



EXPERIMENTAL STUDY TO EVALUATE TECHNICAL-ECONOMIC CHARACTERISTICS AND NOISE ON A 490 QZL DIESEL ENGINE USING NANOGRAFENE LUBRICANT OIL ADDITIVE

Le Cong Bao*

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 14/06/2024

Revised: 09/09/2024

Accepted: 10/10/2024

Published online: 15/10/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.8.3>

* *Corresponding author*

Email: lecongbao@utc.edu.vn; Tel: +84-967599922

Abstract. Researching ways to increase engine capacity, reduce fuel consumption, and minimize engine noise is always a crucial task for automobile companies worldwide in the current context. Various solutions have been applied, such as improving engine systems, utilizing alternative fuels, treating exhaust gases, and enhancing the combustion process. Among these, the solution of using graphene nano-smooth lubricating oil additives (NG) is a new approach to tackle the above-mentioned issues. This article presents the results of experimental research on the impact of nano-graphene lubricating oil additives on the technical-economic features and noise levels of diesel engines. Specifically, lubricating oil containing nano-graphene (NG+15W/40) helps increase engine power and torque by (4.2÷8.5%) at 100% load, while fuel consumption decreases by (4.8÷7.2%) at 100% load due to the improved mechanical efficiency of the engine. Furthermore, using lubricating oil containing nano-graphene reduces engine noise by (17.4÷21.4) decibels (Db) at 100% load compared to lubricating oil without nano-graphene. This research serves as an important foundation for further research and utilization of nano-graphene lubricant additives to increase lifespan, enhance capacity, reduce fuel consumption, and minimize engine noise.

Keywords: Graphene nanoplatelets, graphene additives, antifriction, lubricant additives, anti-wear.



NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ TÍNH NĂNG KINH TẾ KỸ THUẬT VÀ ĐỘ ỔN ĐỘNG CƠ DIESEL 490 QZL SỬ DỤNG PHỤ GIA DẦU BÔI TRƠN NANOGRAFENE

Lê Công Báo *

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 14/06/2024

Ngày nhận bài sửa: 09/09/2024

Ngày chấp nhận đăng: 10/10/2024

Ngày xuất bản Online: 15/10/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.8.3>

* Tác giả liên hệ

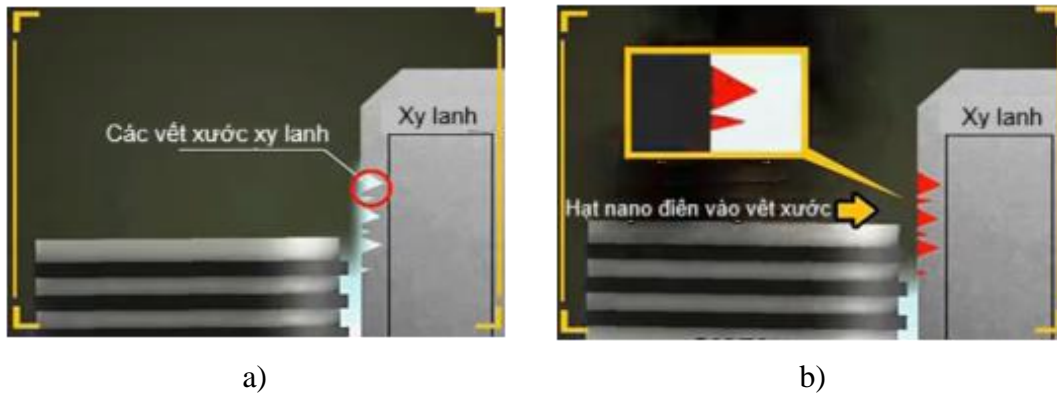
Email: lecongbao@utc.edu.vn; Tel: +84-967599922

Tóm tắt. Nghiên cứu tăng công suất động cơ, giảm suất tiêu hao nhiên liệu và tiếng ồn động cơ luôn là nhiệm vụ rất cần thiết của các hãng ô tô trên thế giới trong bối cảnh hiện nay. Có nhiều giải pháp khác nhau đã được áp dụng như cải tiến các hệ thống trên động cơ, sử dụng nhiên liệu thay thế, xử lý khí thải, cải tiến quá trình cháy... Trong đó, giải pháp sử dụng phụ gia dầu bôi trơn nano graphene (NG) là giải pháp mới để giải quyết vấn đề trên. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của phụ gia dầu bôi trơn nano graphene đến tính năng kinh tế kỹ thuật và độ ồn của động cơ diesel. Cụ thể dầu bôi trơn chứa nano graphene (NG+15W/40) giúp tăng công suất và mô men động cơ từ (4,2÷8,5) % ở 100% tải, trong khi mức tiêu thụ nhiên liệu giảm từ (4,8÷7,2) % ở 100% tải do hiệu suất cơ học của động cơ được cải thiện. Hơn nữa, dùng dầu bôi trơn chứa nano graphene làm giảm tiếng ồn của động cơ từ (17,4÷21,4) % (Db) ở 100% tải so với dầu bôi trơn không chứa nano graphene. Nghiên cứu này là cơ sở quan trọng cho việc nghiên cứu và sử dụng phụ gia dầu bôi trơn nano graphene nhằm tăng tuổi thọ, tăng công suất, giảm suất tiêu hao nhiên liệu và tiếng ồn của động cơ.

