NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ẢNH HƯỞNG CỦA ÁP SUẤT CUỐI KỲ NÉN ĐẾN PHÁT THẢI KHÍ XẢ CỦA ĐỘNG CƠ DIESEL MÁY CHÍNH TÀU CÁ

EXPERIMENTAL RESEARCH INFLUENCE OF THE PRESSURE OF THE END COMPRESSION STROKE TO EXHAUST GAS EMISSIONS OF THE MAIN DIESEL ENGINE OF FISHING VESSELS

Hồ Đức Tuấn1, Trần Thanh Hải Tùng2,Mai Đức Nghĩa3

1)Trường Đại học Nha Trang, 2)Đại học Đà Nẵng,  3)Trường Sĩ quan Không quân

**Tóm tắt**

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của áp suất cuối kỳ nén đến nồng độ phát thải bồ hóng và NOx trên động cơ diesel, làm cơ sở xây dựng bộ thông số chẩn đoán đánh giá tình trạng kỹ thuật động cơ trong quá trình sử dụng. Đối với động cơ diesel, áp suất cuối kỳ nén tại thời điểm phun nhiên liệu có liên quan trực tiếp đến cấu trúc tia phun dẫn đến thay đổi quá trình hình thành hỗn hợp và cháy nhiên liệu, do đó ảnh hưởng đến hai loại phát thải của động cơ là bồ hóng và NOx. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm trên động cơ diesel tàu cá 4CHE -Yanmar cho thấy, áp suất cuối kỳ nén giảm so với tiêu chuẩn khoảng 14% thì phát thải bồ hóng tăng 36,43%, đồng thời phát thải NOx giảm 22,58%.

*Từ khóa: Áp suất cuối kỳ nén, động cơ diesel tàu cá, công suất, phát thải bồ hóng, phát thải NOx, hệ thống phun nhiên liệu.*

**Abstract**

The paper presents the results of experimental research on the effect of pressure on the end of compression stroke on concentration of soot and NOx on diesel engines, as a basis for building a set of diagnostic parameters to assess engine technical condition in using. For diesel engines, pressure of the end compression stroke at fuel injection timing directly interdepend to spray structure to change on the formation combustion mixture process and burning fuel, thus affecting two types of engine emissions are soot and NOx. Experimental research results on 4CHE-Yanmar diesel engines show that, pressure of the end compression stroke is reduced 14% lower than standard thus soot emissions increases 36,43%, However NOx emissions decreases 22,58%.

Keywords: the pressure of the end compression stroke, diessel engine of fishing vessel, soot emissions, NOx emissions, fuel injection system.

# Đặt vấn đề

Theo số liệu của Cục Khai thác và Bảo vệ Nguồn lợi Thủy sản (Tổng cục Thủy sản, Bộ NN&PTNT), tính đến năm 2017, cả nước có khoảng 120.000 tàu cá, trong đó số tàu hoạt động xa bờ (loại 90 CV trở lên) là 27.000 tàu [1]. Số tàu này ngoài việc tham gia phát triển kinh tế biển còn góp phần quan trọng bảo vệ an ninh chủ quyền biển, đảo quốc gia. Tuy nhiên, sự phát triển trên cũng đồng nghĩa với việc gia tăng nhu cầu sử dụng nhiên liệu từ dầu mỏ khiến phát thải ô nhiễm tăng cao, ảnh hưởng xấu đến môi trường.

Trong khí xả của động cơ diesel, hai thành phần chất độc hại cần được quan tâm giảm thiểu là bồ hóng và NOx. Phát thải bồ hóng tồn tại dưới dạng những hạt rắn và rất dễ xâm nhập sâu vào phổi, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe con người. Sự hình thành bồ hóng trong ngọn lửa khuếch tán phụ thuộc vào nhiên liệu, quá trình hình thành hỗn hợp và nhiệt độ cháy, vì hàm lượng bồ hóng phát thải là hiệu số của lượng bồ hóng hình thành và ô xy hóa ở nhiệt độ cao. Trong đó, nếu quá trình tạo hỗn hợp không khí-nhiên liệu được đồng đều thì sẽ giảm lượng bồ hóng hình thành; nhiệt độ cháy càng lớn càng làm gia tăng quá trình ô xy hóa và hệ quả là làm giảm lượng bồ hóng phát thải. Đối với phát thải Oxyde nitơ (NO, NO2, N2O) gọi chung là NOx. Trong đó, NO chiếm đại bộ phận, là khí không màu, không mùi, không tan trong nước. NO có thể gây nguy hiểm cho cơ thể do tác dụng với hồng cầu trong máu, làm giảm khả năng vận chuyển ôxy gây bệnh thiếu máu. Sự hình thành NOx chủ yếu hình thành ở nhiệt độ cháy cao trong điều kiện đủ ôxy [4]. Để hạn chế phát thải bồ hóng, hiện nay có nhiều hướng nghiên cứu về chẩn đoán sửa chữa và phục hồi lại động cơ để tăng khả năng làm việc cũng như hạn chế ô nhiễm [2], [4], trong đó nghiên cứu ảnh hưởng của áp suất cuối kỳ nén đến phát thải có ý nghĩa lớn đối với công tác chẩn đoán sửa chữa và bảo dưỡng định kỳ. Khi cố định các điều kiện về hệ thống phun, hệ thống nạp, tính chất nhiên liệu, chế độ khai thác thì phát thải bồ hóng gia tăng so với tiêu chuẩn sẽ giúp đánh giá được tình trạng nhóm bao kín buồng cháy, vì tình trạng nhóm bao kín buồng cháy ảnh hưởng trực tiếp đến áp suất cuối kỳ nén, áp suất cuối kỳ nén giảm sẽ làm quá trình cháy kém hiệu quả, nhiệt độ cháy thấp dẫn đến gia tăng bồ hóng. Tuy nhiên, nhiệt độ cháy thấp lại khiến phát thải NOx giảm, đây chính là hai chất ô nhiễm xung đột nhau. Vì vậy, để đảm bảo cả hai loại phát thải trên nằm trong giới hạn cho phép thì áp suất cuối kỳ nén của động cơ chỉ có thể giảm đến một phạm vi nhất định.

# Cơ sở lý thuyết

Ngoài các thông số về hệ thống phun nhiên liệu, chế độ khai thác động cơ thì áp suất cuối kỳ nén pc có liên quan trực tiếp đến cấu trúc tia phun dẫn đến thay đổi quá trình hình thành hỗn hợp và cháy nhiên liệu, do đó ảnh hưởng đến phát thải bồ hóng, điều này thể hiện rõ qua biểu thức (1) [3], [5]:

 (1)

Trong đó: A- hằng số, ri- tốc độ ôxy hoá bồ hóng, Cs - nồng độ bồ hóng, CD-hệ số xả vòi phun, γ- hằng số thể hiện phần năng lượng rối, pinj - áp suất phun nhiên liệu, n- tốc độ động cơ, Δθ- thời gian phun nhiên liệu.

