

# ỨNG DỤNG CFD TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG SỐ QUÁ TRÌNH HÒA TRỘN-CHÁY TRONG ĐỘNG CƠ DIESEL THỦY KHÍ SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU HỖN HỢP (DẦU DO-DẦU CỌ) LÀM NHIÊN LIỆU THAY THẾ

Nguyễn Đức Hạnh<sup>1</sup>, Đặng Văn Uy<sup>1</sup>, Nguyễn Đại An<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Bài báo giới thiệu kết quả mô phỏng số quá trình hòa trộn-cháy trong buồng đốt động cơ diesel thủy Hanshin 6LU32 khi sử dụng nhiên liệu hỗn hợp dầu cọ thô chưa este hóa và dầu diesel với thông số đầu vào là giống thực tế và kết quả đầu ra là các thông số đặc trưng để so sánh với kết quả nghiên cứu thực nghiệm nhằm đánh giá khả năng sử dụng loại nhiên liệu mới trên thay thế cho nhiên liệu truyền thống.

**Từ khóa:** Nhiên liệu hỗn hợp, quá trình hòa trộn-cháy, mô phỏng số, động cơ diesel thủy.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện tại, xu hướng nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế cho động cơ diesel nói chung và động cơ diesel thủy là rất phổ biến trên toàn thế giới. Bởi vì, các loại nhiên liệu thay thế bao gồm nhiên liệu hỗn hợp và nhiên liệu nhũ tương có khả năng tái tạo và giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch trong tương lai.

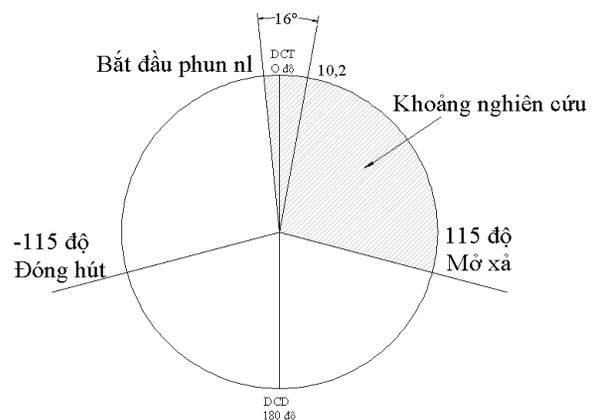
Tuy nhiên, khi nhiên liệu hỗn hợp được sử dụng để thay thế nhiên liệu thông thường cho động cơ diesel có thể ảnh hưởng đến quá trình hòa trộn-cháy hỗn hợp nhiên liệu-không khí trong buồng đốt động cơ, sau đó là ảnh hưởng đến hiệu suất của động cơ, do các đặc tính lý hóa của nhiên liệu hỗn hợp thay đổi. Vì vậy, khi nghiên cứu sử dụng nhiên liệu hỗn hợp (dầu cọ thô chưa este hóa và dầu diesel) cho động cơ diesel thủy thì việc ứng dụng CFD hay là phần mềm thương mại Fluent-Ansys để mô phỏng quá trình hòa trộn-cháy trong động cơ có độ chính xác cao là cơ sở khoa học và tiết kiệm chi phí nghiên cứu thực nghiệm. Đây vẫn còn là một vấn đề còn khá mới mẻ trong các nghiên cứu ở Việt Nam (biodiesel mới được tập trung nghiên cứu nhiều) cũng như còn nhiều bàn luận trên thế giới. Do đó trong bài báo này, tác giả sẽ giới thiệu một phương pháp ứng dụng CFD mô phỏng quá trình hòa trộn-cháy trong động cơ diesel thủy Hanshin 6LU32 sử dụng nhiên liệu hỗn hợp dầu cọ thô – dầu diesel thay cho nhiên liệu truyền thống là dầu diesel.

