

**NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH CÔNG SUẤT, SỰ CHÁY, VÀ KHÍ THẢI ĐỘNG CƠ COMMON RAIL VỚI
NHIÊN LIỆU NHũ TƯƠNG BẰNG MÔ PHỎNG**

Th.S Nguyễn Thanh Hùng

*Khoa Công nghệ Động lực, Trường Cao Đẳng Lý Tự Trọng TP.HCM
390 Hoàng Văn Thụ, P. 4, Q. Tân Bình, TP.HCM.
Email: thanhhungspkt05@gmail.com*

Báo cáo tóm tắt: Bài báo nghiên cứu đặc tính công suất, sự cháy, và khí thải động cơ common rail ứng dụng nhiên liệu nhũ tương với tỉ lệ phần trăm nước trong diesel là 5%, 10%, 15%, và 20% tại các tương ứng với tốc độ từ 1000 ÷ 3000 v/ph bằng phần mềm AVL-BOOST. Kết quả thu được: đặc tính công suất sử dụng nhũ tương kém hơn khi sử dụng diesel khoảng 6 ÷ 8%, nhưng nếu xét về mặt tiết kiệm nhiên liệu thì nhũ tương có phần vượt trội hơn do nhũ tương là sự kết hợp giữa nước và diesel mặc dù suất tiêu hao nhiên liệu khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương cao hơn khi mô phỏng. Đồng thời các chất gây ô nhiễm trong khí thải như NOx giảm 23 %, bồ hóng giảm 3% khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương với 5% nước.

Từ khóa: Nhiên liệu nhũ tương, DO nhũ tương, Emulsified Fuel.

1. Giới thiệu

Tình hình chung của thế giới hiện nay là vấn đề thiếu hụt nhiên liệu và ô nhiễm nảy sinh nghiêm trọng ở các thành phố lớn do sự bùng phát nhanh chóng số lượng xe tham gia giao thông. Theo thống kê, các thành phố lớn trên thế giới có lượng CO chiếm 2/3 lượng khí độc ở bầu khí quyển. Trong đó 90% là do động cơ ô tô thải ra. Hiện nay giải pháp xử lý ô nhiễm môi trường là tìm kiếm sử dụng các nguồn năng lượng sạch thay thế dầu mỏ là vấn đề cấp thiết, đã và đang được quan tâm trên toàn thế giới cũng như ở Việt Nam. Trong đó nhiên liệu nhũ tương dầu - nước (Diesel- H₂O) đang là xu thế nghiên cứu và phát triển trên thế giới

Bài báo này thực hiện xây dựng mô hình động cơ diesel 4 kỳ common rail sử dụng nhiên liệu nhũ tương dầu - nước bằng phần mềm AVL Boost.

2. Cơ sở lý thuyết phần mềm AVL Boost

AVL Boost là phần mềm chuyên dụng để nghiên cứu tính toán mô phỏng các quá trình nhiệt động và hình thành phát thải trong động cơ đốt trong. Cơ sở lý thuyết của phần mềm Boost được sử dụng trong nghiên cứu này được trình bày tóm tắt dưới đây.

2.1. Phương trình nhiệt động học thứ nhất

Định luật nhiệt động thứ nhất thể hiện mối quan hệ giữa sự biến thiên nội năng (enthalpy) với sự biến thiên của nhiệt và công, được trình bày trong phương trình 1 [1].

$$\frac{d(m_c - u)}{d\alpha} = -p_c \frac{dV}{d\alpha} + \frac{dQ_F}{d\alpha} - \sum \frac{dQ_w}{d\alpha} - h_{BB} \frac{dm_{bb}}{d\alpha} + \sum \frac{dm_i}{d\alpha} h_i - \sum \frac{dm_e}{d\alpha} h - q_{ev} f \frac{dm_e}{dt} \quad (1)$$

Trong đó, m_c là khối lượng môi chất bên trong xylanh, u là nội năng, p_c là áp suất bên trong xylanh, V là thể tích xylanh, Q_F là nhiệt lượng của nhiên liệu cung cấp, Q_w là nhiệt lượng

tổn thất cho thành vách, h_{BB} là trị số enthalpy, m_{BB} là lượng lọt khí, và α là góc quay trục khuỷu.

