

**TÍNH TOÁN, SO SÁNH CÁC CHỈ TIÊU MÔI TRƯỜNG CỦA ĐỘNG CƠ D1146
TRÊN XE BUS KHI SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU DIESEL TRUYỀN THỐNG (DO) VÀ
NHIÊN LIỆU THAY THẾ DIMETHYL ETHER (DME)**
THE CALCULATION AND COMPARISON OF THE ECOLOGICAL
CHARACTERISTICS OF DIESEL ENGINES IN BUS D1146 USING A DIESEL FUEL
(DO) AND ALTERNATIVE FUEL DIMETHYL ETHER (DME)

KS. Nguyễn Huy Chiển, ThS. Nguyễn Phi Trường
Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
TS. Nguyễn Hà Hiệp
Học viện Kỹ thuật Quân sự
Email: nguyenhuychien1302@gmail.com

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu, so sánh một số tính chất cơ bản của nhiên liệu diesel truyền thống (DO) và nhiên liệu thay thế dimethyl ether (DME), cũng như trình bày kết quả tính toán, so sánh các chỉ tiêu môi trường của động cơ D1146 lắp trên xe bus khi sử dụng hai loại nhiên liệu này và làm việc ở cùng một chế độ. Kết quả tính toán là diễn biến nồng độ NO_x và nồng độ khói đen, cũng như áp suất, nhiệt độ, tốc độ tỏa nhiệt trong xy lanh động cơ khi sử dụng phần mềm chuyên dụng Diesel-RK. Trên cơ sở kết quả tính toán so sánh, chứng tỏ nhiên liệu DME có nhiều ưu điểm vượt trội so với nhiên liệu diesel truyền thống về các chỉ tiêu môi trường, dưới góc độ môi trường, DME là một loại nhiên liệu thay thế đầy triển vọng.

Từ khóa: Động cơ, nhiên liệu diesel (DO), Dimethyl Ether (DME), Diesel-RK, diesel D1146, xe bus.

Abstract

This article compares some of the main characteristics of a conventional diesel fuel (DO) and alternative fuel dimethyl ether (DME) and reports the results of calculations by comparing ecological characteristics of diesel engine D1146 mounted on the bus, when using two types of fuel and working in the same mode. The results of calculation is the evolution of the NO_x concentration and the concentration of black smoke, as well as pressure, temperature, speed of heat in the cylinder using a special software Diesel-RK. Based on the calculation results of comparison, it is indicated that DME fuel has many advantages compared to traditional diesel fuel for environmental criteria. In terms of the environment, the DME fuel is a potential alternative fuel.

Keywords: Engines, diesel fuel (DO), dimethyl ether (DME), Diesel-RK, D1146 diesel, bus.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu [1, 3, 4] chứng minh rằng, dimethyl ether (DME) có thể được sử dụng làm nhiên liệu cho động cơ diesel, cho phép giải quyết một loạt vấn đề xuất hiện khi động cơ diesel sử dụng nhiên liệu diesel truyền thống (DO) như, không có khói đen vì DME có hàm lượng oxy cao và không có liên kết C-C, giảm đáng kể NO_x vì DME có chỉ số xetan cao và thời gian cháy trễ nhỏ, giảm ồn từ quá trình cháy do tốc độ tăng áp suất trong xy lanh khi cháy thấp.

Trong nước đã có một số nghiên cứu về sử dụng nhiên liệu DME cho động cơ diesel, song số lượng nghiên cứu vẫn còn hạn chế. Mặt khác các tiêu chuẩn về khí thải động cơ ngày càng được thiết chặt, nhất là tiêu chuẩn về nồng độ khói đen, với những ưu điểm của DME thì việc sử dụng DME làm nhiên liệu cho động cơ diesel là có triển vọng.

Hiện nay, ở Việt Nam, nhất là ở các thành phố lớn số lượng xe bus có lắp động cơ diesel D1146 đang lưu hành với số lượng lớn, cùng với đó lượng khí thải ra môi trường lớn.