## 2. MÔ PHỎNG SỐ QUÁ TRÌNH HÒA TRỘN-CHÁY TRONG ĐỘNG CƠ DIESEL

### 2.1. Giới thiệu

Trong một chu kỳ hoạt động của động cơ diesel, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu giai đoạn hòa trộn – cháy hỗn hợp nhiên liệu - không khí như biểu diễn trong Hình 1 (phần màu xanh theo GQTK).

Việc nghiên cứu bằng phương pháp mô phỏng số chính là đi xây dựng các phương trình lý thuyết liên quan đến quá trình hòa trộn-cháy như các phương trình mô tả dòng chảy rối, mô hình cháy,... sau đó tiến hành giải theo điều kiện biên của bài toán (chính là các thông số hình học của động cơ).



Hình 1. Chu kỳ hoạt động theo GQTK

Từ đó ta sẽ phân tích được các kết quả một cách kỹ càng hơn, cũng như mở rộng các giả định để nghiên cứu. Trong nội dung bài báo, nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu trên số liệu thực tế của của

<sup>1</sup> Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

động cơ diesel 6LU32 vì đây chính là động cơ mà nhóm tác giả sẽ nghiên cứu thực nghiệm để có cơ sở đánh giá so sánh các kết quả nghiên cứu bằng phương pháp số của mình.

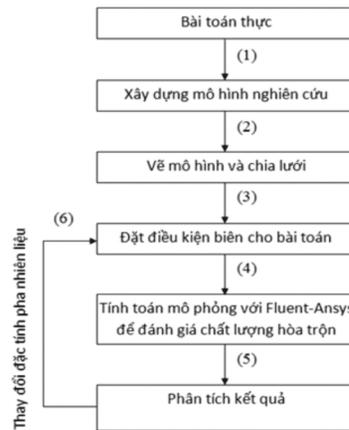
**2.2. Lựa chọn mô hình tính toán** (Besson, M., et al., 2000), (Nguyen P. K. et al., 2004), (Roland BORGHI, Michel DESTRIAU)...

- Mô hình cháy Non-premixed: nhiên liệu và không khí không trộn lẫn trước, kết hợp với hàm PDF – hàm mật độ xác suất (thống kê xác suất nhiên liệu có mặt ở mỗi vị trí).

- Mô hình rối k-epsilon.

- Mô hình phun nhiên liệu: discrete phase – injection.

- Mô hình In-Cylinder: quy định chuyển động của piston, kết hợp lưới động.



Hình 2. Sơ đồ khối quy trình ứng dụng CFD để mô phỏng

**2.3. Quy trình bài toán tính toán mô phỏng Fluent**

Quy trình tính toán mô phỏng được mô tả qua sơ đồ khối gồm 6 bước theo Hình 2 và nội dung các bước được mô tả chi tiết hơn qua Bảng 1 như sau:

**Bảng 1. Quy trình tính toán mô phỏng**

TT	Nội dung
1	Vẽ mô hình theo kích thước thật của các chi tiết động cơ (đường kính xi lanh, chiều cao buồng đốt, vị trí lỗ đặt vòi phun, giới hạn điểm chết trên và vị trí trước khi qua cửa xả), chia lưới, đặt điều kiện biên (đầu vào, ra, tường tĩnh, tường động) và xuất sang file.mesh. (có thể dùng phần mềm Grid, Gambit hoặc lập trình giải quyết trực tiếp).
2	Kiểm tra lưới (loại lưới, kích thước lưới, số lượng lưới vì điều này liên quan đến cấu hình máy tính thực hiện cũng như độ chính xác của bài toán), chọn mô hình tính toán phù hợp.
3	Đặt cụ thể điều kiện biên cho bài toán. (Áp suất, nhiệt độ trước quá trình phun nhiên liệu được đưa vào theo số liệu thực nghiệm).
4	Đặt độ chính xác (điều kiện hội tụ), bước thời gian, chế độ ghi kết quả tự động cho các biến quan tâm và số vòng lặp cần thiết.
5	Tiến hành tính toán và theo dõi quá trình thực hiện bài toán. (Kết quả tính toán các biến sẽ được hiển thị qua đồ thị theo mỗi bước thời gian và được phân biệt bằng màu sắc để tiện theo dõi, khi biến nào đạt độ chính xác đặt trước thì dừng lại, các biến khác vẫn tiếp tục thực hiện tính toán theo yêu cầu).
6	Khi bài toán hội tụ theo yêu cầu thì ghi lại toàn bộ kết quả và tiến hành phân tích kết quả (lúc này có thể kết hợp thêm các phần mềm khác như Excel, Tecplot hoặc lập trình xử lý) sau đó sẽ thay đổi đặc tính của hỗn hợp (khối lượng riêng và độ nhớt khác).