Từ khóa: Nano graphene tẩm, phụ giagraphene, chống mài mòn, phụ gia dầu bôi trơn, chống ma sát.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

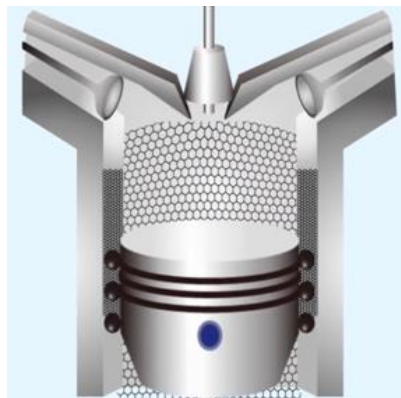
Hiện nay việc nghiên cứu về phụ gia dầu bôi trơn động cơ đốt trong nano graphene (NG) là nội dung nghiên cứu khá mới trong lĩnh vực bôi trơn động cơ đốt trong nói riêng và trong kỹ thuật cơ khí chung. Nano graphene là một loại vật liệu có cấu trúc lớp mỏng, bền, nhẹ và dẫn nhiệt tốt (chịu được nhiệt độ cao) và có tính dẫn điện cao. Khi được pha trộn với dầu bôi trơn, nano graphene có thể tạo ra một lớp phủ bảo vệ và khôi phục cho các bề mặt chi tiết của động cơ (hình 1).



Hình 1. Thành xy lanh trước và sau khi sử dụng phụ gia [1].

a - Thành xy lanh động cơ khi chưa sử dụng phụ gia dầu nano graphene; b - Thành xy lanh động cơ khi sử dụng phụ gia dầu nano graphene (do có tính dẫn nhiệt và điện tốt nên graphene có thể len lõi lấp đầy và khôi phục các bề mặt chi tiết như bề mặt xy lanh trên).

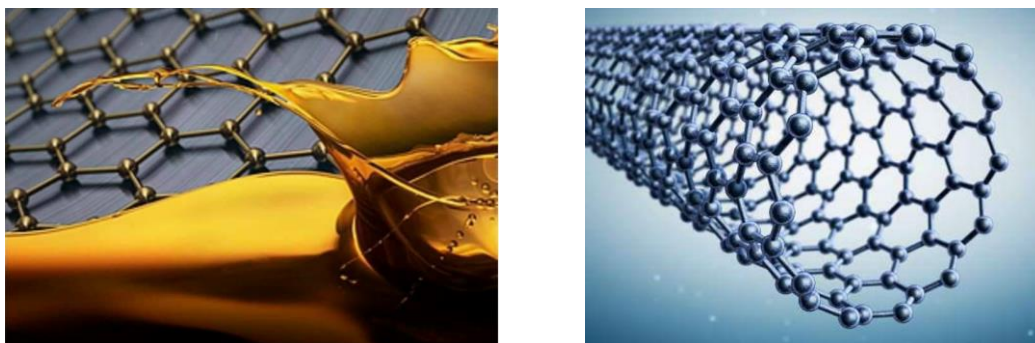
Hạt nano graphene hoạt động giống như 'ổ bi' kích thước Nano, khả năng chuyển ma sát trượt thành ma sát lăn có thể giúp giảm ma sát, nhiệt độ, tiêu hao nhiên liệu, khí thải và tăng tuổi thọ của động cơ (hình 2). Trên thế giới những năm gần đây đã có các công trình nghiên cứu sử dụng phụ gia dầu bôi trơn cả lý thuyết cũng như thực nghiệm và đã đạt được kết quả ban đầu [2-4].



Hình 2. Xy lanh động cơ khi sử dụng phụ gia dầu nano graphene [1].

Graphene là vật liệu mạnh nhất được biết đến bởi nó cứng hơn kim cương nhưng đàn hồi hơn cao su, cứng hơn thép nhưng nhẹ hơn nhôm. Nhờ cấu trúc độc đáo của graphene, nó sở hữu những đặc điểm đáng kinh ngạc khác: Tính linh động điện tử cao, nhanh hơn silicon 100 lần; Graphene dẫn nhiệt tốt hơn kim cương gấp 2 lần; độ dẫn điện của graphene cũng tốt hơn 13 lần so với đồng.

Ngoài ra, Graphene chỉ hấp thụ 2,3% ánh sáng phản xạ; nó không thấm nước nên ngay cả nguyên tử nhỏ nhất (heli) cũng không thể đi qua tấm graphene đơn lớp không có khuyết điểm. Với diện tích bề mặt lên tới 2.630 mét vuông mỗi gam có nghĩa là với ít hơn 3 gam, bạn có thể bao phủ khoảng hơn 7000 m². Graphene là hợp chất mỏng nhất mà con người biết đến với độ dày một nguyên tử, vật liệu nhẹ nhất được biết đến (với 1 mét vuông nặng khoảng 0,77 miligam).