Việc sử dụng nhiên liệu thay thế sạch trên các phương tiện này nhằm giảm ảnh hưởng tiêu cực của khí thải đến môi trường cần được nghiên cứu và ứng dụng. Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là tính toán, so sánh các chỉ tiêu môi trường của động cơ diesel D1146 lắp trên xe bus khi sử dụng nhiên liệu DO và nhiên liệu DME bằng phần mềm chuyên dụng Diesel- RK, từ đó đánh giá ưu điểm về mặt môi trường của nhiên liệu DME so với nhiên liệu truyền thống DO khi sử dụng cho đối tượng cụ thể.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là động cơ D1146 lắp trên xe bus đang lưu hành tại Việt Nam. Đây là động cơ diesel 4 kỳ, 6 xy lanh bố trí một hàng, do hãng Doosan, Hàn Quốc chế tạo. Trong *bảng 1* trình bày các thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ diesel D1146.

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ D1146

STT	Các thông số	Giá trị
1	Mã động cơ	D1146
2	Số xy lanh	6
3	Đường kính xy lanh (mm)	111
4	Hành trình pit tông (mm)	139
5	Dung tích công tác (cm ³)	8071
6	Tỷ số nén	17,5:1
7	Công suất định mức (kW)/vòng quay (vg/ph)	134/2500
8	Mô men cực đại (N.m)/vòng quay (vg/ph)	575/1600
9	Thứ tự công tác của xy lanh	1-5-3-6-2-4
10	Khe hở xupáp (nạp, xả)	0,6 - 0,3
11	Góc phun sớm	15 ⁰ GQTK
12	Áp suất phun nhiên liệu (MPa)	21
13	Số xéc măng khí	2
14	Số xéc măng dầu	1
15	Vật liệu chế tạo pit tông	Hợp kim nhôm
16	Chiều dài thanh truyền (mm)	340
17	Số vòi phun trên một xy lanh	1
18	Số lỗ phun trên một vòi phun	5
19	Đường kính lỗ phun	0,29
20	Chiều dài đường nạp (mm)	180
21	Đường kính cổ nạp (mm)	48,7
22	Số xupáp xả trên 1 xy lanh	1
23	Số xupáp nạp trên 1 xy lanh	1
24	Chiều dài đường xả (mm)	161
25	Đường kính cổ xả (mm)	43,4
26	Góc mở sớm của xupáp xả	46 ⁰ GQTK
27	Góc đóng muộn của xupáp xả	14 ⁰ GQTK

STT	Các thông số	Giá trị
28	Góc mở sớm của xupáp nạp	16 ⁰ GQTK
29	Góc đóng muộn của xupáp nạp	36 ⁰ GQTK
30	Lượng nhiên liệu cấp cho chu trình công tác (g)	0,07296

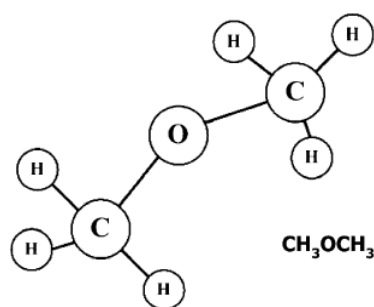
2.2. Phương pháp nghiên cứu

Dựa trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết tính toán chu trình công tác (CTCT) của động cơ diesel để xác định các chỉ tiêu môi trường của động cơ diesel D1146 khi sử dụng nhiên liệu DO và DME bằng phần mềm chuyên dụng Diesel-RK, so sánh đối chiếu kết quả tính toán.

3. TÍNH TOÁN CHU TRÌNH CÔNG TÁC CỦA ĐỘNG CƠ

3.1. Các tính chất hóa lý của nhiên liệu DO và DME

DME được coi là nhiên liệu có nhiều tiềm năng sử dụng cho động cơ diesel. DME có công thức hóa học là CH₃-O-CH₃ (hình 1), đây là hợp chất hữu cơ không màu, tồn tại ở thể khí dưới áp suất và nhiệt độ môi trường. DME thường được chứa trong bình dưới dạng lỏng dưới áp suất từ 7 bar đến 10 bar. DME ở thể khí có khối lượng riêng lớn hơn không khí nhưng khi ở thể lỏng khối lượng riêng của DME chỉ bằng 2/3 so với nước.