Đây là bài toán mô phỏng với không gian tính toán 3D dạng khối trụ, do đó ta phải tạo ra các mặt đối xứng khác nhau cũng như các mặt song song với lỗ phun, piston để thể hiện được kết quả tính toán trong toàn bộ không gian buồng đốt.

**2.4. Các phương án tính toán**

Như vậy, ta có thể tổng hợp các phương án tính toán mô phỏng bằng CFD như sau:

- Các điều kiện biên xác định theo đặc điểm động cơ 6LU32 và vòi phun của động cơ này theo bảng 2 (John B.Lheywood, 1988) (Dang Van Uy & Research Team, 2014).

**Bảng 2. Các thông số cơ bản của động cơ diesel Hanshin 6LU32**

STT	CÁC THÔNG SỐ	GIÁ TRỊ
1.	Vòng quay định mức	$n = 340$ v/ph
2.	Công suất định mức	$N_e = 1300$ HP (970kW)
3.	Đường kính xy lanh	$D = 320$ mm
4.	Áp suất cháy lớn nhất	$P_z = 90$ bar
5.	Góc phun sớm	$11^\circ$ trước ĐCT [độ GQTK]
6.	Suất tiêu hao nhiên liệu định mức	$g_e = 200$ g/kW.h
7.	Vòi phun trực tiếp	6 cái, áp suất 280 bar

- Đầu vào: gồm 5 phương án nhiên liệu với các tỷ lệ hỗn hợp khác nhau như Bảng 3. Tác giả tính cho loại nhiên liệu PO20, đây là loại nhiên liệu hỗn hợp được cho là có đặc tính lý hóa phù hợp nhất dành cho động cơ diesel 6LU32 được khuyến cáo bởi kết

quả nghiên cứu thuộc đề tài cấp nhà nước Mã số: DT.04.11/NLSH thuộc “Đề án phát triển NLSH đến năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025” của PGS.TS Đặng Văn Uy đã được nghiệm thu thành công (Dang Van Uy & Research Team, 2014).

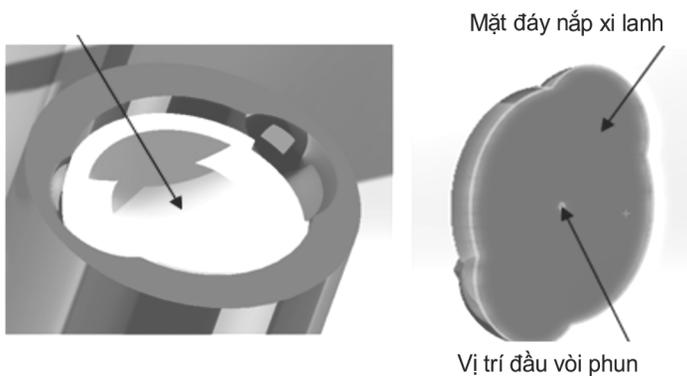
**Bảng 3. Các tỷ lệ nhiên liệu hỗn hợp nghiên cứu**

STT	Đặc tính nhiên liệu	Các loại nhiên liệu hỗn hợp				
		DO	PO10	PO20	PO30	PO100
1	Tỷ trọng ở 40°C, [kg/dm <sup>3</sup> ]	0.8447	0.8521	0.8582	0.8650	0.9206
2	Độ nhớt ở 40°C, [kg/m.s]	2.60	3.42	5.31	6.45	40.24
3	Nhiệt trị thấp [MJ/kg]	44.978	43.650	42.960	42.29	40.11