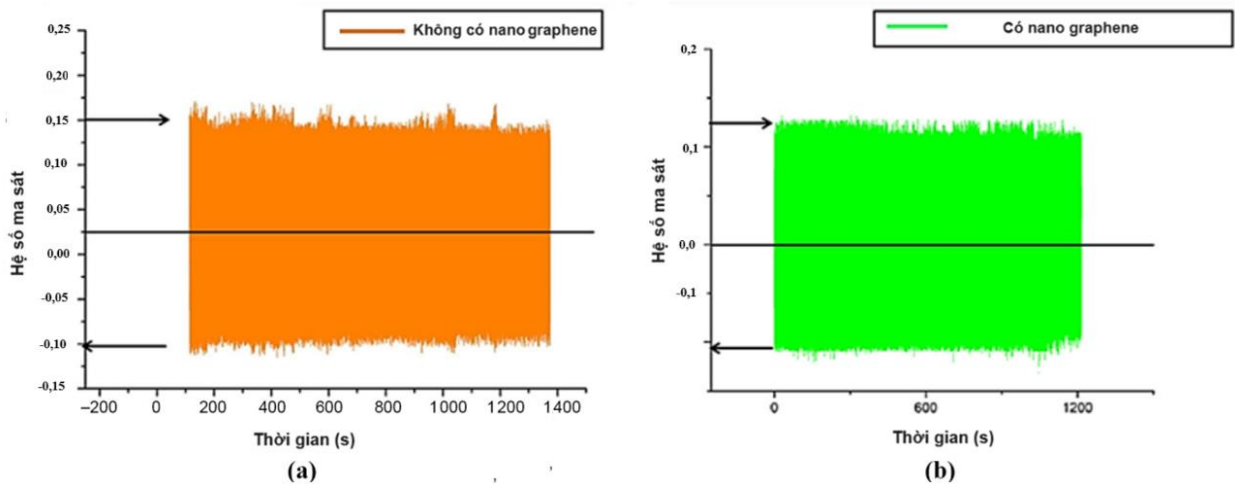


Hình 3. Cấu trúc Graphene [1].

Nano graphene là vật liệu có kích thước trong phạm vi nanomet, có cấu trúc phẳng với các lớp nguyên tử carbon được sắp xếp chặt chẽ, tạo ra một bề mặt mịn và phẳng. Khi được sử dụng làm phụ gia trong dầu bôi trơn, nano graphene tạo ra một lớp màng mịn trên bề mặt tiếp xúc. Bề mặt mịn và phẳng này giúp giảm ma sát bằng cách giảm sự ma sát giữa các bề mặt tiếp xúc, ngăn chặn sự va chạm trực tiếp giữa các phân tử dầu và bề mặt, làm giảm sự mài mòn. Carbon trong nano graphene có khả năng tạo ra liên kết hóa học mạnh mẽ với các phân tử dầu, tạo ra một lớp màng bôi trơn giữa các bề mặt tiếp xúc. Điều này giúp giảm ma sát bằng cách cho phép các bề mặt trượt qua nhau dễ dàng hơn, giảm điện tích ma sát và giảm hiện tượng bám dính giữa các bề mặt. Vì thế phụ gia nano có thể giảm hệ số ma sát cải thiện hiệu suất tiếng ồn của động cơ diesel [5,6].

Thử nghiệm của O.Cetin Z.Can và [7] trên động cơ diesel Antor/6LD400 4 xy lanh lắp trên bộ thử. Nghiên cứu này đánh giá tác động của phụ gia dầu bôi trơn động cơ nano graphene oxit (GO) trong dầu động cơ SAE 10W-40 với các tỷ lệ của GO ở mức 0,5; 1,0; 1,5 và 2,0 mg/ml đến tính năng kinh tế kỹ thuật của động cơ. Thông qua các thiết bị đo và kiểm tra ta thấy chỉ số độ nhớt của dầu bôi trơn khi có phụ gia GO tăng lên tới 7%, độ dẫn nhiệt tăng từ 4-15% và hệ số ma sát giảm xuống thấp nhất là 17%. Dựa trên thử nghiệm ma sát của động cơ trên lực kế, tấm nano GO đã giảm mô-men xoắn của động cơ lên tới 6%, cải thiện hiệu suất cơ học lên tới 2,8% ở một số tốc độ động cơ nhất định và suất tiêu hao nhiên liệu trung bình giảm khoảng 2,6%. Kết quả thử nghiệm động cơ cho thấy chất phụ gia tấm nano GO có khả năng nâng cao hiệu suất cơ học của động cơ đốt trong, dẫn đến tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu và gián tiếp góp phần giảm lượng khí thải CO₂.

Công trình nghiên cứu [8] đã thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của hạt nano graphene trong dầu bôi trơn 5W-40 đến hệ số ma sát giữa xéc măng và xy lanh động cơ Honda GX-270. Kết quả thu được từ máy đo độ ma sát cho thấy hệ số ma sát giữa xéc măng và xy lanh động cơ giảm từ 0,15 xuống 0,125 khi sử dụng dầu bôi trơn 5W-40 có nano graphene. Vì hệ số ma sát giảm nên thời gian thực hiện chu trình của pít tông sẽ ngắn đi khi sử dụng dầu bôi trơn có nano graphene (hình 4).



Hình 4. Hệ số ma sát của xéc măng với xy lạnh động cơ thử nghiệm (Honda GX-270) [8]. a - Không có phụ gia dầu nano graphene; b - Có phụ gia dầu nano graphene.

Công trình nghiên cứu [9] thực nghiệm so sánh đối chứng tính năng kinh tế kỹ thuật và phát thải của động cơ xăng MN05 4 kỳ 3 xy lạnh khi sử dụng 2 loại phụ gia dầu bôi trơn động cơ là nano than chì GNF (Graphene Nano-Fibers) và Graphene nano tiểu cầu GNP (Graphene nano-platelets). Kết quả cho thấy lực phanh và mô men tăng lần lượt là $3,7 \div 4,8\%$ và $3,1 \div 6,3\%$ khi sử dụng GNP và $1,8 \div 3,8\%$ và $2,3 \div 5,2\%$ khi sử dụng GNF so với dầu gốc; hiệu suất cơ học tăng $2,0\%$ và $1,4\%$ do tổn ma sát giảm $1,5 \div 5\%$ và $1,5 \div 4,2\%$ khi sử dụng GNP và GNF; mức tiêu hao nhiên liệu tương ứng với chất bôi trơn nano GNP và GNF giảm lần lượt là $1,7 \div 3,8\%$ và $1,2 \div 3,4\%$; nano GNP và GNF giúp giảm lượng khí thải CO_2 , NO và HC của động cơ lần lượt là $2,0 \div 4,0\%$ và $1,0 \div 3,0\%$; độ mòn của xéc măng và xy lạnh giảm lần lượt là $20,3$ và $9,7\%$ khi sử dụng chất bôi trơn nano GNP và GNF so với dầu gốc. Ngoài ra còn rất nhiều các công trình nghiên cứu về các loại phụ gia dầu bôi trơn như [10-14].