Từ biểu thức 1 cho thấy áp suất cuối kỳ nén pc phụ thuộc vào mức độ kín khít của nhóm các chi tiêt bao kín buồng cháy; độ mài mòn các chi tiết làm gia tăng thể tích buồng cháy (Vc). Ở các trường hợp trên khi tỷ số nén ε giảm sẽ làm pc giảm, độ giảm ε phụ thuộc vào Vc (2).



với  (2)

Trong đó: pa – áp suất trong xy lanh đầu quá trình nạp, n1- chỉ số nén đa biến trung bình, Va – thể tích xy lanh, Vh – thể tích công tác của xy lanh

Khi quá trình cháy diễn ra ở nhiệt độ thấp đồng nghĩa với việc phát thải NOx sẽ giảm, biểu thức (3) mô tả ảnh hưởng của áp suất cuối kỳ nén đến phát thải phát thải NOx [5].

 (3)

Trong đó: NOx cycle- hàm lượng NOx trung bình của chu trình sinh ra do nhiệt độ cháy (ppm), i- số lỗ tia phun, Thời điểm bắt đầu cháy hỗn hợp, thời điểm kết thúc quá trình cháy, An-diện tích mặt cắt lỗ phun, tdur- thời gian cháy (s), -tổng thể tích của n tia phun, ρl-khối lượng riêng nhiên liệu.

để xác định độ giảm tỷ số nén trong biểu thức 1, chúng tôi sử dụng phương pháp thực nghiệm bằng việc mở rộng thể tích buồng cháy khi thay đổi chiều dày gioăng giữa xy lanh và nắp máy.

# Bố trí thực nghiệm

Quá trình nghiên cứu được thực hiện tại phòng thí nghiệm động cơ Trường Đại học Nha Trang. Động cơ thử nghiệm là động cơ diesel thủy 4CHE-Yanmar, 4 xy lanh, phun nhiên liệu trực tiếp của hãng Yanmar có kết nối bộ đo khí thải bồ hóng MSA-PC-SE.NR 00601 của hãng Beissbarth dùng để đo độ mờ khói của khí thải động cơ sử dụng công nghệ đo dòng chảy cục bộ, thiết bị phân tích khí thải NOx dạng cầm tay Testo 350 XL của hãng Testo do Đức sản xuất và hệ thống phanh thủy lực Dynomite 13 dual-rotor của hãng Land –Sea Hoa Kỳ. Thông số chính của động cơ trình bày trong bảng 1. Bộ đo áp suất cuối kỳ nén với cảm biến áp suất loại 520.933 của hãng Huba control – Switzerland, khoảng đo 0-100 bar (hình 1). Việc đo áp suất cuối kỳ nén được thực hiện khi tháo vòi phun, cảm biến và đồ gá được lắp vào lỗ vòi phun của từng xy lanh để đo áp suất cuối kỳ nén, so sánh giá trị đo được để đánh giá mức độ chênh lệch giữa các xy lanh. Nếu độ chênh lệch về áp suất cuối kỳ nén giữa các xy lanh là không đáng kể thì có thể coi giá trị áp suất cuối kỳ nén nhỏ nhất của 01 xy lanh làm giá trị nghiên cứu chung cho các xy lanh còn lại, điều đó đồng nghĩa với việc các kết quả đo được về khí thải từ động cơ là của cả 4 xy lanh có cùng áp suất cuối kỳ nén, do đó các lý giải và kết luận đưa ra sẽ được áp dụng chung cho cả 4 xy lanh. Sơ đồ bố trí thực nghiệm được thể hiện như trên hình 2.

**Bảng 1.**Thông số động cơ nghiên cứu

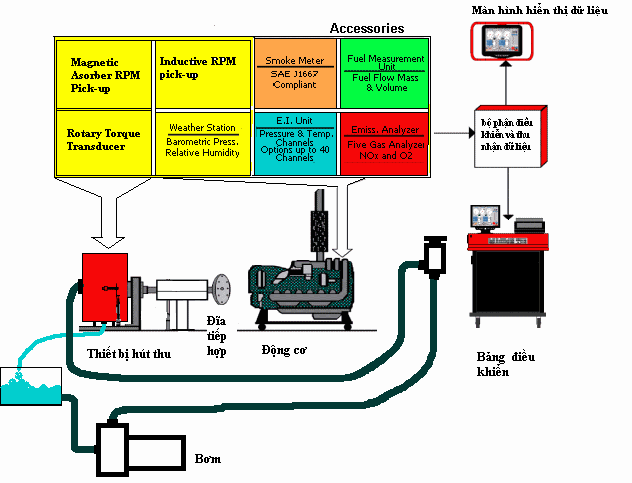
|  |  |
| --- | --- |
| **Thông số** | **Động cơ 4CHE** |
| Kiểu buồng cháy/ phun nhiên liệu | Thống nhất/ phun trực tiếp |
| Số xy lanh | 4 |
| Đường kính xy lanh x hành trình piston (mm) | 105x125 |
| Công suất định mức (Hp/rpm) | 70/2300 |
| Thời điểm phun (0TĐCT) | 180 |
| Áp suất phun (bar) | 220 |

Quá trình thực nghiệm được thực hiện như sau: Thay đổi gioăng nắp máy để thay đổi Vc (tỷ số nén ε) và tiến hành đo sự thay đổi áp suất cuối kỳ nén ở chế độ tốc độ thấp nhất mà động cơ có thể nổ (720 vòng/phút), tương ứng với mỗi trường hợp của áp suất cuối kỳ nén là giá trị đo được về lượng phát thải bồ hóng, NOx theo đặc tính tải và tốc độ động cơ. Việc đo phát thải và NOx khi động cơ được lắp đủ 04 vòi phun.



**Hình 1.** Thiết bị đo áp suất nén

1-Máy tính hiển thị dữ liệu đo, 2-Bộ xử lý tín hiệu, 3- Cảm biến áp suất (đặt tại vị trí lỗ đặt vòi phun), 4- Cảm biến tốc độ (độ góc quay trục khuỷu)

****

**Hình 2**. Sơ đồ bố trí thí nghiệm

# Kết quả nghiên cứu và thảo luận

## Kết quả đo áp suất cuối kỳ nén

Kết quả đo áp suất cuối kỳ nén của từng xy lanh khi chưa thay gioăng (gioăng nguyên mẫu của động cơ) được trình bày trong bảng 2. Trong đó, chênh lệch áp suất cuối kỳ nén giữa các xy lanh dao động trong khoảng 1%.