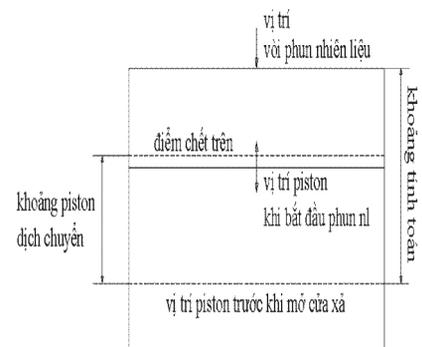
- Đầu ra đánh giá chất lượng quá trình: hòa trộn - cháy trong động cơ diesel 6LU32 hay là quá trình nhiên liệu bắt đầu ra khỏi vòi phun và hòa trộn - cháy với kích thước hình học vòi phun,

áp suất phun và không gian buồng đốt là không thay đổi.

**2.5. Xây dựng mô hình nghiên cứu và chia lưới không gian tính toán**



Hình 3. Hình dạng không gian buồng đốt động cơ diesel 6LU32 trong AutoCAD Mechanical



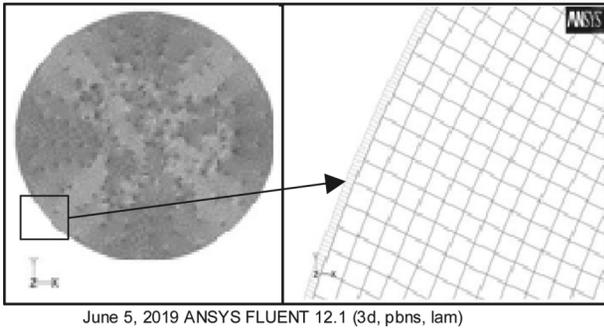
Hình 4. Không gian tính toán tương ứng với GQTK

Đặc điểm của lưới (Nguyen P. K. et al, 2004), (Roland BORGHI, Michel DESTRIAU):

Lưới có cấu trúc; Lượng lưới thay đổi theo quá trình chuyển động của piston;

Lưới được chia với kích thước khác nhau cho 2 vùng (buồng cháy và khe hở);

Số lượng lưới vào khoảng 700 ngàn đến 1,5 triệu phần tử.



Hình 5. Hình ảnh lưới của các mô hình tính toán

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Phân bố áp suất

Bằng việc tính toán cho không gian buồng đốt trong suốt quá trình khảo sát theo các bước thời gian tương ứng với góc quay trục khuỷu khi sử dụng loại nhiên liệu hỗn hợp PO20 cho phép ta ghi lại các kết quả tính toán.

Để thể hiện các kết quả này ta có thể đưa ra dưới dạng trường phân bố áp suất theo các mặt cắt khác

nhau hoặc thể hiện áp suất lớn nhất trong buồng cháy theo góc quay trục khuỷu.

Dưới đây là phân bố áp suất trong toàn không gian buồng đốt theo góc quay trục khuỷu, để tiện theo dõi các kết quả được thể hiện trên mặt phẳng đối xứng đi qua vị trí tia phun nhiên liệu. Hình 6 thể hiện phân bố áp suất trên mặt cắt đối xứng đi qua tia phun nhiên liệu theo các góc quay trục khuỷu trên động cơ diesel 6LU32.

Trên mỗi hình nhỏ là một cửa sổ thể hiện kết quả của chương trình tính toán, ta có thể ghi lại theo các bước thời gian tương ứng với góc quay trục khuỷu hay tương ứng với vị trí của piston. Góc trên bên trái là thanh chỉ thị màu sắc để thể hiện các kết quả tính toán, giá trị ở giữa cửa sổ bên trên là khoảng thời gian khảo sát tương ứng, góc bên trái phía dưới là góc trục khuỷu (ở đây các kết quả được ghi lại theo góc quay trục khuỷu với bước ghi là 5 độ, từ 354 độ, nghĩa là trước điểm chết trên 6 độ tới giá trị ở vị trí 408 độ).