Cơ chế tạo ra tiếng ồn do ma sát trong động cơ là do chuyển động cơ học trong động cơ, nhiều bộ phận như piston, trục khuỷu, các hệ thống và các chi tiết chuyển động qua lại hoặc xoay tròn. Ma sát giữa các bộ phận này tạo ra rung động và tiếng ồn. Khi các bộ phận cọ xát nhau, năng lượng cơ học được chuyển đổi thành năng lượng âm thanh, dẫn đến tiếng ồn. Ma sát còn tạo ra nhiệt và khi động cơ hoạt động với nhiệt độ cao, các vật liệu trong động cơ có thể giãn nở và thay đổi tính chất. Sự thay đổi này có thể làm tăng ma sát và do đó làm tăng tiếng ồn.

Theo thời gian, ma sát liên tục giữa các bộ phận động cơ có thể dẫn đến mài mòn và sự suy giảm hiệu suất của các bộ phận. Những bộ phận mài mòn không còn hoạt động trơn tru, dẫn đến tiếng ồn lớn hơn. Ma sát còn gây ra sự mất cân bằng trong các bộ phận động cơ, làm cho động cơ không hoạt động đồng đều. Sự không đồng đều này có thể tạo ra tiếng ồn lạ và khó chịu. Ngoài ra ma sát có thể tạo ra rung động trong động cơ, những rung động này không chỉ ảnh hưởng đến hoạt động của động cơ mà còn truyền qua các bộ phận khác của xe, làm tăng mức độ tiếng ồn [15-17].

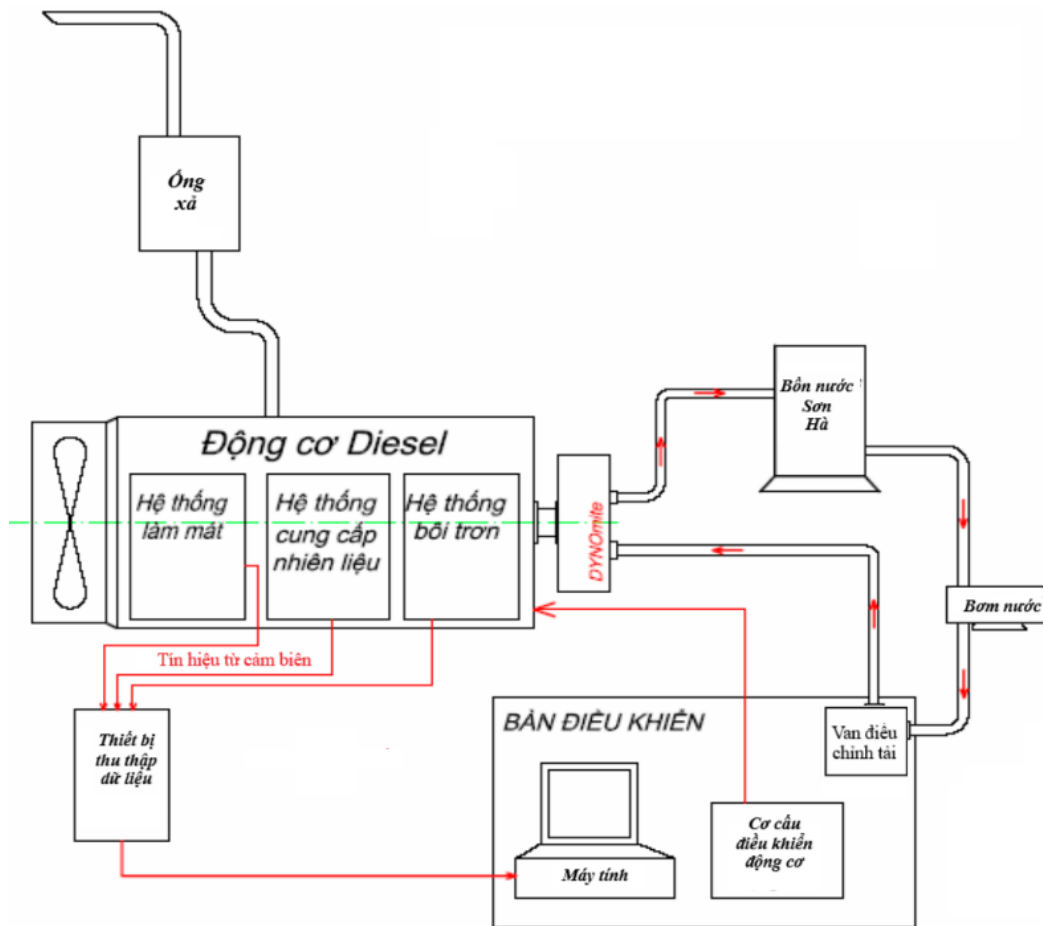
Ở Việt Nam, nội dung của các công trình nghiên cứu về phụ gia dầu bôi trơn động cơ đốt trong còn rất hạn chế. Một số công trình mới chỉ đánh giá hiệu quả của phụ gia dầu bôi trơn nano graphene đến các bề mặt ma sát phẳng ở điều kiện nhiệt độ và áp suất bình thường [18, 19]. Trong đó chưa nghiên cứu thực nghiệm đánh giá chi tiết hiệu quả của phụ gia dầu

bôi trơn nano graphene trên động cơ đốt trong với tổng nhiều loại ma sát (ma sát trượt, ma sát lăn, ma sát xoay...) ở điều kiện tải trọng, nhiệt độ, áp suất lớn và thay đổi.