Hình 1. Cấu trúc phân tử DME

Trên cơ sở thu thập các số liệu trong các tài liệu [1, 3, 4], bảng 2 trình bày một số tính chất cơ bản của nhiên liệu DME và DO.

Bảng 2. Một số tính chất cơ bản của nhiên liệu DME so với DO

Tính chất	Đơn vị	DME	DO
Trọng lượng phân tử	g/mol	46	190
Hàm lượng các bon	% khối lượng	52,2	87
Hàm lượng hydrô	% khối lượng	13	12,6
Hàm lượng ôxy	% khối lượng	34,8	0,004
Khối lượng riêng ở trạng thái lỏng	kg/m ³	668	830
Trị số Xêtan		60	48
Nhiệt độ tự cháy	K	508	523
Tỷ lệ không khí/nhiên liệu lý thuyết		8,998	14,6
Nhiệt độ sôi ở 1 atm	K	248,1	450 - 643

Nhiệt trị thấp	MJ/kg	28,4	42,5
Môđun đàn hồi	N/m ²	6,37.10 ⁸	14,86.10 ⁸
Độ nhớt động học ở trạng thái lỏng	cSt	<1	3
Áp suất hơi (tại 298K)	kPa	530	<10

So với nhiên liệu diesel DO truyền thống, DME sử dụng trên động cơ có những ưu nhược điểm cơ bản như sau:

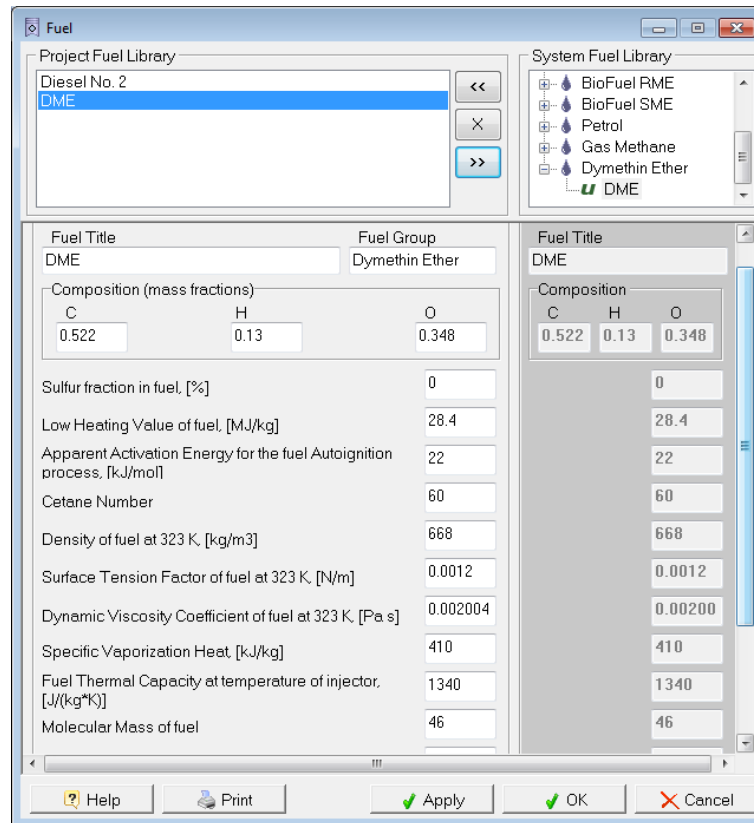
Về ưu điểm: Tỷ lệ hàm lượng hydro/cácbon cao nên quá trình cháy tạo ra ít phát thải CO₂; Nhiệt độ sôi thấp giúp DME bay hơi nhanh khi được phun vào trong xy lanh động cơ; Hàm lượng oxy cao cùng với không có mối liên kết C-C trong phân tử dẫn đến quá trình cháy ít hình thành muội than; Trị số xêtan cao, nhiệt độ tự cháy thấp và khả năng bay hơi nhanh, dẫn đến chất lượng quá trình cháy được cải thiện.