Hình 6. Phân bố áp suất trên mặt cắt đối xứng đi qua tia phun nhiên liệu theo các góc quay trục khuỷu trên động cơ diesel 6LU32, PO20

Qua kết quả tính toán giá trị áp suất cho trường hợp trên ta thấy các kết quả tính toán bằng phương pháp số rất chi tiết, cho giá trị áp suất lớn nhất cao hơn so với trong lý lịch động cơ tại vị trí góc quay trục khuỷu tương ứng. Điều này có thể lý giải như sau:

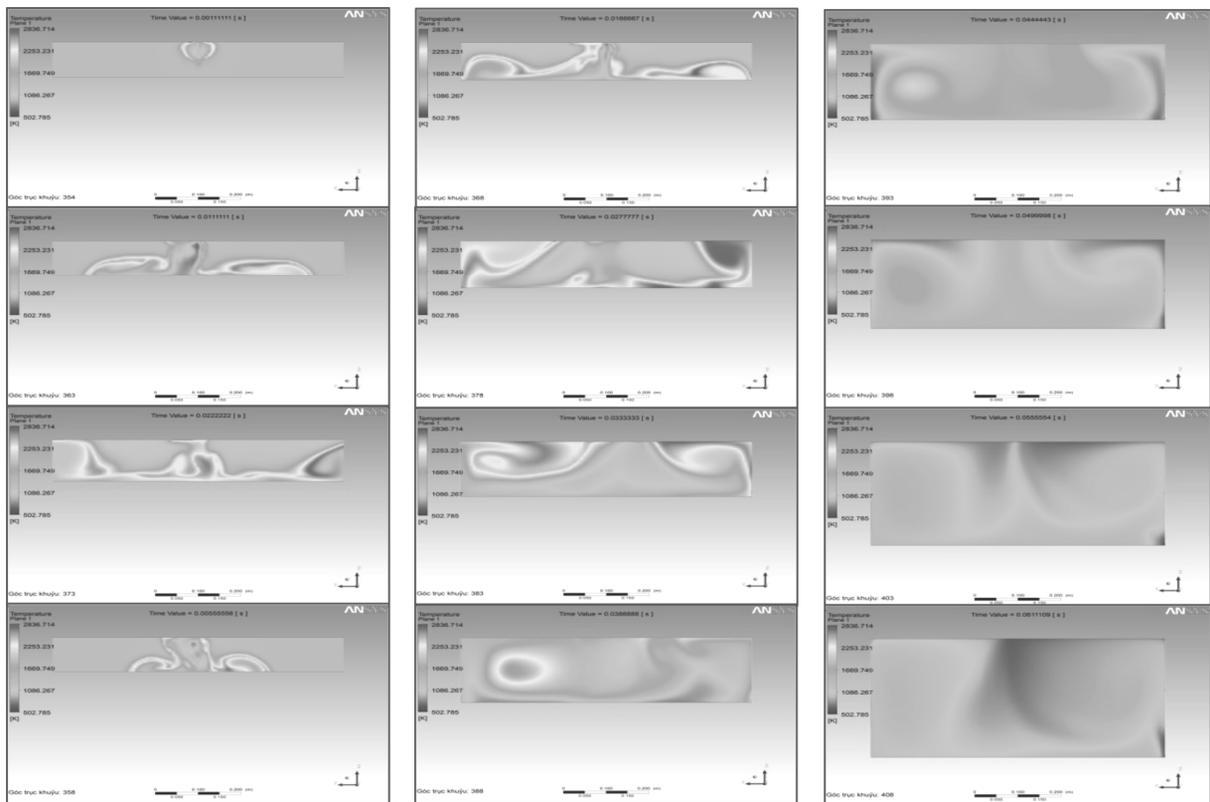
Mô hình tính toán số cho trường hợp trên đã bỏ qua các loại tổn thất.

Các điều biên được ấn định theo thực tế, nhưng thực tế vận hành các điều kiện biên có thể bị thay đổi chút ít.