Bài báo này nghiên cứu đánh giá tính năng kỹ thuật, độ ồn của động cơ diesel 490QZL khi sử dụng hỗn hợp dầu bôi trơn pha phụ gia nano graphene bằng phương pháp thực nghiệm, nhằm đánh giá những thay đổi về tính năng kỹ thuật, kinh tế, độ ồn so với động cơ sử dụng dầu bôi trơn thông thường khi chưa có phụ gia và tiềm năng ứng dụng của loại phụ gia này để cải thiện tính năng kỹ thuật và độ ồn của động cơ.

2. THÍ NGHIỆM

Thử nghiệm được tiến hành trên động cơ diesel 490QZL lắp trên bệ thử công suất tại phòng thí nghiệm A10 thuộc Trung tâm Khoa học công nghệ GTVT, Trường Đại học giao thông vận tải (hình 5).



Hình 5. Sơ đồ bộ thử công suất động cơ diesel tại phòng thí nghiệm.

Đối tượng thí nghiệm: động cơ 49QZL là động cơ diesel 4xy lạnh do Trung Quốc sản xuất được sử dụng nhiều trong phục vụ nông nghiệp. Đây là loại động cơ diesel 4 kỳ, 4 xi-lanh, có tăng áp, làm mát bằng nước. Công suất tối đa của động cơ là 80 HP. Thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ sử dụng trong nghiên cứu này được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật xe Động cơ 490QZL.

TT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Hành trình piston	S	100	mm
2	Đường kính xylanh	D	90	mm
3	Số Xylanh	i	4	-
4	Chiều dài thanh truyền	L	200	mm
5	Công suất định mức ở tốc độ 3200 (vg/ph)	N_{emax}	80	Hp
6	Mô men max ở 2200 (vg/ph)	M_{emax}	183	N.m
7	Tỷ số nén	ϵ	17	-
8	Suất tiêu hao nhiên liệu	Ge	≥ 255	g/kW.h
9	Thứ tự làm việc		1- 3 - 4 - 2	

Phương pháp thí nghiệm: Thí nghiệm được tiến hành trên cơ sở so sánh đối chứng tính năng kinh tế kỹ thuật của động cơ khi sử dụng dầu bôi trơn có phụ gia nano graphene (NG+15W/40) với khi sử dụng dầu bôi trơn không có phụ gia nano graphene (15W/40) (Hình 6). Thí nghiệm được thực hiện ở các chế độ tốc độ từ 800 vòng/phút đến 3200 vòng/phút bằng cách duy trì tải 75%, 100% trong suốt quá trình thí nghiệm (Bảng 2).

Bảng 2. Các chế độ thực nghiệm.

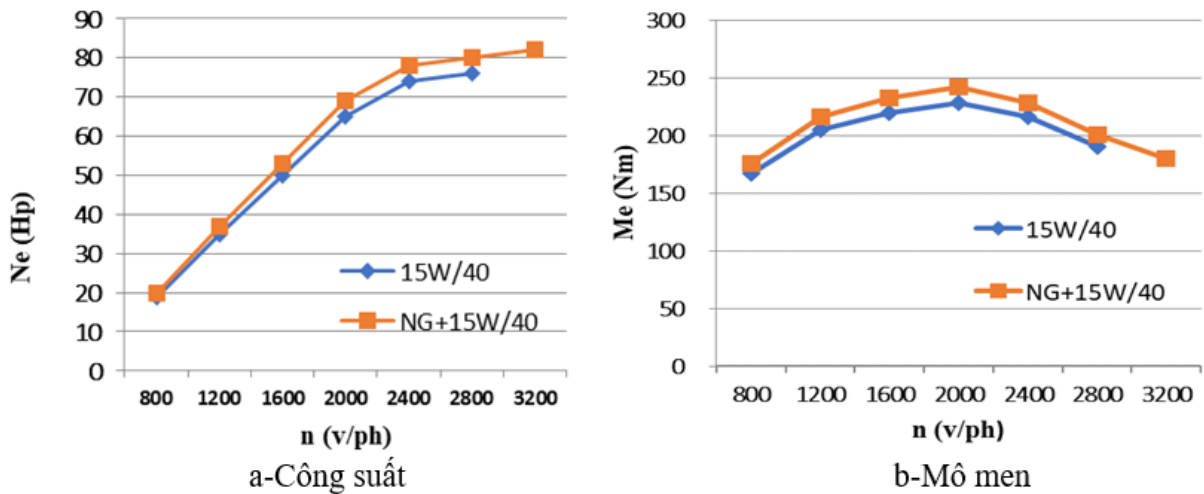
Tốc độ(v/ph)	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200
Tải (%)	75; 100						



Hình 6. Dầu bôi trơn SAE15W40 và phụ gia nano graphene [1].