**Bảng 2.** So sánh áp suất cuối kỳ nén giữa các xy lanh

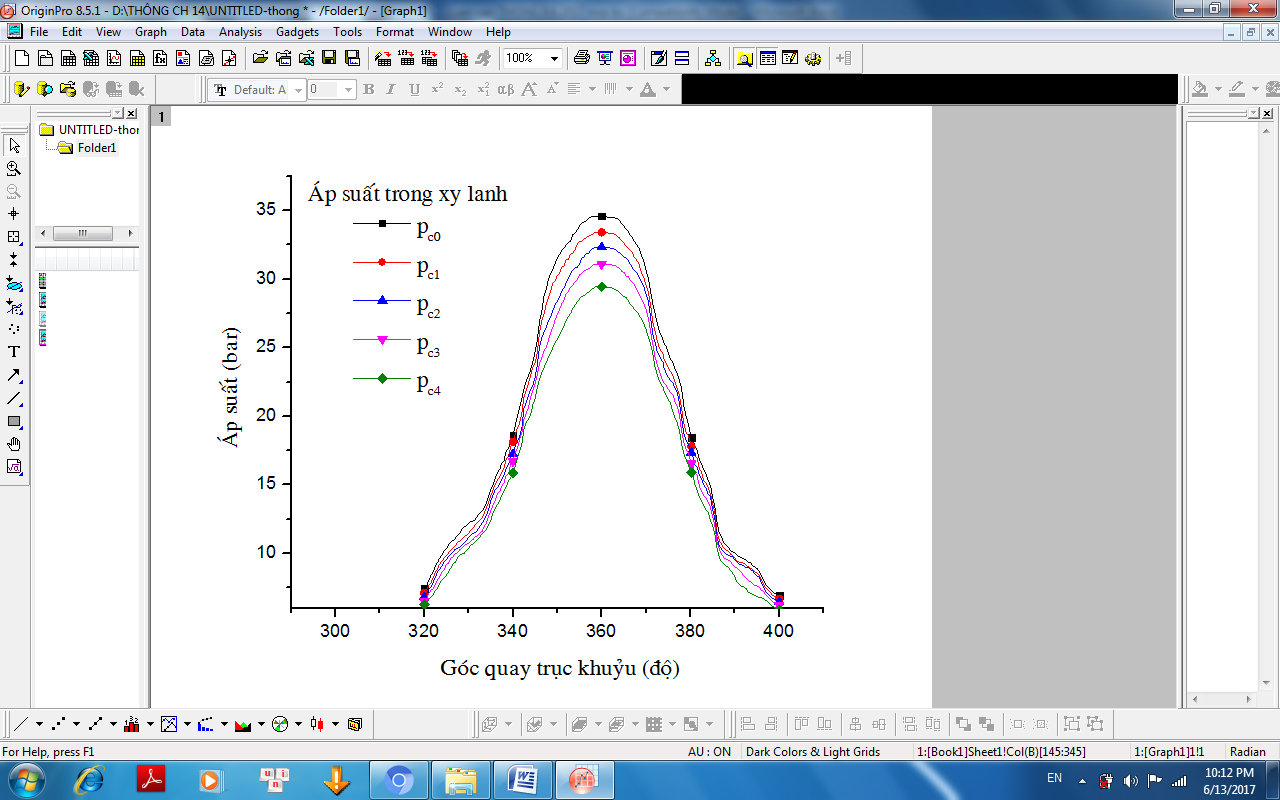
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Xy lanh | Tỷ số nén | Giá trị áp suất nén tại thời điểm phun nhiên liệu 180 TĐCT, Pc0 (bar) | Mức chênh lệch áp suất cuối kỳ nén của các xy lanh so với xy lanh số 1 (%) |
| 01 | ε0 | 21,31 | 0 |
| 02 | 21,57 | 1,21 |
| 03 | 21,53 | 1,03 |
| 04 | 21,45 | 0,67 |

Từ kết quả bảng 2, giá trị đo áp suất cuối kỳ nén của xy lanh 01 là nhỏ nhất, chọn xy lanh 01 đại diện cho các xy lanh để phục vụ quá trình đo xác định độ giảm áp suất cuối kỳ nén khi thay đổi gioăng (thay đổi tỷ số nén).

Tương ứng với độ giảm tỷ số néntừ ε0 (ban đầu của động cơ) đến ε1, ε2, ε3, ε4 là các giá trị áp suất trong xy lanh (pc0, pc1, pc2, pc3, pc4) đo được tại thời điểm phun nhiên liệu (180 TĐCT) đối với xy lanh 01 như trình bày trong bảng 3. Trong đó, diễn biến quá trình áp suất cuối kỳ nén được biểu diễn trong giai đoạn 400 gqtk TĐCT đến 400 gqtk SĐCT như trên hình 3, vì khi động cơ làm việc thì giai đoạn này chính là khoảng thời gian đánh giá đầy đủ quá trình phun, hình thành hỗn hợp cháy, cháy và hình thành phát thải.

**Bảng 3.** So sánh độ giảm áp suất nén tại thời điểm phun nhiên liệu ở tốc độ 720 v/ph

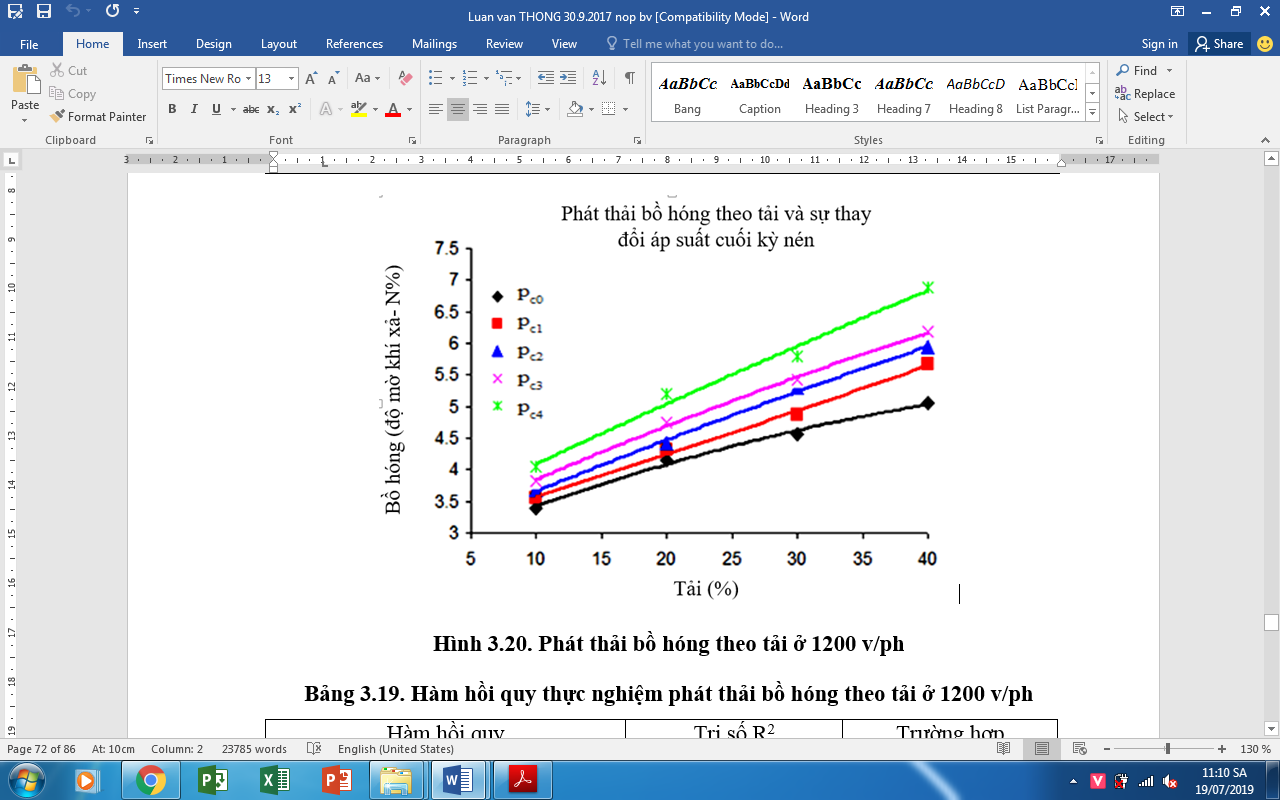
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tỷ số nén | | Áp suất nén tại thời điểm phun nhiên liệu 180 TĐCT, (bar) | | Độ giảm áp suất nén so với nguyên mẫu (%) |
| Ký hiệu | Giá trị | Ký hiệu | Giá trị |  |
| ε0 | 16,40 | Pc0 (Nguyên mẫu) | 21,31 | 0 |
| ε1 | 15,86 | Pc1 | 20,27 | - 4,88 |
| ε2 | 15,50 | Pc2 | 19,17 | -10,04 |
| ε3 | 15,10 | Pc3 | 18,79 | -11,82 |
| ε4 | 14,64 | Pc4 | 18,17 | -14,73 |