2.2. Mô hình cháy

Phần mềm AVL Boost sử dụng mô hình cháy AVL MCC cho việc dự đoán các chỉ tiêu của quá trình cháy trong những động cơ phun nhiên liệu trực tiếp và tự cháy. Quá trình giải phóng nhiệt được xác định bởi việc điều chỉnh chất lượng nhiên liệu và mật độ chuyển động rối, thể hiện trong phương trình 2 [1].

$$\frac{dQ_{MCC}}{d\alpha} = C_{Comb} \cdot f_1(m_F, Q_{MCC}) \cdot f_2(k, V) \quad (2)$$

Với

$$f_1(m_F, Q) = \left(m_F - \frac{Q_{MCC}}{LCV} \right) \cdot (w_{Oxygen, available})^{C_{EGR}}$$

$$f_2(k, V) = C_{Rate} \cdot \frac{\sqrt{k}}{\sqrt[3]{V}}$$

Trong đó, Q_{MCC} là nhiệt tỏa ra tích lũy từ quá trình cháy của hỗn hợp có kiểm soát [kJ], C_{Comb} là hằng số cháy [kJ/kg/deg CA], C_{Rate} là hằng số tốc độ hòa trộn [s], k là mật độ lân cận của năng lượng động học chảy rối [m^2/s^2], m_F là khối lượng nhiên liệu bay hơi (thực tế) [kg], LCV là nhiệt trị thấp [kJ/kg], V là thể tích xylanh [m^3], α là góc quay trục khuỷu [deg CA], C_{EGR} là hằng số ảnh hưởng của hồi lưu khí thải, $w_{Oxygen, available}$ là phần khối lượng oxy có sẵn (từ nạp khí và từ hồi lưu khí thải) lúc khởi điểm phun (Start of Injection)

2.3. Mô hình truyền nhiệt

Mô hình Woschni công bố vào năm 1978 được dùng để tính toán hệ số trao đổi nhiệt dành cho các chu trình cháy với áp suất cao, mô hình này tóm tắt trong phương trình 3 [1].

$$\alpha_w = 130 \cdot D^{-0.2} \cdot p_c^{0.8} \cdot T_c^{-0.53} \cdot \left[C_1 \cdot c_m + C_2 \cdot \frac{V_D \cdot T_{c,1}}{p_{c,1} \cdot V_{c,1}} \cdot (p_c - p_{c,o}) \right]^{0.8} \quad (3)$$

Trong đó, $C_1 = 2.28 + 0.308 \cdot c_u / c_m$, $C_2 = 0.00324$ dành cho động cơ phun trực tiếp, D là đường kính xylanh, c_m là tốc độ trung bình của piston, c_u là tốc độ tiếp tuyến ($c_u = \pi \cdot D \cdot n_d / 60$ trong đó n_d là tốc độ xoay của môi chất, $n_d = 8,5n$), V_D là thể tích công tác của 1 xylanh, p_c là áp suất môi chất trong xylanh, $p_{c,o}$ là áp suất khí trời, $T_{c,1}$ là nhiệt độ môi chất trong xylanh tại thời điểm đóng supápe nạp, $p_{c,1}$ là áp suất môi chất trong xylanh tại thời điểm đóng supápe nạp.

3. Xây dựng mô hình động cơ common rail

Trong nghiên cứu này phần mềm AVL Boost được ứng dụng để tính toán mô phỏng động cơ diesel common rail đang được lắp trên ô tô tải Kia Bongo III

3.1. Thông số và đặc tính kỹ thuật động cơ diesel common rail

Động cơ diesel common rail đang được lắp trên ô tô tải Kia Bongo III là động cơ diesel 4 kỳ. Các thông số kỹ thuật của động cơ được thể hiện trong Bảng 1

