

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA BẢO DƯỠNG SỬA CHỮA ĐẾN ĐỘ KHÓI ĐỘNG CƠ DIESEL TRÊN XE Ô TÔ ĐANG LƯU HÀNH

STUDY EVALUATING THE IMPACT OF MAINTENANCE AND REPAIR ON
SMOKE OPACITY IN-USE DIESEL VEHICLE ENGINES

ThS. Nguyễn Bá Uy, ThS. Lương Ngọc Minh*
Nguyễn Đình Ngoan, Nguyễn Duy Hoàng
Viện Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Vinh

*Email: minhln@vinhuni.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo tập trung nghiên cứu mối quan hệ giữa loại hình và cấp độ bảo dưỡng sửa chữa (BDSC) của động cơ diesel đến mức độ khói thải phát ra từ động cơ. Nghiên cứu được thực hiện thông qua việc sử dụng mô hình hồi quy và thống kê để phân tích dữ liệu thực nghiệm từ 20 xe ô tô với các hạng mục bảo dưỡng sửa chữa khác nhau. Kết quả nghiên cứu cho thấy, đối với hình thức đại tu động cơ và bảo dưỡng sửa chữa phức tạp thì mức giảm độ khói trước và sau bảo dưỡng sửa chữa đạt 15-43,48%; với hình thức bảo dưỡng nhanh, thay thế đơn giản thì độ khói chỉ giảm 0,5-6%. Kết quả nghiên cứu khẳng định tầm quan trọng của việc bảo dưỡng sửa chữa trong việc kiểm soát phát thải ở động cơ diesel.

Từ khóa: Động cơ diesel; Độ khói; Duy tu bảo dưỡng; Giảm phát thải; Hồi quy tuyến tính.

ABSTRACT

The paper focuses on the relationship between the type and level of maintenance and repair of diesel engines and the level of exhaust fumes emitted from the engine. The study was conducted by using regression and statistical models to analyze experimental data from 20 cars with different maintenance and repair categories. The results of the study show that for the form of engine overhaul and complex maintenance and repair, the reduction in smoke levels before and after maintenance and repair is 15-43.48%; for the form of quick maintenance and simple replacement, the smoke level is only reduced by 0.5-6%. The results of the study confirm the importance of maintenance and repair in controlling emissions in diesel engines.

Keywords: Diesel engine; Smoke opacity; Maintenance; Emission reduction; Linear regression. 

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Vấn đề ô nhiễm không khí do phương tiện giao thông, đặc biệt là ô tô sử dụng động cơ diesel đang là mối quan tâm lớn tại các đô thị phát triển nhanh. Khí phát thải động cơ diesel có 4 loại chính: Carbon monoxide (CO), Hydrocarbon (HC), Oxit nitơ (NO_x) và chất thải dạng hạt (Particulate Matter - PM) [1], trong đó PM là thành phần chính gây ra ô nhiễm môi trường và gây ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe con người [2]. Động cơ diesel sinh nhiều hạt muội và khí độc hại nếu không được bảo dưỡng thường xuyên [3]. Các nghiên cứu trong và ngoài nước đều chỉ ra rằng việc bảo dưỡng định kỳ có thể giảm đáng kể lượng khí thải [4]. Tuy nhiên, tại Việt Nam, chưa có nhiều nghiên cứu thực nghiệm chi tiết, sử dụng dữ liệu đo thực tế và phân tích thống kê cụ thể từng nguyên nhân. Bài báo này nghiên cứu phân tích dữ liệu thực tế từ 20 phương tiện, kết hợp mô hình hồi quy và kiểm định thống kê, nhằm xác định mức độ ảnh hưởng của từng loại bảo dưỡng sửa chữa (BDSC) đến độ khói, mối tương quan giữa độ khói trước và sau bảo dưỡng, độ tin cậy của mô hình dự đoán hiệu suất giảm độ khói. Kết quả nghiên cứu có thể được sử dụng để cung cấp luận cứ khoa học nhằm tối ưu công tác bảo trì phương tiện, và góp phần giảm thiểu ô nhiễm không khí do các phương tiện giao thông vận tải gây ra.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp đo