Về nhược điểm: Nhiệt trị thấp hơn nhiên liệu DO do có chứa oxy trong phân tử, vì vậy để đảm bảo công suất động cơ không thay đổi cần cung cấp một lượng nhiên liệu lớn hơn; Độ nhớt thấp và tính bôi trơn kém dẫn đến tăng khả năng lọt nhiên liệu, gây mòn bề mặt của các chi tiết chuyển động trong hệ thống phun nhiên liệu; Mô đun đàn hồi thấp dẫn đến công tiêu hao cho bơm nhiên liệu cao hơn.

3.2. Giới thiệu phần mềm tính toán và tính toán chu trình công tác động cơ D1146

Trong nghiên cứu này sử dụng phần mềm tính toán Diesel-RK. Đây là phần mềm tính toán động cơ đốt trong do các chuyên gia của Đại học Kỹ thuật quốc gia Bauman - Liên bang Nga phát triển và đã được nhiều cơ sở nghiên cứu phát triển, sản xuất động cơ sử dụng. Phần mềm Diesel-RK đã sử dụng một mô hình tạo hỗn hợp và cháy hiệu quả - đó là mô hình cháy đa vùng dựa trên mô hình tạo hỗn hợp và cháy của Giáo sư Razleisev, được tác giả Kuleshov bổ sung và phát triển nên còn được gọi là mô hình Razleisev- Kuleshov hay mô hình RK. Mô hình RK đã xem xét chi tiết các thông số ảnh hưởng đến quá trình tạo hỗn hợp và cháy trong động cơ diesel, bao gồm: quy luật cung cấp nhiên liệu, hình dạng buồng cháy; hình dạng và phân bố tia phun; dạng và cường độ vận động rối trong xy lanh, sự va chạm của tia phun với bề mặt buồng cháy; sự tương tác giữa các tia phun liền kề. Chính vì vậy Diesel-RK cho phép dự báo chính xác động học quá trình cháy và hình thành các chất ô nhiễm của động cơ diesel khi thay đổi các thông số nói trên. Đây là điều mà một số phần mềm khác thường dùng để tính toán CTCT cho động cơ Diesel chưa đề cập đến. Mô hình toán học của phần mềm, cách cài đặt và sử dụng phần mềm được giới thiệu chi tiết trong tài liệu [2, 5].

Các bước khai báo số liệu đầu vào thực hiện theo [2, 5]. Ở đây ta khai báo đầy đủ các thông số kỹ thuật của động cơ D1146 theo *bảng 1*. Trong phần khai báo các thuộc tính của nhiên liệu, đối với nhiên liệu DO có thể lấy các thuộc tính của nhiên liệu này trong thư viện nhiên liệu của phần mềm, mặt khác đối với nhiên liệu DME, trong thư viện nhiên liệu của phần mềm không có nên ta phải khai báo các thuộc tính của nhiên liệu này (*bảng 2*) vào phần mềm, sau đó lưu vào thư viện nhiên liệu của phần mềm để sử dụng trong các tính toán (*hình 2*).



Hình 2. Các thuộc tính của nhiên liệu DME khi khai báo vào phần mềm Diesel-RK

Tính toán CTCT của động cơ D1146 được thực hiện tại chế độ làm việc định mức ($N_e = 134$ kW, $n = 2500$ vg/ph). Sau khi khai báo đầy đủ các thông số đầu vào, cũng như hiệu chỉnh quy luật cung cấp nhiên liệu và sử dụng công cụ tối ưu hóa (Optimization), thu được kết quả tính toán.