**Hình 3.** Áp suất nén trong xy lanh động cơ ở tốc độ 720 v/ph

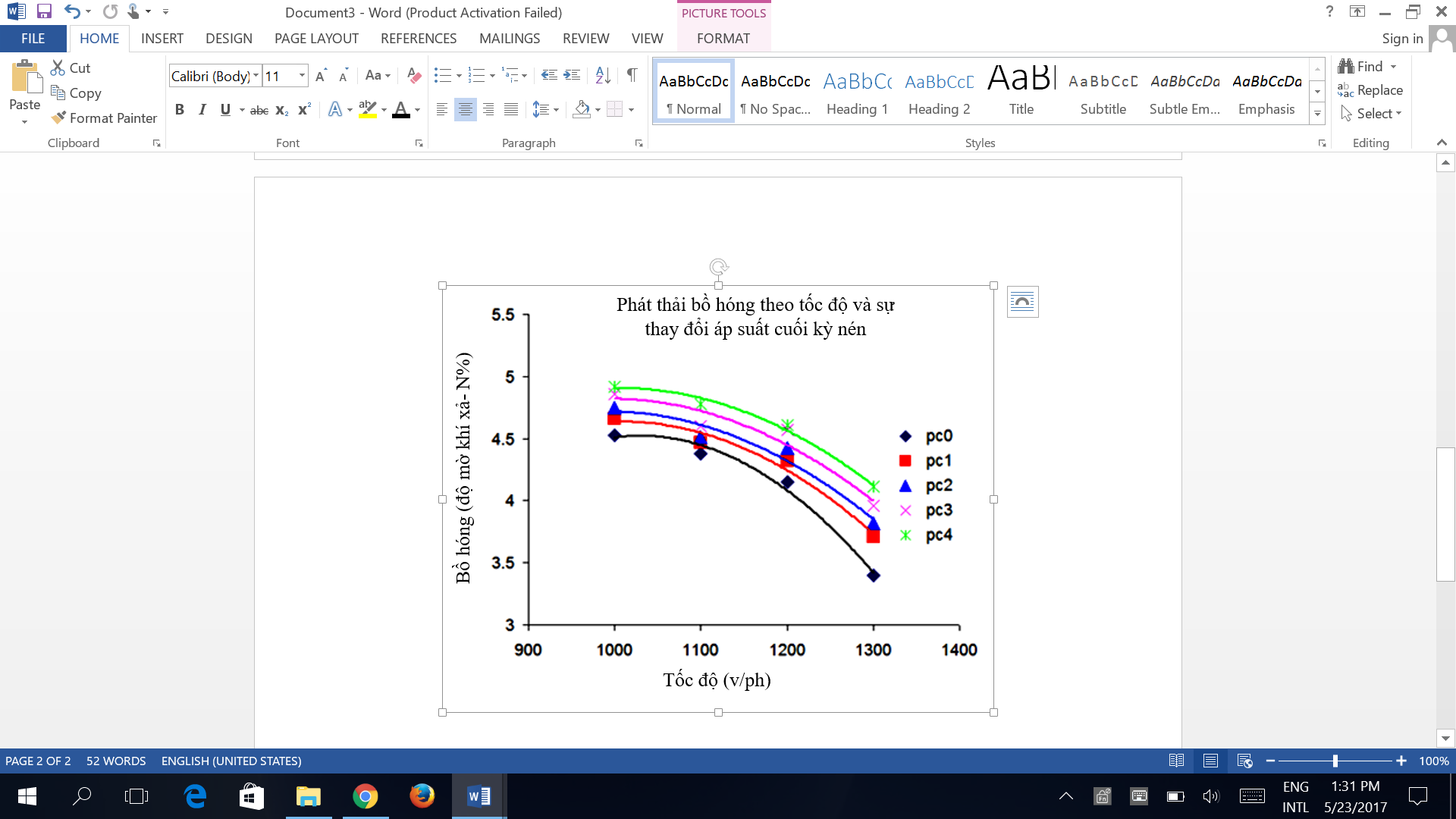
## Ảnh hưởng của áp suất cuối kỳ nén đến phát thải bồ hóng

Từ số liệu thực nghiệm thu được, bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất xác định được hàm hồi quy có dạng bậc 2 phản ánh sự thay đổi hàm lượng phát thải bồ hóng theo tải ở các trường hợp áp suất cuối kỳ nén khác nhau. Sự thay đổi hàm lượng phát thải bồ hóng khi áp suất cuối kỳ nén thay đổi được trình bày trên hình 4. Khi áp suất cuối kỳ nén giảm, quá trình hình thành hỗn hợp cháy kém đồng nhất do hạn chế lực tương tác của pha khí vào pha lỏng, dẫn đến lượng bồ hóng hình thành tăng. Áp suất cuối kỳ nén giảm không nhiều thì sự chênh lệc về phát thải bồ hóng cũng có độ tăng không lớn, điều này được thể hiện bởi khoảng cách giữa các đường đặc tính phát thải như trên hình 5.



**Hình 4.** Phát thải bồ hóng theo tải ở 1200 v/ph

Đối với bồ hóng, khi tải tăng, lượng nhiên liệu cung cấp nhiều do vậy bồ hóng có xu hướng tăng, tuy nhiên khi áp suất cuối kỳ nén cao, ảnh hưởng quá trình ô xy hóa bồ hóng quyết định mức độ phát thải bồ hóng.