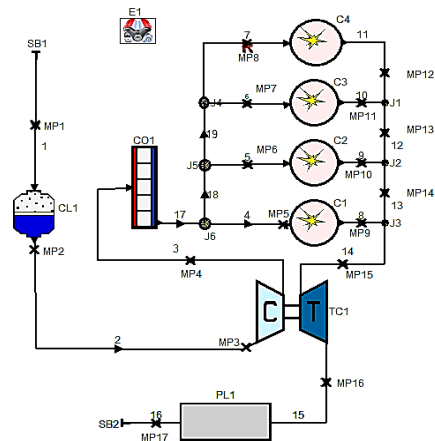
Bảng 1. Thông số động cơ mô phỏng

Số xylanh	4
Thứ tự thì nổ	1 - 3 - 4 - 2
Tốc độ cảm chừng	800 ± 100 v/ph
Đường kính xylanh	97,1mm
Hành trình pittông	98 mm
Thể tích công tác	2902 cm ³
Cơ cấu phối khí	4 Supápe
Số lỗ tia phun	6
Áp suất phun	1600 bar
Áp suất nén	30 kf/cm ² tại 2000 v/ph
Đường kính lỗ tia	0,14 mm
Tỉ số nén	19,3:1
Dẫn động supápe	DOHC
Supápe nạp mở	26° BTDC
Supápe nạp đóng	50° ABDC
Supápe xả mở	50° BBDC
Supápe xả đóng	29° ATDC

3.2. Xây dựng mô hình trong phần mềm AVL Boost

Mô hình động cơ diesel common rail được xây dựng trong phần mềm AVL Boost với các phần tử tương ứng mô tả các cụm chi tiết của động cơ. Thông số đầu vào cho mô hình động cơ bao gồm: Thông số kết cấu, thông số làm việc và các mô hình tính toán.....

Mô hình động cơ diesel common rail sau khi xây dựng hoàn thiện trong phần mềm AVL Boost được thể hiện trong Hình 1.



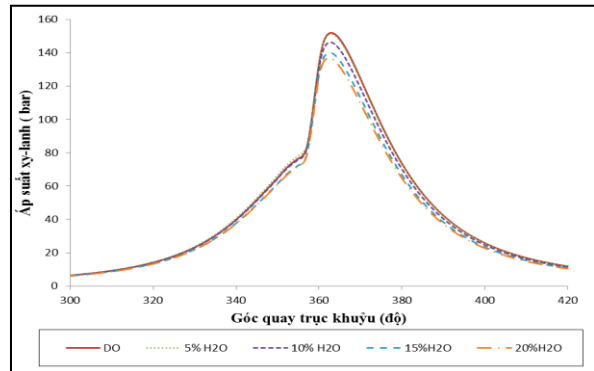
Hình 1. Mô hình động cơ diesel common rail

4. Kết quả và thảo luận

Để nghiên cứu đặc tính công suất, sự cháy, và khí thải động cơ common rail ứng dụng nhiên liệu nhũ tương, thực hiện các bước như sau:

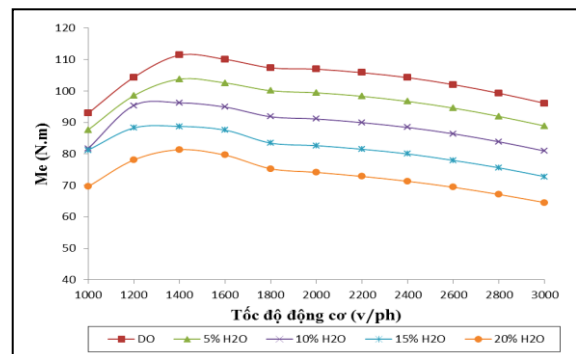
- Xây dựng giá trị về nhiệt trị thấp và tỉ lệ A/F của nhiên liệu sử dụng dưới sự thay đổi của tỉ lệ phần trăm nước trong diesel là 5%, 10%, 15%, và 20% .
- Mô phỏng với từng loại nhũ tương ứng với số vòng quay 1000 ÷ 3000 v/ph với mức thay đổi 200 v/ph, $p_{tăng\ áp} = const$, $p_{common\ rail} = const$. Động cơ được đánh giá tại 80% tải.