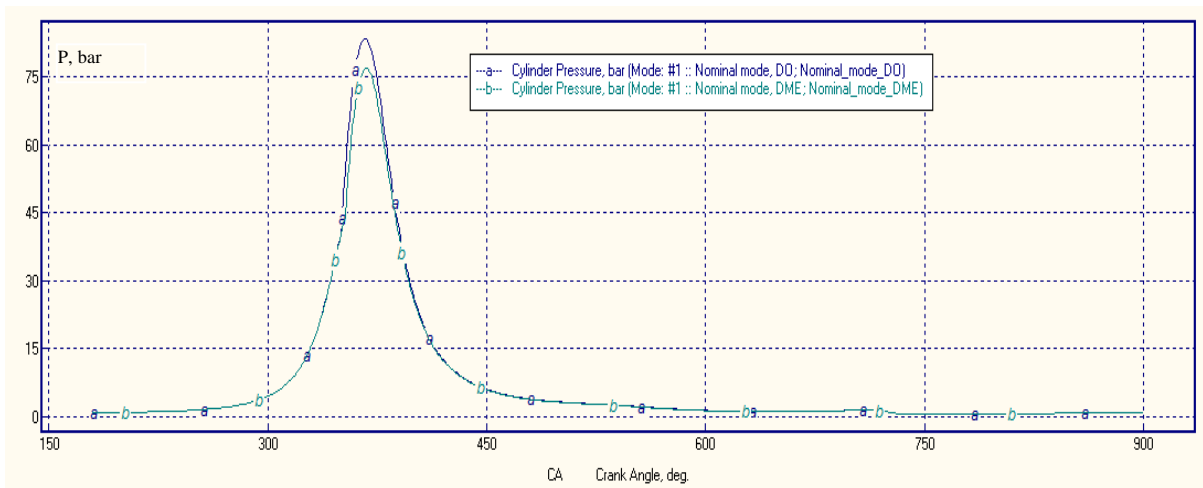
4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ BÀN LUẬN

Kết quả tính toán CTCT của động cơ D1146 được thể hiện trong *bảng 3* và đồ thị công suất (hình 3), đồ thị diễn biến nhiệt độ trong xy lanh động cơ theo góc quay trục khuỷu (hình 4), tốc độ tỏa nhiệt (hình 5), các chỉ tiêu môi trường (nồng độ NO_x , nồng độ khói đen PM) trên hình 6 và 7.

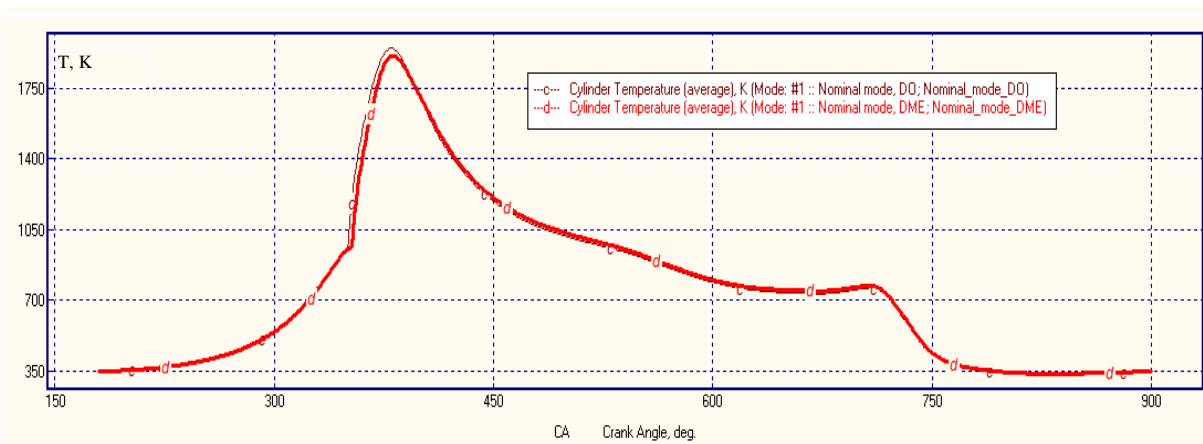
Bảng 3. Kết quả tính toán chu trình công tác của động cơ D1146

Tốc độ n , vg/ph	Công suất có ích N_e , kW		Suất tiêu hao nhiên g_e , g/kW.h		Nồng độ NO_x , ppm		Nồng độ PM, FSN	
	DO	DME	DO	DME	DO	DME	DO	DME
2500	131	116	231	417	1609	1215	4,9	0,2