Độ khói của động cơ diesel đo bằng chỉ số %HSU (Hartridge Smoke Unit), một đại lượng đo mức độ cản ánh sáng của khí thải, thường được sử dụng như một chỉ số gián tiếp để đánh giá mức độ phát thải hạt từ động cơ diesel, đặc biệt trong các chương trình kiểm tra

và bảo dưỡng phương tiện do tính đơn giản và chi phí thấp [5]. Đo độ khói trong khí thải động cơ diesel được thực hiện bằng phương pháp đo mẫu khí thải theo chu trình đo động cơ ở chế độ gia tốc tự do. Chu trình đo ở chế độ gia tốc tự do được quy định trong TCVN 7663:2007 thể hiện trên Hình 1, động cơ được kéo ga nhanh không tải từ tốc độ thấp lên tốc độ cao, thiết bị sẽ ghi nhận độ mờ khói cực đại sinh ra trong quá trình tăng tốc [5].



Hình 1. Chu trình đo động cơ ở chế độ gia tốc tự do

Chu trình gia tốc tự do được thực hiện ít nhất ba lần. Giá trị trung bình cộng của ba giá trị đo sau cùng được lấy làm kết quả đo. Kết quả đo được công nhận khi chênh lệch giữa giá trị đo lớn nhất và nhỏ nhất của ba chu trình gia tốc tự do sau cùng không vượt quá 10% HSU. Đối với kết quả đo là hệ số hấp thụ ánh sáng $k \text{ (m}^{-1}\text{)}$ thì có thể quy đổi về giá trị độ khói (% HSU) thông qua công thức (1), với N là độ khói, $L_A \text{ (mm)}$ là chiều dài đường sáng hiệu dụng, phụ thuộc vào kết cấu thiết bị đo [5].

$$N = 100.(1 - e^{-k.L_A}) \quad (1)$$

2.2. Phương pháp phân tích

Thống kê mô tả: Tính toán %HSU giảm trung bình theo từng hạng mục bảo dưỡng và thống kê số xe áp dụng từng hạng mục.

Hồi quy tuyến tính: Phân tích mối quan hệ giữa %HSU trước và sau bảo dưỡng, cũng như %HSU giảm trung bình theo từng hạng mục bảo dưỡng.

Hồi quy đa biến: Đánh giá tác động của các tổ hợp hạng mục bảo dưỡng (đại tu động cơ, cấp bảo dưỡng trung bình và cấp bảo dưỡng nhanh) đến %HSU giảm, với chỉ số R^2 để đánh giá độ phù hợp của mô hình, được tính theo công thức (2) với SSE (Error Sum of Squares) là tổng bình phương sai số và SST (Total Sum of Squares) là tổng bình phương độ lệch [5].

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (2)$$

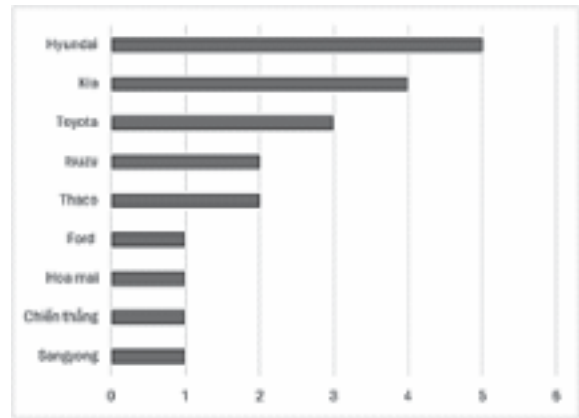
Phần mềm: Sử dụng Matlab để vẽ đồ thị và thực hiện phân tích hồi quy.

3. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

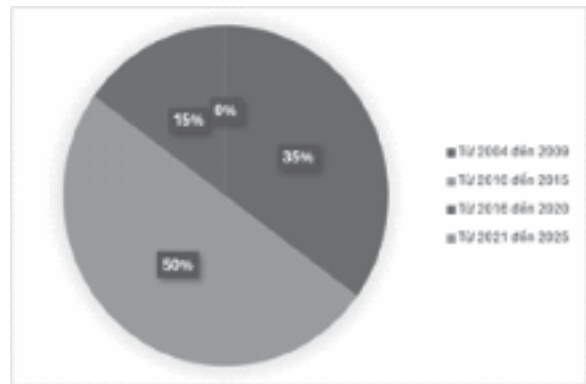
3.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu thực nghiệm được thực hiện với 20 xe ô tô sử dụng động cơ diesel có sự đa dạng về hãng, năm sản xuất và tình trạng vận hành (Hình 2 và Hình 3). Cùng với đó, các dữ liệu bao gồm %HSU trước và sau bảo dưỡng sửa chữa (Bảng 1), thông tin chi tiết các hạng

mục bảo dưỡng sửa chữa (Hình 7).