4.1. Áp suất trong xy lanh của động cơ khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương



Hình 2. Áp suất cháy trong xy-lanh theo góc quay trục khuỷu tại 1400 v/ph

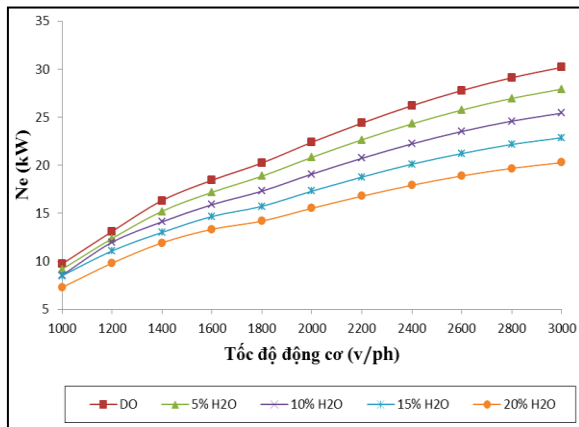
4.2. Đặc tính mô-men của động cơ khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương



Hình 3. Mô-men của động cơ ở dải tốc độ khác nhau

Mô-men sinh ra khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương với tỉ lệ phần trăm theo thể tích của nước trong nhiên liệu nhũ tương là 5% thấp hơn khi sử dụng diesel từ 6 ÷ 8 % khi vận hành ở dải tốc độ từ 1000 ÷ 3000 v/ph. Mặt khác, mô-men này giảm khi tỉ lệ phần trăm theo thể tích của nước trong nhiên liệu tăng lên 10%, 15% và 20%.

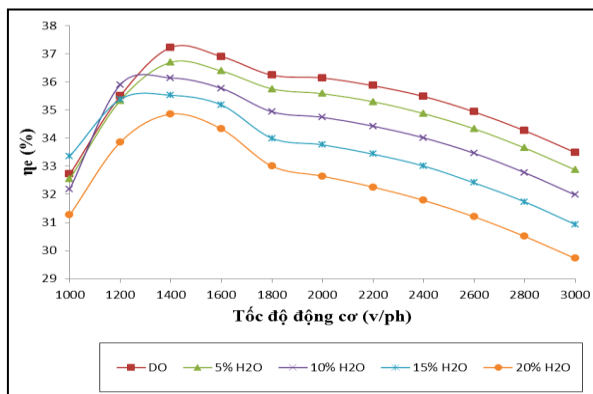
4.3. Đặc tính công suất của động cơ khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương



Hình 4. Công suất của động cơ ở dải tốc độ và nhiên liệu khác nhau

Công suất của động cơ sinh ra khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương với 5% nước thấp hơn khi sử dụng diesel từ 6 ÷ 8% trên toàn dải tốc độ từ 1000 ÷ 3000 v/ph. Mặt khác, công suất này giảm tương ứng khi tỉ lệ phần trăm nước tăng lên 10%, 15% và 20%.

4.4. Hiệu suất nhiệt của động cơ khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương

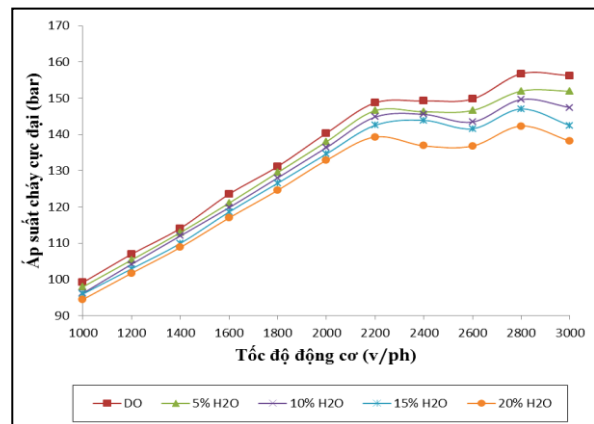


Hình 5. Hiệu suất nhiệt của động cơ ở dải tốc độ khác nhau

Hiệu suất nhiệt của động cơ sinh ra khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương với 5% nước thấp hơn khi sử dụng diesel khoảng 2 % khi vận hành ở dải tốc độ từ 1000 ÷ 3000 v/ph. Mặt khác, hiệu

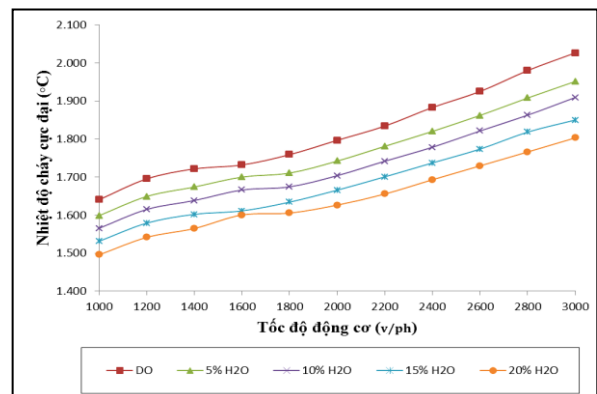
suất này giảm khi tỉ lệ phần trăm nước tăng lên 10%, 15% và 20%.