Phương pháp mô phỏng số cho ta kết quả tại tất cả các nút tính toán (theo nút lưới chia), vì vậy ta có thể hiển rõ hơn kết quả tính toán so với thực tế cho ta kết quả chỉ tại vị trí đo.

### 3.2. Phân bố nhiệt độ

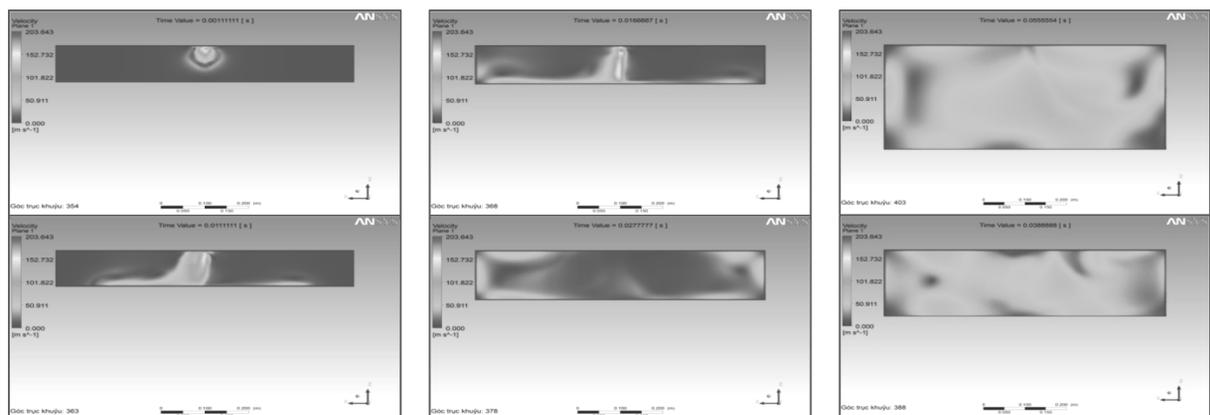
Tương tự như việc thể hiện kết quả tính toán về áp suất ta có thể thể hiện các kết quả phân bố nhiệt độ như sau:

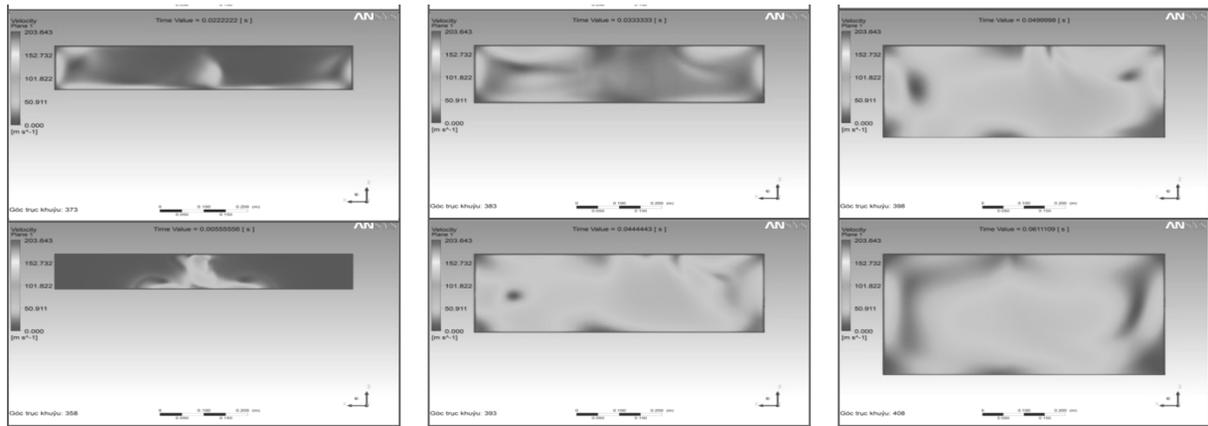


Hình 7. Phân bố nhiệt độ trong buồng đốt theo góc quay trục khuỷu trong động cơ diesel 6LU32, PO20

