nhiên liệu bio-diesel 10%. Nguyên nhân, do độ nhớt thấp, nhiệt trị thấp cao hơn và điểm chớp cháy thấp hơn của nhiên liệu diesel so với nhiên liệu bio-diesel 10%.

Phần trăm nhiên liệu đốt cháy của nhiên liệu diesel điển ra sớm hơn và đạt giá trị lớn nhất sớm hơn so với nhiên liệu bio-diesel 10%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. S. Sinha, Avinash Kumar Agarwal, 2006. *Combustion characteristics of rice bran oil derived biodiesel in a transportation diesel engine*. ASME 2006 Internal Combustion Engine Division Spring Technical Conference, pp. 333-340.
- [2]. H. Dornelles, J. Antolini, R. Sari, M. Dalla Nora, P. R. Machado, M. Martins, 2016. *Analysis of engine performance and combustion characteristics of diesel and biodiesel blends in a compression ignition engine*. SAE Technical Paper 0148-7191.
- [3]. B. Mazumdar, A. K. Agarwal, 2008. *Performance, emission and combustion characteristics of biodiesel (waste cooking oil methyl ester) fueled IDI diesel engine*. SAE Technical Paper 0148-7191.
- [4]. M. P. Duc, 2006. *A Study on the LPG dual fuel combustion characteristics of an indirect injection compression ignition engine*. Chulalongkorn University.
- [5]. D. V. Uy, 2014. *Nghien cuu giai phap cong nghe va che tao thu nghiem he thong thiet bi chuyen doi dong co diesel tau thuy cco vua va nho sang su dung hon hop dau thuc vat - dau diesel*. National scientific research project, Vietnam.
- [6]. P. M. Loc, 2012. *Research on the reasonable mixing ratio between coconut oil and diesel oil used as fuel for diesel engines to improve economic and environmental indicators*. Doctor of Engineering Thesis, Nha Trang University.
- [7]. P. D. Yen, 2015. *Studying the influence of biodiesel fuel B10, B20 on economic, energy and environmental indicators of diesel engines*. Doctor of Engineering Thesis, Military Technical Academy.
- [8]. N. T. Nghia, 2014. *Study on the influence of biodiesel produced in Vietnam on the economic - technical performance and emission of the engine*. Doctor of Engineering Thesis, Hanoi University of Science and Technology.
- [9]. J. B. Heywood, 2018. *Internal combustion engine fundamentals*. McGraw-Hill Education.
- [10]. P. M. Tuan, 2008. *Ly thuyet dong co dot trong*. Science and Technics Publishing House, Hanoi, Vietnam.

AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Phi Truong^{1,2}, Nguyen Tuan Nghia¹,
Nguyen Van Tuan³, Le Anh Tuan²**

¹Hanoi University of Industry

²Hanoi University of Science and Technology

³University of Transport Technology