Hình 2. Thống kê các xe ô tô diesel



Hình 3. Thống kê năm sản xuất 20 mẫu ô tô

Bảng 1. Dữ liệu độ khối trung bình trước và sau khi BDSC

TT	Tên xe	Mã xe	%HSU trước DB	%HSU sau BD	%HSU giảm	Hạng mục BDSC
1	ISUZU HILANDE 2005	ISU05	51.71	43.60	8.11	BD1
2	HYUNDAI SANTAFE GOLD 2004	HYU04	54.06	42.35	11.72	TB1, TB2
3	KIA BONGO 2007	KIA07	29.45	23.46	5.99	BD1, BD5
4	KIA K3000S 2009	KIA09	49.80	36.87	12.93	BD4, BD5
5	SANGYONG 2008	SANG08	68.90	49.47	19.43	DT
6	HYUNDAI H150 2015	HYU15	26.11	16.22	9.90	BD5
7	HYUNDAI UNIVERSE 2018	HYU18	6.07	5.57	0.50	BD4
8	THACO MOBIHOME 120SL 2015	THAC15	22.94	16.64	6.31	BD4, BD5
9	HYUNDAI MIGHTY 2020	HYU20	32.61	16.36	16.25	BD2
10	THACO HD72MBB 2015	THAC15	24.82	17.25	7.57	BD4



11	ISUZU QKR55F 2015	ISU15	34.99	27.58	7.41	BD1, BD3
12	CHIẾN THẮNG CT46TD1 2016	CT16	39.70	27.58	12.13	TB1
13	KIA K300S 2013	KIA13	50.24	37.62	12.62	BD1, BD3
14	HOA MAI HD1800AE2TD 2013	HM13	40.15	30.83	9.31	BD4, BD5
15	HYUNDAI PORTER 125 2008	HYU08	51.90	39.35	12.56	TB3
16	FORD RANGE 2015	FOR15	74.63	59.77	14.85	TB2, TB3
17	TOYOTA HILUX 2014	TOY14	73.24	29.76	43.48	DT
18	TOYOTA HIACE 2009	TOY09	66.58	46.57	20.01	TB1
19	TOYOTA FORTUNER 2011	TOY11	61.70	27.12	34.58	TB2, TB3
20	KIA 2700 2010	KIA10	50.78	34.80	15.98	BD1, BD5

(Đại tu động cơ: DT; Bảo dưỡng trung bình: TB; Bảo dưỡng sửa chữa nhanh: BD)

Dữ liệu thực nghiệm độ khói được đo trực tiếp từ các garage bảo dưỡng bằng thiết bị đo phát thải động cơ diesel Opabox Autopower (Hình 4 và Hình 5).