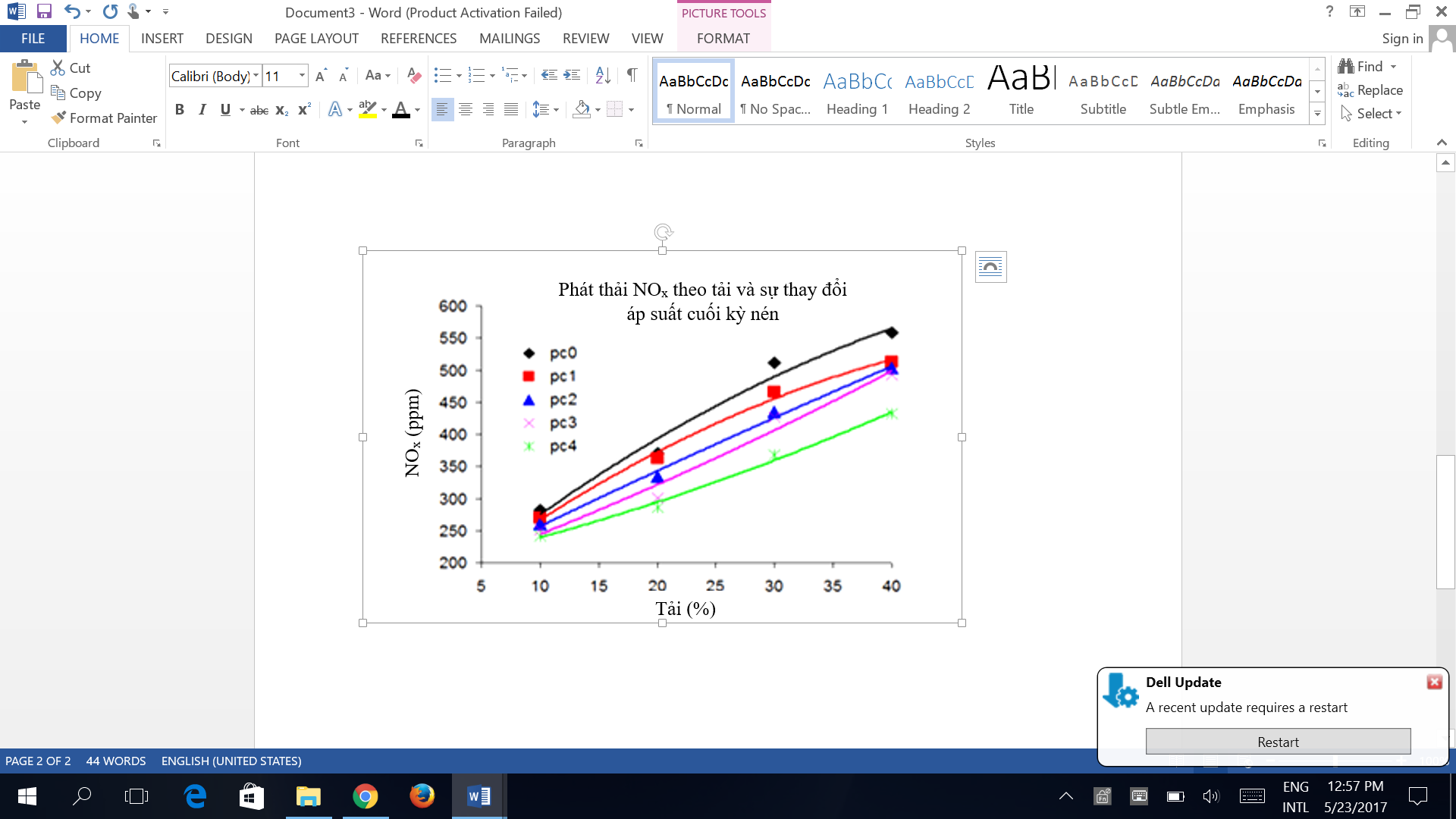


**Hình 5**. Phát thải bồ hóng theo tốc độ ở 20% tải

Kết quả hình 5 cho thấy, ở cùng chế độ tải, tốc độ động cơ càng tăng, vận động rối hỗn hợp cháy tăng, quá trình hòa trộn tốt hơn làm gia tăng khả năng ô xy hóa bồ hóng do vậy làm cho nồng độ bồ hóng giảm.

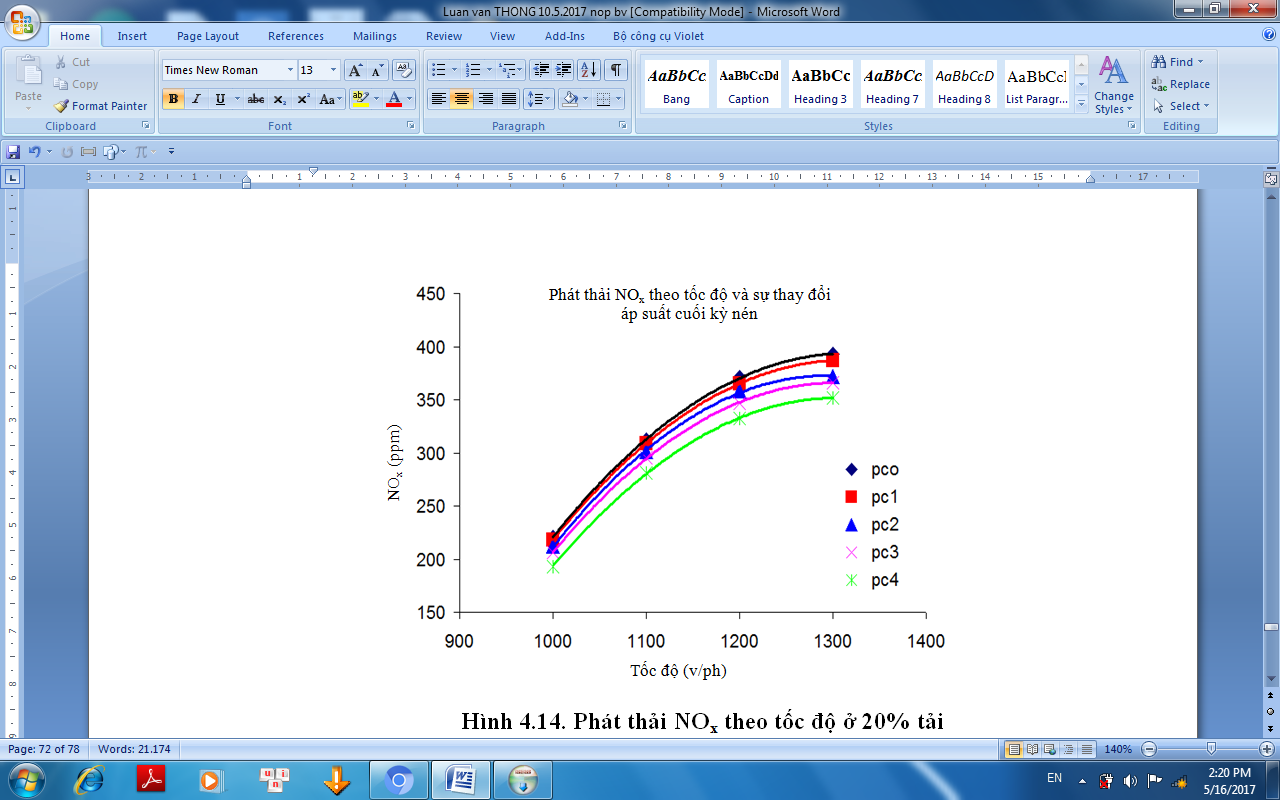
## Ảnh hưởng của áp suất cuối kỳ nén đến NOx