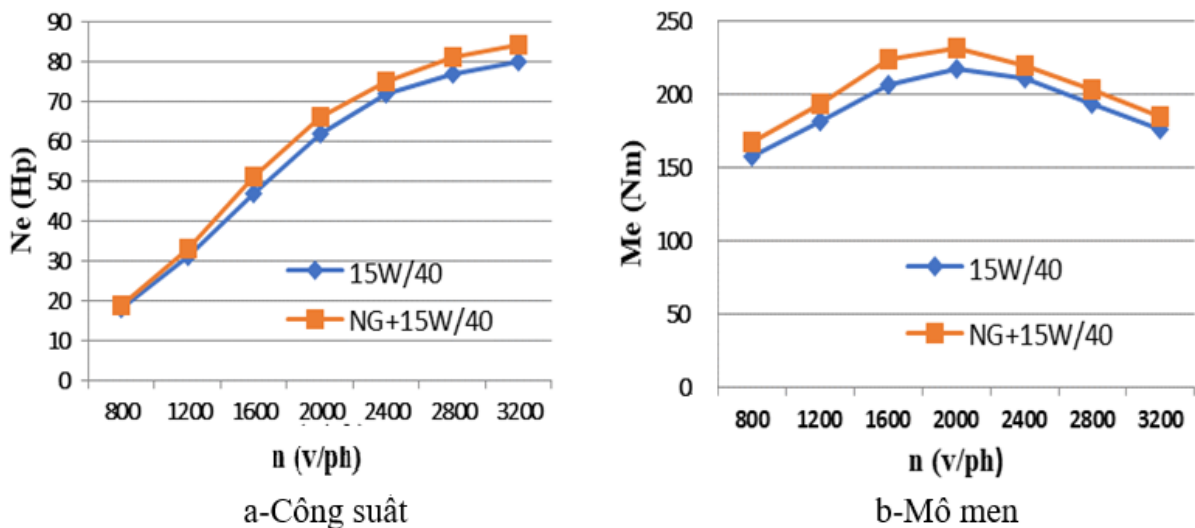
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Về công suất và mô men: Khi sử dụng phụ gia dầu nano graphene (NG) ta thấy công suất và mô men của động tăng so với khi không sử dụng NG (hình 7 và hình 8). Cụ thể công suất và mô men trung bình tăng 4,8 % ở 75%, tăng 5,9% ở 100% tải. Đặc biệt việc không sử dụng NG ở 75% tải động cơ chỉ kéo được đến tốc độ 2800 (v/ph) và sau đó khi dùng NG thì động cơ kéo được đến tốc độ tối đa là 3200 (v/ph).



Hình 7. Công suất và mô men của động cơ khi sử dụng phụ gia nano graphene và không sử dụng phụ gia nano graphene ở 75% tải.

Sở dĩ khi khi sử dụng phụ gia dầu bôi trơn động cơ nano graphene làm công suất và mô men tăng là vì nano graphene có khả năng giảm ma sát giữa các bề mặt tiếp xúc trong động cơ. Khi ma sát giảm, năng lượng tiêu hao để vận hành động cơ cũng giảm, dẫn đến tăng hiệu suất và công suất. Mặt khác, nó có thể cải thiện tính chất lưu chất, bao gồm độ nhớt và tính dẫn nhiệt tốt, có thể cung cấp một lớp bảo vệ cho các bề mặt tiếp xúc trong động cơ, giảm ma sát và mài mòn.



Hình 8. Công suất và mô men của động cơ khi sử dụng phụ gia nano graphene và không sử dụng phụ gia nano graphene ở 100%.

Về suất tiêu hao nhiên liệu: Phụ gia dầu bôi trơn nano graphene giúp tiết kiệm nhiên liệu hơn (mức giảm nhiều nhất là 7,2% tại $n=2000$ vg/ph), trung bình toàn dải tốc độ giảm 5,6% so với khi sử dụng dầu bôi trơn 15W40 ở 100% tải (hình 9a). Còn ở 75% tải thì mức giảm nhiên liệu nhiều nhất là 9,8% tại $n=2000$ vg/ph khi sử dụng dầu bôi trơn (NG+15W/40) (hình 9b). Do khi được thêm vào dầu bôi trơn, graphene phân tán và tạo ra một lớp màng mỏng trên bề mặt các chi tiết máy, từ đó giảm ma sát giữa các bộ phận chuyển

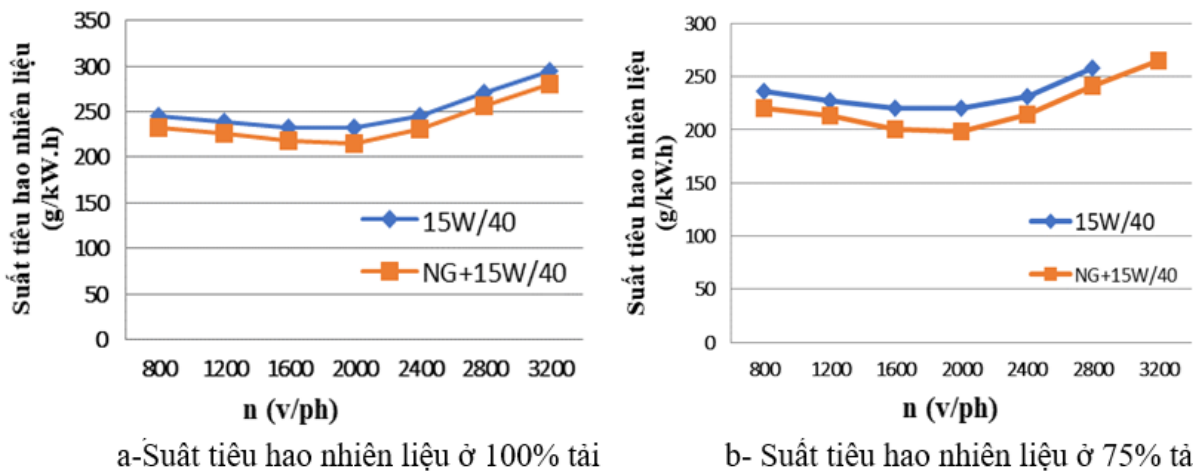
động. Điều này không chỉ giúp động cơ hoạt động mượt mà hơn mà còn giảm lượng nhiên liệu cần thiết để vận hành động cơ.