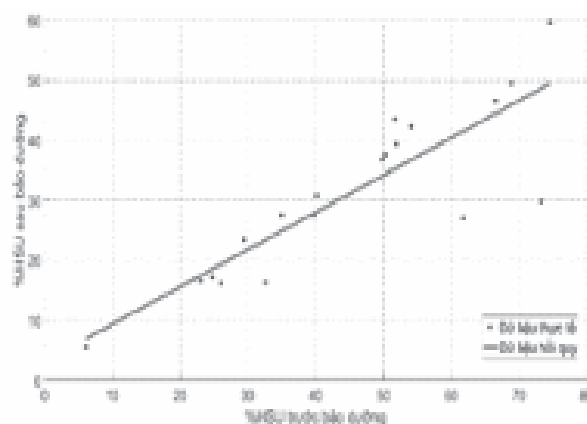
Hình 4. Thiết bị đo Opabox Autopower



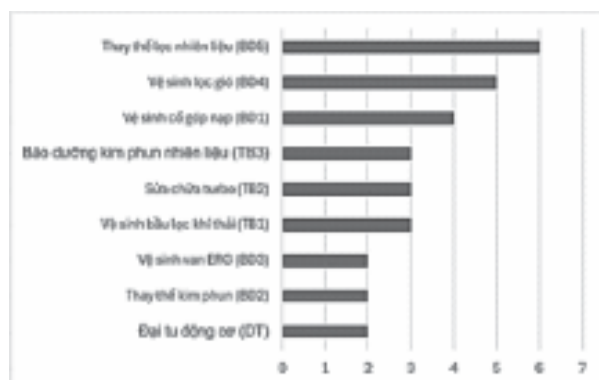
Hình 5. BDSC và đo độ khói thực tế

3.2. Đánh giá ảnh hưởng của việc bảo dưỡng sửa chữa đến độ khói

Từ các kết quả đo của Bảng 1 cho thấy %HSU trung bình trước bảo dưỡng là 56,2%, sau bảo dưỡng là 38,1%. Phân tích hồi quy tuyến tính từ đồ thị hình 6 có hệ số xác định $R^2 = 0,737$ và các dữ liệu đều nằm dưới đường đường chéo 450 chứng tỏ rằng mức %HSU trước bảo dưỡng là yếu tố có ảnh hưởng mạnh đến mức giảm %HSU và hiệu quả bảo dưỡng càng rõ ràng ở các xe có độ khói cao.



Hình 6. Đồ thị hồi quy độ khói trước và sau khi bảo dưỡng sửa chữa



Hình 7. Thống kê các hạng mục BDSC

Một số vị trí từ 60-74% trục X (trước bảo dưỡng) và 40-60% trục Y (sau bảo dưỡng) có %HSU trước bảo dưỡng cao (trên 50%) vẫn có %HSU sau bảo dưỡng cao (trên 40%) cho

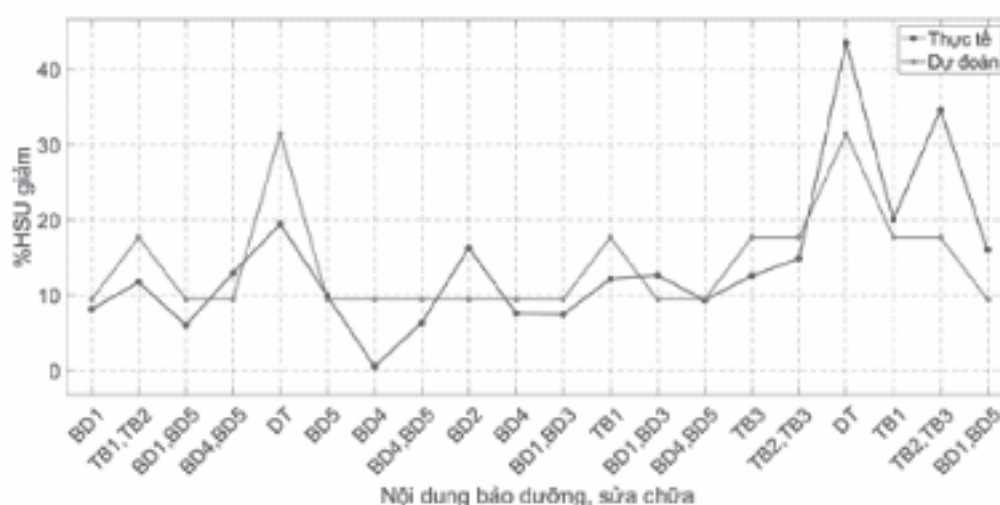
thấy dù bảo dưỡng có hiệu quả, nhưng với các xe có độ khói ban đầu rất cao, mức độ khói sau bảo dưỡng vẫn rất đáng kể. Điều này có thể là do xe chỉ thực hiện các hình thức bảo dưỡng nhanh.

3.3. Đánh giá ảnh hưởng của nhóm hạng mục BDSC đến độ khói

Việc thiết lập mối quan hệ giữa hạng mục BDSC với hiệu quả giảm độ khói rất phức tạp, không thể sử dụng hàm hồi quy tuyến tính. Để chính xác hóa hơn trong việc đánh giá hiệu quả BDSC, nghiên cứu đề xuất nhóm các hạng mục BDSC lại thành 3 tổ hợp hạng mục thể hiện qua Bảng 2.