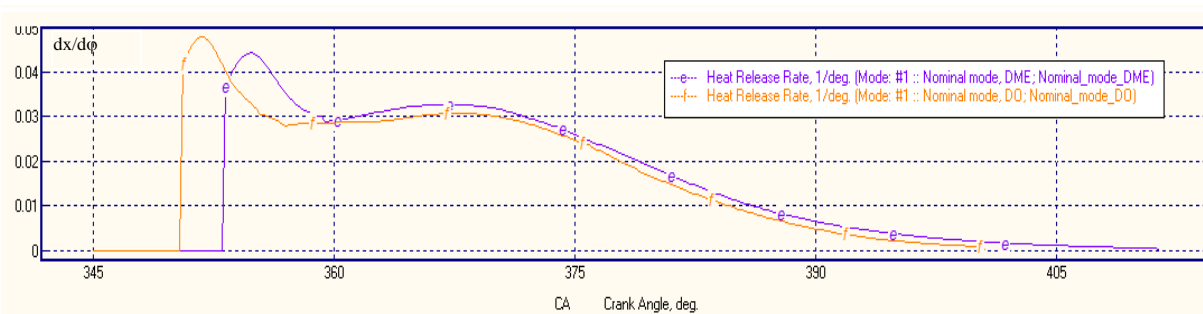
Từ bảng 3 cho thấy, kết quả tính toán công suất có ích của động cơ D1146 tại tốc độ 2500 vg/ph khi sử dụng nhiên liệu DO là 131 kW. Mặt khác, công suất có ích do nhà sản xuất động cơ công bố là 134 kW, nên sai số tính toán theo mô hình Razleisev- Kuleshov là $(|131 - 134|)/134 = 2,2\% < 5\%$, chứng tỏ mô hình tính toán có độ chính xác cao.



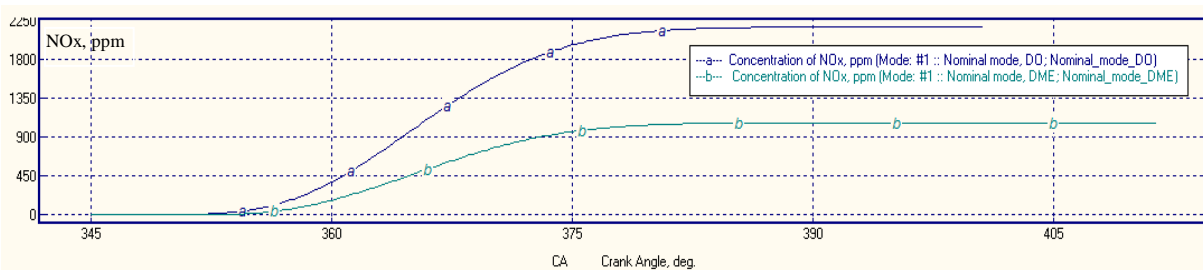
Hình 3. Đồ thị công chỉ thị động cơ D1146 khi sử dụng nhiên liệu DO và DME



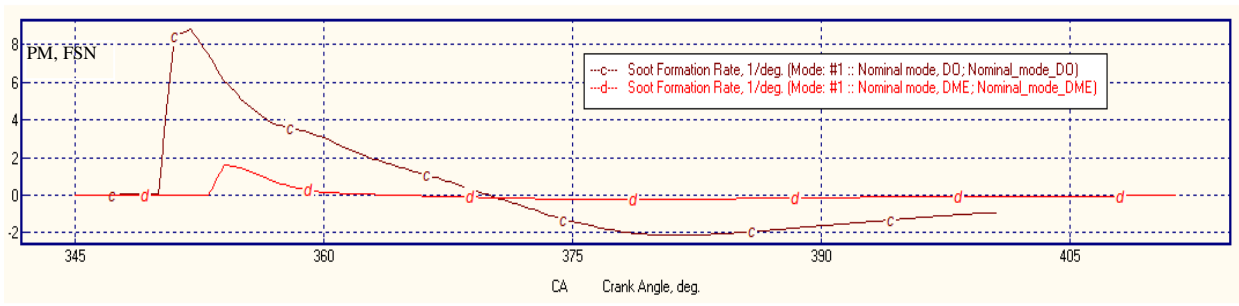
Hình 4. Đồ thị diễn biến nhiệt độ trong xy lanh động cơ D1146 khi sử dụng nhiên liệu DO và DME



Hình 5. Đồ thị diễn biến tốc độ tỏa nhiệt trong xy lanh động cơ D1146 khi sử dụng nhiên liệu DO và DME