4.5. Nhiệt độ cháy cực đại và áp suất cháy cực đại của động cơ khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương



Hình 6. Áp suất cháy cực đại của động cơ

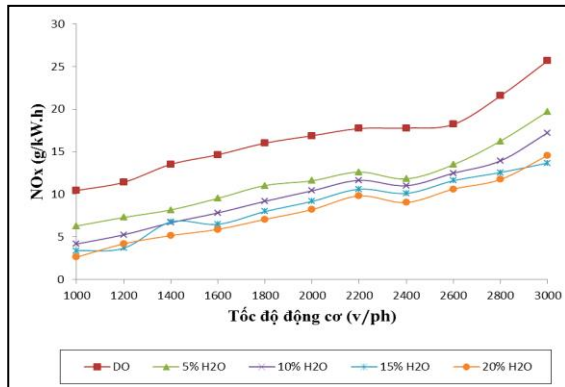
Khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương với 5% nước thì áp suất cực đại cháy thấp hơn từ 1 ÷ 3% áp suất cực đại cháy trong xy lanh khi sử dụng diesel, nhiệt độ cực đại trong xy lanh giảm từ 2 ÷ 4% so với khi sử dụng diesel.



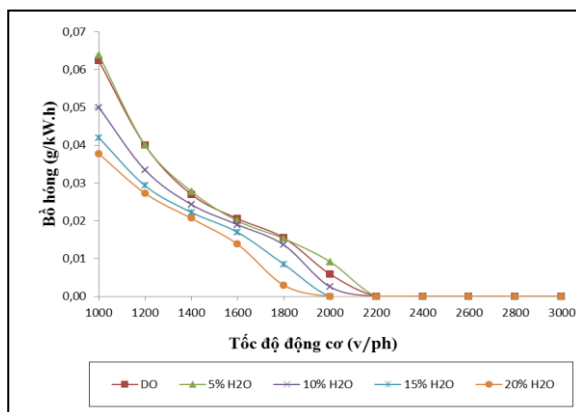
Hình 7. Nhiệt độ cháy cực đại của động cơ

Áp suất cháy cực đại trong xy lanh, nhiệt độ cực đại trong xy lanh giảm khi tỉ lệ phần trăm nước trong nhiên liệu nhũ tương tăng lên 10%, 15% và 20%.

4.6. Đặc tính phát thải khí độc của động cơ



Hình 8. Phát thải NOx ở dải tốc độ khác nhau



Hình 9. Phát thải bồ hóng ở dải tốc độ khác nhau

Khi sử dụng nhiên liệu nhũ tương với 5% nước thì lượng NO_x phát thải giảm khoảng 23 ÷ 40% so với khi sử dụng nhiên liệu diesel và giảm dần khi tỉ lệ phần trăm theo thể tích của nước trong nhiên liệu nhũ tương tăng.

Khi sử dụng 5% nước trong diesel là 3% và đạt 10 ÷ 80% khi tăng phần trăm nước có trong nhũ tăng lên 10%, 15% và 20% so với khi sử dụng diesel.

5. Kết luận

Từ kết quả mô phỏng, phân tích và đánh giá ở trên, ta thấy rằng đối với động cơ đang khảo sát thì với 5% nước có trong diesel thì có những ảnh hưởng sau:

- Về đặc tính công suất: mô-men và công suất giảm từ 6 ÷ 8%, hiệu suất giảm 1 ÷ 2%, suất tiêu hao nhiên liệu tăng từ 6 ÷ 8%;
- Về đặc tính sự cháy: áp suất và nhiệt độ cháy cực đại giảm từ 1 ÷ 3%;
- Về khí thải: nồng độ NO_x và bồ hóng trong khí thải giảm tương ứng là 23% và 3%.