Đối với động cơ diesel thì hai thành phần phát thải bồ hóng và NOx có xu hướng trái ngược nhau, vì phát thải NOx hình thành ở nhiệt độ cháy cao và có đủ ô xy, trong khi nhiệt độ cháy cao sẽ làm gia tăng quá trình ô xy hóa bồ hóng do đó lượng bồ hòng phát thải sẽ giảm vì lượng bồ hóng phát thải là hiệu số của hàm lượng bồ hóng hình thành và lượng bồ hóng bị ô xy hóa. Ngược lại với những trường hợp các đường đặc tính phát thải bồ hóng, phát thải NOx của động cơ càng nhỏ khi giá trị áp suất cuối kỳ nén càng giảm, điều này được thể hiện trên hình 6, hình 7.



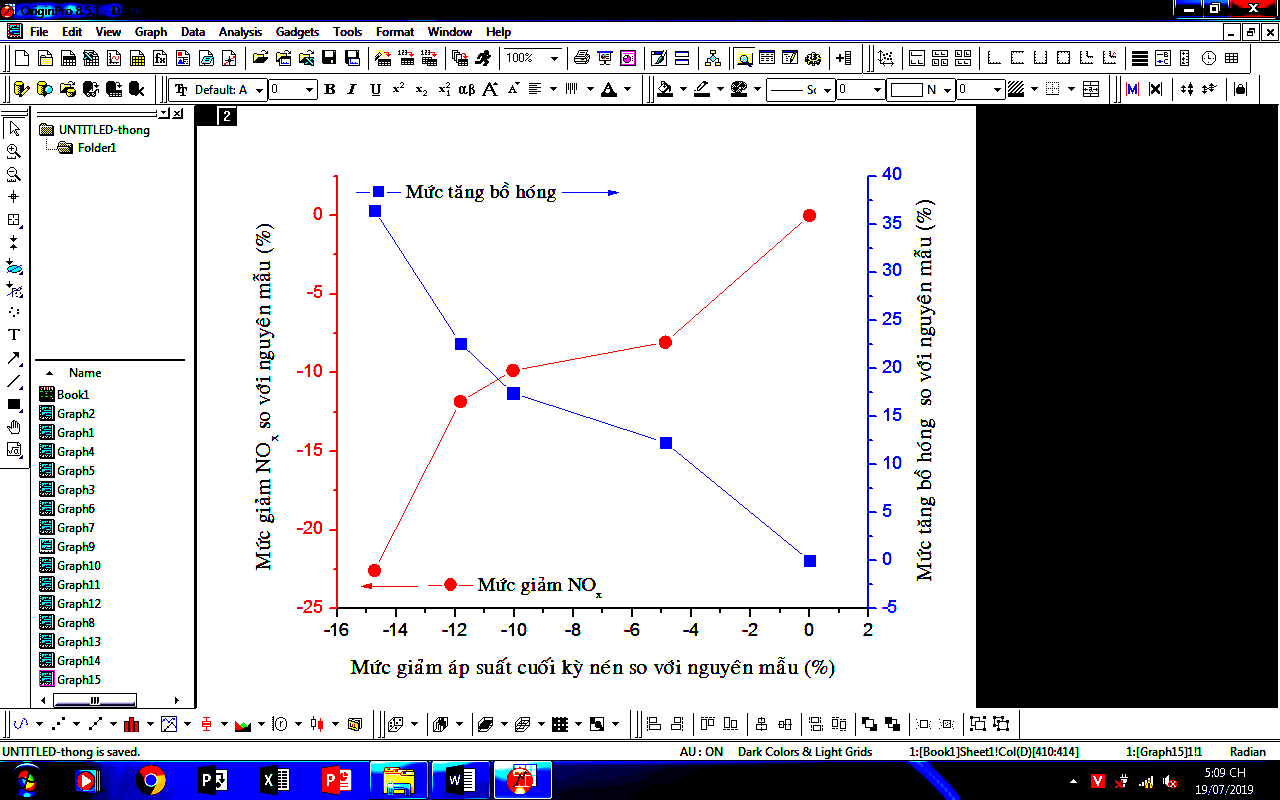
**Hình 6.** Phát thải NOx theo tải ở 1200 v/ph

Kết quả trên hình 6 phản ánh khi tải càng tăng, nhiệt độ cháy càng cao do vậy xu hướng tăng NOx càng lớn.

****

**Hình 7.** Phát thải NOx theo tốc độ ở 20% tải

Khi tốc độ động cơ tăng, xu hướng vận động rối của hỗn hợp cháy tăng do đó làm tăng NOx, áp suất cuối kỳ nén càng cao, giá trị cực đại NOx càng lớn.



**Hình 8.** Ảnh hưởng của mức giảm áp suất cuối kỳ nén đến phát thải NOx và phát thải bồ hóng

Kết quả thực nghiệm cho thấy, khi áp suất cuối kỳ nén giảm thì phát thải bồ hóng tăng nhưng NOx giảm, điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết. Ảnh hưởng của áp suất cuối kỳ nén đến đặc tính phát thải động cơ diesel được thể hiện trên hình 8, giá trị cho trong bảng 4.

**Bảng 4.** Thay đổi bồ hóng và NOx ứng với độ giảm áp suất cuối kỳ nén khác nhau

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Độ giảm áp suất cuối kỳ nén tại thời điểm phun nhiên liệu so với nguyên mẫu (%) | Mức tăng Bồ hóng (%) | Mức giảm NOx (%) |
| 0 (nguyên mẫu) | 0 | 0 |
| - 4,88 | + 12,27 | - 8,06 |
| - 10,04 | + 17,42 | - 9,85 |
| - 11,82 | + 22,57 | - 11,83 |
| - 14,73 | + 36,43 | - 22,58 |

# Kết luận và kiến nghị

- Từ kết quả trên cho thấy áp suất cuối kỳ nén có ảnh hưởng trực tiếp đến sự phát thải bồ hóng và NOx, do vậy giá trị giới hạn giảm áp suất có thể được sử dụng để chẩn đoán mức độ phát thải các chất ô nhiễm. Để đảm bảo động cơ có thể làm việc ổn định, độ tăng/giảm ô nhiễm bồ hóng/NOx ở mức độ cho phép thì mức giảm áp suất nén nên giới hạn trong một phạm vi : *Áp suất cuối kỳ nén động cơ nghiên cứu không nên sụt giảm quá 12%.*

- Từ kết quả nghiên cứu đạt được, nên phát triển hướng nghiên cứu về ảnh hưởng của một số yếu tố khác để chẩn đoán trạng thái kỹ thuật cho động cơ như: Nhiệt độ khí thải; điều kiện phun nhiên liệu, mức tiêu thụ nhiên liệu...