Hình 6. Đồ thị diễn biến hình thành NO_x trong xy lanh động cơ D1146 khi sử dụng nhiên liệu DO và DME



Hình 7. Đồ thị diễn biến hình thành PM trong xy lanh động cơ D1146 khi sử dụng nhiên liệu DO và DME

Quan sát hình 3 ta thấy, do DME có nhiệt trị thấp nhỏ hơn DO nên công sinh ra của CTCT, áp suất cháy cực đại nhỏ hơn khi sử dụng nhiên liệu DO, do đó công suất có ích nhỏ hơn, suất tiêu hao nhiên liệu lớn hơn (khi sử dụng DO $N_e = 131$ kW, $g_e = 231$ g/kW·h, khi sử dụng DME $N_e = 116$ kW, $g_e = 417$ g/kW·h - bảng 3). Quy luật cũng tương tự đối với diễn biến nhiệt độ trong xy lanh động cơ, (hình 4). Trên hình 6 cho thấy, nồng độ NO_x khi động cơ làm việc bằng nhiên liệu DME thấp hơn (1609 ppm/1215 ppm $\approx 1,5$ lần bảng 3) so với khi làm việc bằng nhiên liệu DO, điều này được giải thích là do nhiệt độ cháy khi sử dụng DO cao hơn (hình 4), cũng như tốc độ tỏa nhiệt mạnh hơn, tốc độ tỏa nhiệt cực đại đạt sớm hơn (hình 5). Trên hình 7 cho thấy khi sử dụng DME, PM tạo thành tại thời điểm nhiệt độ cháy cực đại, tốc độ tỏa nhiệt cao nhất (hình 4, 5), sau đó gần như không hình thành PM, điều này được giải thích do DME không có liên kết C-C, nghĩa là gần như không có khói đen khi sử dụng DME làm nhiên liệu (trong bảng 3 khi sử dụng DME PM = 0,2 FSN).

Kết quả trên cũng cho thấy trị số xê tan của nhiên liệu ảnh hưởng đáng kể đến nồng độ NO_x và PM trong khí thải của động cơ, điều này được giải thích là trị số xêtan càng lớn thì khả năng bén lửa của nhiên liệu càng cao, thời gian cháy trễ càng nhỏ, nhiên liệu cháy kiệt hơn (DME có trị số xêtan 60, DO có trị số xêtan 48).

5. KẾT LUẬN

Trên cơ sở kết quả tính toán CTCT của động cơ D1146 khi sử dụng nhiên liệu DO và DME có thể kết luận rằng: DME là một loại nhiên liệu sạch, sử dụng trên động cơ diesel để giảm thiểu ô nhiễm môi trường. Đặc biệt khi động cơ làm việc hầu như không hình thành khói đen, điều này thích hợp khi sử dụng cho động cơ D1146 trên xe bus hoạt động trong thành phố như hiện nay. Mặt khác khi sử dụng DME nếu giữ nguyên lượng nhiên liệu cấp cho CTCT thì công suất của động cơ giảm (do nhiệt trị thấp của DME nhỏ hơn DO), nên cần tăng lượng cung cấp nhiên liệu cho CTCT để đảm bảo công suất cần thiết khi khai thác động cơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Zhen Huang, Xinqi Qiao, Wugao Zhang, Junhua Wu, Junjun Zhang. Dimethyl ether as alternative fuel for CI engine and vehicle. Front. Energy Power Eng. China 2009, 3(1): 99-10.
- [2]. Kuleshov A.S. Model for predicting air - fuel mixing, combustion and emission in DI diesel engines over whole operating range. SAE International 2005-01-2119, 2004.
- [3]. Шатров М.Г., Морозов К.А., Алексеев И.В. Автомобильные двигатели. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 464 с.
- [4]. Шатров М.Г., Хачиян А.С., Голубков Л.Н., Дунин А.Ю. Совершенствование рабочих процессов автотракторных дизелей и их топливных систем, работающих на альтернативных топливах. - М.: МАДИ, 2012, - 220 с.
- [5]. <http://www.diesel-rk.bmstu.ru/>