Các kết quả đạt được cho thấy: đối với động cơ nghiền cứu khi sử dụng nhũ tương tỉ lệ 5% thì đặc tính công suất không khác biệt nhiều với đặc tính công suất khi sử dụng diesel, đồng thời suất tiêu hao nhiên liệu cũng tương đương so với khi sử dụng diesel, nhưng nồng độ ô nhiễm bồ hóng và NO_x thấp hơn so với khi sử dụng diesel. Do đó, nhiên liệu nhũ tương với 5% nước có trong nhũ trên động cơ diesel common rail có tính khả thi cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] AVL Boost (2013), AVL Boost Users Guide, Austria.
- [2] AVL Boost (2013), AVL Boost Aftertreatment Primer, Austria.
- [3] AVL Boost (2013), AVL Boost Theory, Austria.
- [4] <https://www.petrolimex.com.vn/nd/bao-chi-viet-ve-petrolimex-va-xang-dau/nhung-cuoc-khung-hoang-gia-dau-lon-nhat-the-gioi.html>
- [5] <http://kinhdoanh.vnexpress.net/photo/quoc-te/nhung-cuoc-khung-hoang-gia-dau-lon-nhat-the-gioi-3352454.html>
- [6] https://vi.wikipedia.org/wiki/Khủng_hoảng_dầu_mỏ_1973
- [7] <http://diendan.vfpres.vn/threads/bao-nhieu-nam-nua-dau-mo-se-can-kiet-tren-trai-dat.21565/>
- [8] Mohammed Yahaya Khan, Z. A. Abdul Karim, Ftwi Yohanness Hagos, A. Rashid A. Aziz and Isa M. Tan, "Current Trends in Water-in-Diesel Emulsion as a Fuel", the scientific world journal, article ID 527472, 2014.
- [9] A. Alahmer, J. Yamin, A. Sakhrieh, and M. A. Hamdan, "Engine performance using emulsified diesel