Cải thiện hiệu suất làm mát: Nano graphene có khả năng dẫn nhiệt rất tốt, giúp cải thiện khả năng dẫn nhiệt của dầu bôi trơn. Điều này có thể giúp giảm nhiệt độ của động cơ bằng cách tản nhiệt hiệu quả hơn, từ đó giảm tổn thất năng lượng và cải thiện hiệu suất tổng thể của động cơ.

Tăng cường khả năng bảo vệ: Nano graphene giúp hình thành một lớp bảo vệ bề mặt bền bỉ hơn, giúp giảm mài mòn và kéo dài tuổi thọ của các bộ phận động cơ. Với khả năng bảo vệ tốt hơn, các bộ phận hoạt động hiệu quả hơn và không cần phải hoạt động quá sức để bù đắp cho mài mòn, từ đó giảm tiêu thụ nhiên liệu.

Giảm tổn thất năng lượng: Do sự giảm ma sát và tổn thất cơ học, động cơ có thể hoạt động hiệu quả hơn với ít tổn thất năng lượng. Điều này dẫn đến việc động cơ có thể hoàn thành công việc với ít nhiên liệu hơn so với khi không sử dụng phụ gia.

Cải thiện chất lượng hoạt động: Các phụ gia bôi trơn chứa nano graphene có thể giúp động cơ hoạt động mượt mà hơn và giảm tiếng ồn. Điều này giúp giảm sự hao mòn và cải thiện hiệu suất tổng thể, từ đó dẫn đến tiết kiệm nhiên liệu.



Hình 9. Suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi sử dụng phụ gia nano graphene và không sử dụng phụ gia nano graphene ở 100 % tải (hình a) và 75% tải (hình b).

Về độ ồn: Khi sử dụng phụ gia nano graphene thì độ ồn của động cơ trung bình toàn dải tốc độ giảm 19,6 Db (hình 10). Sở dĩ giảm độ ồn là do những lý do sau:

Giảm ma sát: Nano graphene có khả năng tạo ra một lớp màng bôi trơn mỏng, giúp giảm ma sát giữa các bề mặt tiếp xúc. Điều này làm giảm sự cọ xát, dẫn đến ít tiếng ồn hơn trong quá trình vận hành.

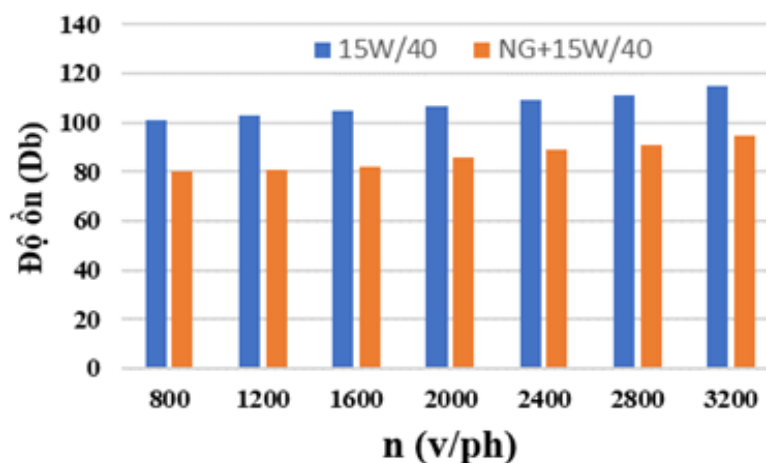
Tính ổn định cao: Các hạt nano graphene có độ bền cao và không dễ bị phân hủy, giúp duy trì tính chất bôi trơn trong thời gian dài. Điều này làm giảm khả năng hư hỏng và tiếng ồn phát sinh từ các phần chuyển động.

Khả năng hấp thụ va chạm: Graphene có khả năng hấp thụ và phân tán năng lượng tốt, giúp giảm độ ồn từ các va chạm cơ học trong động cơ.

Tăng cường độ nhớt: Phụ gia nano graphene có thể cải thiện độ nhớt của dầu bôi trơn,

tạo ra một lớp bôi trơn hiệu quả hơn, từ đó giảm tiếng ồn do lực cản không đồng nhất.

Cải thiện tính chất nhiệt: Nano graphene giúp cải thiện khả năng dẫn nhiệt của dầu, giúp động cơ hoạt động ở nhiệt độ ổn định hơn, từ đó giảm tiếng ồn do quá nhiệt.



Hình 10. Độ ồn của động cơ khi sử dụng phụ gia nano graphene và không sử dụng phụ gia nano graphene ở 100 % tải.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày quá trình thử nghiệm, kết quả thử nghiệm và đánh giá tác động của phụ gia dầu bôi trơn nano graphene đến tính năng kỹ thuật và độ ồn của động cơ diesel 490QZL.

- Khi sử dụng NG+15W/40 sẽ làm công suất tăng 5,3÷6,2% ở 75% tải và 4,2÷8,5% ở 100% tải so với khi sử dụng 15W/40. Có sự thay đổi đó là do nano graphene làm giảm hệ số ma sát trong các bề mặt ma sát trong động cơ (coi như chuyển ma sát trượt thành ma sát lăn của các hạt nano graphene).