- Ứng dụng phương pháp mô phỏng số trong nghiên cứu đối với một số loại động cơ khác có kết cấu tương tự động cơ 4CHE để giảm thời gian và chi phí thực nghiệm.

- Tiếp tục nghiên cứu trên nhóm các động cơ thông dụng khác để làm cơ sở cho việc đặt ngưỡng cảnh báo về độ giảm áp suất cuối kỳ nén (theo phần trăm) cho động cơ diesel, đặc biệt là động cơ làm máy chính tàu cá.

Tài liệu tham khảo

Hồ Đức Tuấn, Mai Đức Nghĩa (2019), Nghiên cứu đề xuất bộ thông số chẩn đoán trạng thái kỹ thuật cho máy chính tàu cá Việt Nam, Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy sản số 01/2019.

Trần Thanh Hải Tùng, Nguyễn Lê Châu Thành, Chẩn đoán trạng thái kỹ thuật ô tô, Đại học Bách Khoa - Đại học Đà Nẵng, năm 2004.

Antonis K. Antonopoulos, Dimitrios T. Hountalas, Effect of instantaneous rotational speed on the analysis of measured diesel engine cylinder pressure data. Energy Conversion and Management. SEA 2012;60:87-95.

Ambarish Datta, and Bijan Kumar Mandal, Effect of compression ratio on the performance, combustion and emission from a diesel engine using palm biodiesel. AIP Conference Proceedings 1754, 050005 (2016); Doi: 10.1063/1.4958396.

K.Mollenhauer, H. Tschoeke, 2010, Handbook of Diesel Engines, DOI 10.1007/978-3-540-89083-6, Springer - Verlag Berlin Heidelberg.

**Thông tin liên hệ tác giả chính:**

Họ và tên: Hồ Đức Tuấn.

Địa chỉ: Khoa Kỹ thuật Giao thông, Trường Đại học Nha Trang.

Điện thoại: 098 209 5028

Địa chỉ email: tuanhd@ntu.edu.vn

(BBT nhận bài: …/…/201.., hoàn tất thủ tục phản biện: …/…/201..)

(The Board of Editors received the paper on …/…./201…, its review was completed on …/…/201…)

**Phần giải trình của nhóm tác giả:**

**NHỮNG  THÔNG TIN CẦN LÀM RÕ:**

1. Thiếu thông số tỉ số nén ban đầu, độ dày của các đệm nắp máy dùng để thay đổi tỉ số nén và các tỉ số nén tương ứng

2. Phương án thực nghiệm đo áp suất cuối kỳ nén và khí thải: Vòi phun gắn cảm biến áp suất có hoạt động bình thường không? Nếu 1 vòi phun không hoạt động thì các số liệu thực nghiệm có còn chính xác không?

3. Bảng 2, 3  tiêu đề thiếu thứ nguyên và thông tin

4. Bảng 3: số liệu cột 2 là Áp suất hay tỉ số nén??? số liệu ở cột 4 hàng thứ 1 (ε0) cho kết quả áp suất khác với kết quả ở bảng 2 vì lý do gì???

5. Đồ thị ở Hình 3 thể hiện 6 vị trí lấy mẫu, vậy những đường cong nội suy giữa các điểm lấy mẫu dùng phương pháp gì???

6. Bảng 4 chỉ so sánh số liệu bồ hóng và NOx giữa các lần đo mà không so sánh với số liệu tiêu chuẩn khí thải cho phép, như vậy không có căn cứ để xác định độ giảm tỉ số nén theo khí thải!!!

7. Kết luận của bài báo thiếu căn cứ!!!

 Đánh giá chung:  Giải thích vì sao không sử dụng thông số của nhà sản xuất về áp suất cuối kỳ nén để làm thông số chẩn đoán hư hỏng mà phải quy về đo khí thải (bồ hóng và Nox)??? Thiết bị đo áp suất cuối kỳ nén có giá thành rẻ hơn và độ bền cao hơn so với thiết bị đo khí thải động cơ???

**Giải trình của nhóm tác giả**

Trước tiên, Nhóm tác giả xin trân thành cảm ơn phản biện đã chỉ ra những thiếu sót của bài báo và xin giải trình, làm rõ những nội dung sau:

**1. Thiếu thông số tỉ số nén ban đầu, độ dày của các đệm nắp máy dùng để thay đổi tỉ số nén và các tỉ số nén tương ứng.**

Thứ tự các gioăng dùng trong tính toán sự thay đổi thể tích buồng cháy bao gồm các gioăng có chiều dày: b0, b1, b2, b3, b4. Trong đó, b0 là gioăng nguyên mẫu của động cơ. Tương ứng với mỗi gioăng sẽ tính được tỷ số nén gồm: ε0, ε1, ε2, ε3, ε4. Các giá trị chiều dày gioăng áp dụng trong tính toán và phục vụ thực nghiệm đều có trên thị trường.

- Đối với gioăng 0 (gioăng ban đầu của động cơ 4CHE khi chưa thay đổi – b0) có chiều dày b0 = 1,4 mm,(tỷ số nén ban đầu).

- Thay gioăng lần 1 có chiều dày b1= 1,7mm, tính được ε1

- Lần lượt thay các gioăng có chiều dày b2 = 1,9mm, b3= 2,16mm, b4= 2,45mm sẽ tính được các tỷ số nén tương ứng. Mỗi giá trị tỷ số nén tương ứng với sự thay đổi chiều dày của gioăng nắp máy được thể hiện trong bảng 1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Gioăng tương ứng (mm) | Tỷ số nén | | Độ giảm tỷ số nén so với nguyên mẫu |
| Ký hiệu | Giá trị |
| b0 (Nguyên mẫu) | ε0 | 16,40 (tỷ số nén nguyên mẫu) | 0 |
| b1 | ε1 | 15,86 | - 3,29% |
| b2 | ε2 | 15,50 | - 5,50% |
| b3 | ε3 | 15,10 | - 7,92% |
| b4 | ε4 | 14,64 | - 10,73% |

### **Bảng 1. Tổng hợp kết quả tính toán về sự thay đổi tỷ số nén**

**2. Phương án thực nghiệm đo áp suất cuối kỳ nén và khí thải: Vòi phun gắn cảm biến áp suất có hoạt động bình thường không? Nếu 1 vòi phun không hoạt động thì các số liệu thực nghiệm có còn chính xác không?**

Mỗi lần thay gioăng sẽ tiến hành đo áp suất nén (mục đích đo áp suất nén là để xác định sự thay đổi áp suất nén động cơ khi thay gioăng so với áp suất nén của động cơ ở gioăng nguyên mẫu ban đầu của động cơ). Khi đo áp suất nén trên từng xy lanh, sẽ tiến hành tháo vòi phun và cảm biến đo áp suất được lắp vào vị trí của vòi phun (nghĩa là xy lanh được đo sẽ không xảy ra cháy), lúc đó cho động cơ chạy với 03 xylanh còn lại ở tốc độ vòng quay nhỏ nhất mà động cơ có thể nổ là 720 v/p và ở trường hợp này không tiến hành đo số liệu thực nghiệm về công suất, khí thải. Các số liệu công suất, khí thải chỉ tiến hành đo khi đã lắp vòi phun trả lại, khi đã đo xong áp suất nén (cả 4 vòi phun hoạt động). Vì thế các số liệu thực nghiệm thu được ở mỗi lần thay gioăng là ở trường hợp động cơ hoạt động với cả 4 xy lanh (vòi phun ) làm việc, do đó kết quả đo là chính xác đối với động cơ.