### 3.3. Phân bố vận tốc

Kết quả thể hiện tính toán ta có thể thể hiện các kết quả phân bố vận tốc như sau:





Hình 8. Phân bố vận tốc trong buồng đốt theo góc quay trục khuỷu trong động cơ diesel 6LU32, PO20

Bằng cách phân tích các thông số động học quá trình hòa trộn - cháy cho 5 hỗn hợp nhiên liệu khác nhau nhằm so sánh để đưa ra trường hợp có chất lượng hòa trộn - cháy tốt nhất. Với cách thực hiện các bước theo bài toán như trên áp dụng cho 5 trường hợp, các kết quả tính toán và phân tích đã chỉ ra trường hợp cho kết quả tốt hơn cả khi sử dụng nhiên liệu hỗn hợp là PO20.

#### 4. KẾT LUẬN

Như vậy việc áp dụng CFD nghiên cứu quá trình hòa trộn - cháy trong động cơ diesel đã thể hiện rõ hiệu quả qua các kết quả thu được như phân bố áp suất, nhiệt độ, vận tốc...đặc biệt việc

nghiên cứu bằng phương số cho phép ta phân tích kỹ và là cơ sở minh chứng khoa học khi nghiên cứu thực nghiệm.

Do số lượng trang của bài báo có hạn nên nhóm nghiên cứu chỉ trình bày kết quả cho 1 trường hợp lên đây tính cho loại nhiên liệu hỗn hợp PO20.

Trong phần nghiên cứu tiếp nhóm tác giả sẽ tiến hành nghiên cứu thực nghiệm trên động cơ diesel 6LU32 để đánh giá chất lượng hỗn hợp dầu diesel-dầu cò nhằm tìm ra loại nhiên liệu hỗn hợp cho chất lượng cháy tốt nhất.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Besson, M., et al., (2000) *Experimental analysis of combusting flows developing over a plane symmetric expansion*. Journal of Thermophysics and Heat Transfer, 14(1), 59-67.
- Nguyen P. K. et al. (2004): *Turbulent reacting flow in a dump combustor: some specific aspects related to the boundary conditions*. 7th Asia-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization (APISCEU), Hong Kong.
- Roland BORGHI, Michel DESTRIAU avec la collaboration de Gérald DE SOETE: *La Combustion et Les Flammes*.
- Centre d'Instruction de Vilgenis: *Formation Turbo Réacteur*( édition 11/1996)
- Groupement Francais de Combustion (Section Francaise du Combustion Institute): *Les Mots de Combustion*( édition zéro 11/1993 )
- John B.Lheywood (1988); *Internal Combustion Engine Fundamentals* by McGraw-Hill;
- Dang Van Uy & Research Team (2014); *Research and develop a technology solution in order to convert marine diesel engines of small and medium scale to use blended straight vegetable oils as alternative fuel*", No.04.11/NLSH, Haiphong;
- Dang Van Uy & Research Team (2014); *To Build up Technical and Management Solutions in Order to Decrease Fuel Expenditures for Vietnam National Ocean Fleet*; Ministry of Transportation, Hanoi;

**Abstract:**

**SIMULATION OF THE FUEL OIL MIXING-BURN PROCESSES INTO MARINE DIESEL ENGINE COMBUSTION CHAMBER USING THE MIXTURE FUEL OIL (DIESEL OIL AND PALM OIL) AS AN ALTERNATIVE ONE BY CFD SOFTWARE**

*The paper introduces the simulation results of the number of mixing-burn processes in Hanshin marine diesel engine 6LU32 using fuel of un-esterified crude palm oil and diesel oil with the actual input and results. The output is typical parameters to compare with the results of empirical research to evaluate the ability to use the new fuel to replace the traditional fuel.*

**Keywords:** Mixed fuel, mixing - fire processing, simulation, marine diesel engine.

---

*Ngày nhận bài: 20/6/2019*

*Ngày chấp nhận đăng: 16/8/2019*