- fuel,"Energy Conversion and Management,vol.51,no.8, pp.1708–1713, 2010.
- [10] A.Barnes, D.Duncan, J.Marshall, A.Psaila, J.Chadderton and A.Eastlake, "Evaluation of water-blend fuels in a city bus and an assessment of performance with emission control devices," in Proceedings of the Better air Quality Motor Vehicle Control & Technology Workshop 2000, 2000.
- [11] N. Samec, Z. Dobovisek, and A. Hribernik, "The Effect of Water emulsified in diesel fuel on diesel fuel on exhaust emission," Goriva i Maziva,vol.39,pp.377–392, 2000.
- [12] N. Samec, B. Kegl, and R. W. Dibble, "Numerical and experimental study of water/oil emulsified fuel combustion in a diesel engine", Fuel,vol.81,no.16, pp.2035–2044, 2002.
- [13] A. C. Matheaus, T. W. Ryan, D. Daly, D. A. Langer, and M. P .B. Musculus, "Effects of PuriNOx water-diesel fuel emulsions on missions and fuel economy in a heavy-duty diesel engine", SAE Transactions 2002-01-2891, 2002.
- [14] K. Park, I. Kwak, and S. Oh, "The effect of water emulsified fuel on a motorway-bus diesel engine,"KSME International Journal, vol. 18, no. 11, pp. 2049–2057, 2004.
- [15] M. Abu-Zaid, "Performance of single cylinder, direct injection diesel engine using water fuel emulsions," Energy Conversion and Management, vol. 45, no. 5, pp. 697–705, 2004.
- [16] M. Nadeem, C. Rangkuti, K. Anuar, M. R. U. Haq, I. B. Tan, and S. S. Shah, "Diesel engine performance and emission evaluation using emulsified fuels stabilized by conventional and gemini surfactants,"Fuel, vol. 85, no. 14-15, pp. 2111–2119, 2006.
- [17] J. Ghajel, D. Honnery, and K. Al-Khaleefi, "Performance, emissions and heat release characteristics of direct injection diesel engine operating on diesel oil emulsion," Applied Thermal Engineering,vol.26,no.17-18,pp.2132–2141, 2006.
- [18] K. Kannan and M. Udayakumar,"NOx and HC emission control using water emulsified diesel in single cylinder diesel engine", Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 4, no. 8, pp. 59–62, 2009.
- [19] A. Maiboom and X. Tauzia, "NOx and PM emissions reduction on an automotive HSDI Diesel engine with water-in-diesel emulsion and EGR: an experimental study," Fuel, vol. 90, no. 11, pp. 3179–3192, 2011
- [20] E. Alam Fahd, Y. Wenming, P. Lee, S. Chou, and C.Yap,"Experimental investigation of the performance and emission characteristics of direct injection diesel engine by water emulsion diesel under varying engine load condition," Applied Energy, vol. 102, pp. 1042–1049, 2013.
- [21] <http://www.dost.hochiminhcity.gov.vn/tintuc/Lists/Posts/Post.aspx?List=f73cebc3-9669-400e-b5fd-9e63a89949f0&ID=1157>
- [22] Anh Tuan Pham, Cong Thanh Huynh, Long Dang Tran and Dung Ngoc Nguyen, " Influence of DWE fuel on performance and emission of heavy duty DI diesel engine equipped with turbocharger", VNU Key – Lab For Internal Combustion Engine Ho Chi Minh City University Of Technology Ho Chi Minh City, Viet Nam.
- [23] Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 5689 : 2005)
- [24] C. Lin and K. Wang, "The fuel properties of three-phase emulsions as an alternative fuel for diesel engines," Fuel, vol.82, no. 11, pp. 1367–1375, 2003
- [25] Worldwide fuels standards
- [26] Bùi Thanh Hải, luận văn "Phụ gia tạo nhũ DO/WATER", khoa kỹ thuật hóa học, bộ môn công nghệ chế biến dầu khí, Trường Đại Học Bách Khoa TP.HCM.
- [27] Nguyễn Văn Tuấn, luận văn " Nghiên cứu chế tạo hệ nhũ tương nước – diesel cho động cơ diesel", Trường Đại Học Bách Khoa Hà Nội.
- [28] Lê Ánh Nga, luận văn "Nghiên cứu các thông số tạo hệ nhũ tương dầu trong nước (oil/water), ứng dụng tạo hệ nhũ tương dầu gấc", Viện Công Nghệ Sinh Học Và Môi Trường, Nha Trang.
- [29] PGS. TS Nguyễn Tất Tiến, "Nguyên Lý Động Cơ Đốt Trong" – Nhà xuất bản giáo dục , 2003.
- [30] PGS. TS Nguyễn Duy Tiến, "Nguyên Lý Động Cơ Đốt Trong" – Nhà xuất bản giao thông vận tải, 2007.

- [31] Bùi Văn Ga, Văn Thị Bông, Phạm Xuân Mai, Trần Văn Nam, Trần Thanh Hải Tùng, “Ô tô và ô nhiễm môi trường.” Nhà Xuất bản Giáo dục. 1999.
- [32] Zel'dovich, Y.B., 1946 . "The Oxidation of Nitrogen in Combustion and Explosions". Acta Physiochimica USSR, Vol. 21.
- [33] Hiroyasu, H., Kadota, T., Arai M., “Development and Use of a Spray Combustion Modeling to Predict Diesel Engine Efficiency and Pollutant Emissions, Part I”: Combustion Modeling, Bulletin of the JSME, Vol. 26, pp.569-575, 1983
- [34] Onorati A., Ferrari G., D'Errico, G., “1D Unsteady Flows with Chemical Reactions in the Exhaust Duct-System of S.I. Engines: Predictions and Experiments”, SAE Paper No. 2001-01-0939.
- [35] Lavoie, G. and Blumberg, P.N., “A fundamental Model for Predicting Consumption, NO_x, and HC Emissions of the Conventional Spark-Ignition Engines”, Combustion Science and Technology, Vol. 21, pp 225-258,1980.
- [36] Bùi Văn Ga, 2002. Quá Trình Cháy Trong Động Cơ Đốt Trong, Nhà Xuất Bản Khoa Học và Kỹ Thuật Hà Nội.
- [37] Dolanimiti Ogunkoya, Shuai Li, Orlando J. Rojas, Tiegang Fang, “Performance, combustion, and emissions in a diesel engine operated with fuel-in-water emulsions based on lignin”, Applied Energy 154 (2015) 851–861