**3. Bảng 2, 3  tiêu đề thiếu thứ nguyên và thông tin**

Tác giả đã bổ sung thứ nguyên trong bảng 2,3.

**4. Bảng 3: số liệu cột 2 là Áp suất hay tỉ số nén??? số liệu ở cột 4 hàng thứ 1 (ε0) cho kết quả áp suất khác với kết quả ở bảng 2 vì lý do gì???**

Tại bảng 3, cột 2 là giá trị tỷ số nén và tại bảng 2 cột 3 là giá trị áp suất nén của 4 xy lanh đo khi chưa thay gioăng (đây là lỗi chế bản của tác giải trong quá trình chuyển bảng ô cột theo định dạng của tạp chí), tác giải đã chỉnh sửa lại. Kết quả bảng bảng 3 và bảng 2 trùng khớp ở trường hợp (ε0).

Cũng tại Bảng 3, tác giả đã chú thích thêm để dễ nhận diện.

**5. Đồ thị ở Hình 3 thể hiện  6 vị trí lấy mẫu, vậy những đường cong nội suy giữa các điểm lấy mẫu dùng phương pháp gì???**

Đồ thị trên hình 3 là quy luật phổ áp suất trong một chu trình làm việc của động cơ (0-7200), nhưng chỉ biểu diễn trong thời gian 400 TĐCT -400 SĐCT. Thuật toán trong bộ đo NI (bộ xử tín hiệu như hình 3) sử dụng hàm hồi quy đi qua các điểm ghi nhận dữ liệu sao cho có trị số R2 ≈1. Mỗi giá trị áp suất ghi nhận là giá trị tương ứng với 0,250 gqtk (trục khuỷu quay 0,250 thì cảm biến ghi nhận 1 giá trị áp suất).

**6. Bảng 4 chỉ so sánh số liệu bồ hóng và NOx giữa các lần đo mà không so sánh với số liệu tiêu chuẩn khí thải cho phép, như vậy không có căn cứ để xác định độ giảm tỉ số nén theo khí thải!!!**

Mục tiêu của bài báo là xác định độ giảm áp suất nén đến một giới hạn nhất định, từ đó đưa ra cảnh báo cần phải sửa chữa (cụ thể là nhóm bao kín buồng cháy). Giá trị về khí thải trình bày trong bài báo chỉ là để cho thấy nếu áp suất nén giảm đến ngưỡng 12% so với ban đầu (động cơ hoạt động bình thường) thì phát thải tăng mạnh, vì thế cần phải bảo bảo dưỡng nhóm bao kín buồng cháy. Do vậy, độ giảm áp suất nén được xác định thông qua việc so sánh giữa các lần đo áp suất nén và không phụ thuộc vào phát thải.

**7. Kết luận của bài báo thiếu căn cứ!!!**

Kết luận của bài báo chỉ là một hướng nghiên cứu về ảnh hưởng của áp suất cuối kỳ nén (nhóm bao kín buồng cháy) đến phát thải trong điều kiện các yếu tố khác của động cơ được coi là bình thường như: hệ thống phun nhiên liệu, tính chất nhiên liệu, thông số điều chỉnh (góc phun sớm). Vì vậy, ngưỡng cảnh báo về độ giảm áp suất nén của kết luận bài báo chỉ nhằm nhận biết các chi tiết nhóm bao kín buồng cháy cần được bảo dưỡng.

**Đánh giá chung:  Giải thích vì sao không sử dụng thông số của nhà sản xuất về áp suất cuối kỳ nén để làm thông số chẩn đoán hư hỏng mà phải quy về đo khí thải (bồ hóng và Nox)??? Thiết bị đo áp suất cuối kỳ nén có giá thành rẻ hơn và độ bền cao hơn so với thiết bị đo khí thải động cơ???**

- Hiện nay, động cơ diesel máy chính tàu cá ở nước ta chủ yếu là động cơ cũ, chưa được trang bị đồng hồ đo áp suất nén (van biệt xả). Bên cạnh đó là các động cơ tàu cá đã được bảo dưỡng, sửa chữa nhiều lần, ngoài ra thông tin về áp suất cuối kỳ nén của các động cơ diesel tàu cá là không có trong bảng catoluge. Vì thế, để xác định được áp suất cuối kỳ nén ban đầu theo nhà sản xuất là rất khó khăn. Do vậy, khi động cơ đang hoạt động (được coi là bình thường sau khi bảo dưỡng và sửa chữa) thì có thể đo giá trị áp suất nén làm cơ sở. Sau khoảng thời gian làm việc sẽ tiến hành đo lại để đối chiếu với giá trị ban đầu. Đây cũng là mục tiêu của bài báo nhằm đánh giá một cách tương đối việc chẩn đoán tình trạng động cơ máy chính tàu cá của ngư dân (chủ yếu là tình trạng nhóm bao kín buồng cháy), giúp giảm thời gian, giá thành và điều đặc biệt là xác định được đúng thời điểm cần phải bảo dưỡng động cơ tránh những sự cố đáng tiếc trên biển. Các kết quả phát thải trình bày trong bài báo là giá trị cho thấy, nếu áp suất nén giảm quá lớn thì phát thải cũng tăng lên mạnh và không phải là căn cứ để chẩn đoán hư hỏng nhóm bao kín buồng cháy. Chẩn đoán hư hỏng nhóm bao kín buồng cháy chỉ thông qua việc đo áp suất nén.

- Trên thị trường, giá thành cảm biến đo áp suất nén (ngưỡng đo 0-300bar) có giá thành khoảng 2 triệu đồng, bộ xử lý tín hiệu NI và cảm biến gqtk tổng cộng có giá trị khoảng 8 triệu đồng. Trong khi bộ đo phát thải bồ hóng MSA-PC-SE.NR 00601 của hãng Beissbarth dùng để đo độ mờ khói của khí thải động cơ sử dụng công nghệ đo dòng chảy cục bộ khoảng 45 triệu đồng, thiết bị phân tích khí thải NOx dạng cầm tay Testo 350 XL của hãng Testo do Đức sản xuất khoảng 70 triệu đồng. Với các thiết bị đo khí thải nếu sử dụng không đúng sẽ hư hỏng và rất khó sửa chữa, trong khi bộ đo áp suất nén hoàn toàn có thể thay đổi, thiết kế lại chương trình đo do sử dụng phần mềm labview.

Trên cơ sở giải trình và làm rõ các nội dung theo yêu cầu phản biện, tác giả cũng đã sửa chữa, bổ sung để bảo đảm công trình có tính logic, các kết quả công bố được dựa trên nền tảng thực nghiệm trên động cơ diesel tàu cá đang sử dụng.