Bảng 2. Tổ hợp hạng mục BDSC

Đại tu động cơ (DT)	Bảo dưỡng trung bình (TB)	Bảo dưỡng sửa chữa nhanh (BD)
Đại tu động cơ	Vệ sinh bầu lọc khí thải	Vệ sinh cổ góp nạp
	Sửa chữa turbo	Thay thế kim phun
	Bảo dưỡng kim phun nhiên liệu	Vệ sinh van EGR
	-	Vệ sinh lọc gió
	-	Thay thế lọc nhiên liệu



Hình 8. Đồ thị hồi quy đa biến hiệu quả bảo dưỡng theo 3 mức độ bảo dưỡng



Các mẫu có BD có %HSU giảm thực tế dao động từ ~0% đến ~15%, trung bình 10,2%. Các mẫu thuộc nhóm TB có %HSU giảm thực tế dao động từ ~10% đến ~35%, trung bình 23,5%. Hai mẫu DT có %HSU giảm thực tế cao nhất, lần lượt là ~35% và ~43%. Điều này phù hợp với thực tế kỹ thuật: Đại tu động cơ (DT) tác động sâu rộng đến toàn bộ hệ thống, trong khi các biện pháp TB (liên quan đến turbo, kim phun) cũng có tác động đáng kể, còn các biện pháp BD (vệ sinh, thay thế nhanh) chỉ cải thiện ở mức độ vừa phải.

Đường màu xanh dương (thực tế) và đường màu đỏ (dự đoán) có sự chênh lệch khá rõ ở một số điểm, đặc biệt ở các mẫu có giá trị %HSU giảm cao (DT, TB2+TB3). Ở các mẫu có %HSU giảm thấp (dưới 10%), đường dự đoán thường khá sát với đường thực tế (BD5, BD4, BD4+BD5), chứng tỏ mô hình hồi quy đa biến có xu hướng dự đoán thấp hơn ở các mẫu có hiệu quả bảo dưỡng cao và khá chính xác ở các mẫu có hiệu quả bảo dưỡng thấp.

4. KẾT LUẬN

Việc bảo dưỡng đúng cách, đúng thời điểm và theo tình trạng thực tế của động cơ diesel là giải pháp hiệu quả để giảm phát thải khói, bảo vệ môi trường và kéo dài tuổi thọ của xe. Kết quả phân tích các hàm hồi quy cũng có thể làm cơ sở cho việc xây dựng các gói bảo dưỡng phân tầng theo từng mức độ phát thải ban đầu.

Các khuyến nghị được đề xuất:

- Áp dụng bảo dưỡng định kỳ theo chu kỳ sử dụng của xe;

- Tùy thuộc vào tình trạng %HSU để đưa ra các hạng mục bảo dưỡng phù hợp;

- Xây dựng hệ thống dữ liệu phục vụ dự báo mức %HSU sau BDSC để hỗ trợ chẩn đoán nhanh trong hệ thống các garage. ❖

Ngày nhận bài: **14/3/2025**

Ngày phản biện: **03/4/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Kozina, A., Radica, G., & Nizetić, S. (2020), "Analysis of methods towards reduction of harmful pollutants from diesel engines". *Journal of Cleaner Production*, 262, 121105.
- [2]. Lin, C. Y. (2002), "Reduction of particulate matter and gaseous emission from marine diesel engines using a catalyzed particulate filter". *Ocean Engineering*, 29(11), 1327-1341.
- [3]. Kozina, A., Radica, G., & Nizetić, S. (2020), "Analysis of methods towards reduction of harmful pollutants from diesel engines". *Journal of Cleaner Production*, 262, 121105.
- [4]. Huang, Y., Ng, E. C., Yam, Y. S., Lee, C. K., Surawski, N. C., Mok, W. C., ... & Chan, E. F. (2019), "Impact of potential engine malfunctions on fuel consumption and gaseous emissions of a Euro VI diesel truck". *Energy Conversion and Management*, 184, 521-529.
- [5]. Hariram, V., Solomon, G. R., Raj, D. S., Dev, M. J., Kumar, U. N., Gokulakesavan, M., ... & Seralathan, S. (2020), "Impact of compression ratio in the emission and performance phenomenon of a CI engine fuelled with jojoba biodiesel blends". *Materials Today: Proceedings*, 33, 3510-3519.
- [6]. TCVN 7663:2007 – Tiêu chuẩn về động cơ đốt trong cháy do nén kiểu piston tĩnh tiến, thiết bị đo độ khói và xác định hệ số hấp thụ ánh sáng của khí thải.