- Suất tiêu hao nhiên liệu tương ứng với dầu bôi trơn NG+15W/40 giảm 4,8÷7,2% ở 100% tải. Do khi dùng thêm phụ gia nano sẽ làm giảm ma sát dẫn đến giảm hiệu suất cơ học và tăng hiệu suất có ích của động cơ.

- Độ ồn của động cơ khi sử dụng chất bôi trơn nano NG+15W/40 giảm từ 17,4÷21,4% (Db) ở 100% tải.

Các kết quả nghiên cứu cho thấy, việc sử dụng phụ gia nano trong dầu bôi trơn hứa hẹn rất nhiều trong việc nâng cao tính năng kỹ thuật và độ ồn của động cơ diesel.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2024-CK-005. Cảm ơn Trung tâm khoa học công nghệ giao thông vận tải Trường Đại học Giao thông vận tải đã giúp đỡ tạo điều kiện cho tác giả thực nghiệm công trình nghiên cứu này tại phòng thí nghiệm động cơ nhà A10.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. J. Mahaldar, <https://glayunico.com/products.php>, truy cập 9/2024
- [2]. M. K. Ahmed Ali, P. Fuming, H.A. Younus, F. A. Essa, A. Elagouz, H. Xianjun, Fuel economy in gasoline engines using Al₂O₃/TiO₂ nanomaterials as nanolubricant additives, *Applied Energy*, 211 (2018) 461-478. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.11.013>
- [3]. Y. Chen, H. Guo, X. Wang, Graphene-based nanofluids for enhancing the lubricating performance of engine oil, *J. Phys. Chem. C*, 115 (2011) 12358-12366.
- [4]. Y. Cai, Y. Wang, Q. Wu, Tribological properties of graphene nanoplatelet reinforced engine oil, *Journal of Materials Research and Technology*, 8 (2019) 6018-6028.
- [5]. M. Waqas, R. Zahid, M. U. Bhutta, Z. A. Khan, A. Saeed, A Review of Friction Performance of Lubricants with Nano Additives, *Materials*, 14 (2021) 6310. <https://doi.org/10.3390/ma14216310>
- [6]. V. Eswaraiah, V. Sankaranarayanan, S. Ramaprabhu, Graphene-Based Engine Oil Nanofluids for Tribological Applications, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 3 (2011) 4221-4227. <https://doi.org/10.1021/am200851z>
- [7]. O. Cetin, Z. Can, Potential use of graphene oxide as an engine oil additive for energy savings in a diesel engine, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 48 (2023) 101567. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2023.101567>
- [8]. Demirtas, H. Kaleli, M. Khadem, D. E. Kim, Characterization of the friction and wear effects of graphene nanoparticles in oil on the ring/cylinder liner of internal combustion engine, *Industrial Lubrication and Tribology*, 5 (2019) 642-652. <https://doi.org/10.1108/ILT-05-2018-0170>
- [9]. G. Singh, M. F. Wani¹, M. M. Wani¹, Fuel energy saving in SI engine using graphene and graphite as nano-additives: a comparative study, *Applied Nanoscience*, 12 (2022) 1387-1401. <https://doi.org/10.1007/s13204-021-02298-1>
- [10]. Y. Liu, S. Yu, Q. Shi, X. Ge, W. Wang, Graphene-Family Lubricant Additives: Recent Developments and Future Perspectives, *Lubricants*, 10 (2022) 215. <https://doi.org/10.3390/lubricants10090215>
- [11]. J. M. Lineira del Rio, M. J. G. Guimarey, M. J. P. Comunas, E.R. Lopez, A. Amigo, J. Fernández^a, Thermophysical and tribological properties of dispersions based on graphene and a trimethylolpropane trioleate oil, *Journal of Molecular Liquids*, 268 (2018) 854-866. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.07.107>
- [12]. V. Eswaraiah, V. Sankaranarayanan, S. Ramaprabhu, Graphene-Based Engine Oil Nanofluids for Tribological Applications, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 3 (2011) 4221-4227. <https://doi.org/10.1021/am200851z>
- [13]. X. Liu, J. Wei, H. Yan, Nano-Graphene as a Lubricating Additive: Influence on the Tribological Performance of Lubricating Oils, *Tribol. Lett.*, 54 (2014) 113-120.
- [14]. M. A. Khanafer, A. M. Khedher, Graphene Nanofluid as a Novel Lubricant: Performance and Mechanism, *Sci. Rep.*, 9 (2019) 16939.
- [15]. Lê Công Báo, Lê Hoài Đức, Vũ Xuân Thiệp, Nghiên cứu thiết kế cải tiến bộ giảm ồn trên đường thải động cơ diesel 490 QZL, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, 10 (2019).
- [16]. H. A. Ali, N. M. Abd El-Moneim, A. M. Tarek, Experimental Study of Noise Reduction in Internal Combustion Engines Using Graphene-Infused Lubricants, *Materials Today: Proceedings*, 40 (2021) 56-61.
- [17]. Y. A. Yu, Y. X. Wang, C. G. Wei, Reduction of Engine Noise and Vibration Using Graphene-Based Lubricants, *Journal of Mechanical Engineering Science*, 235 (2021) 2312-2322.
- [18]. N. H. Van, N. D. Anh, Study on fabrication and effectiveness evaluation of modified graphene and metals nanoparticles lubricating additive system, *Journal of Military Science and Technology, FEE* (2022) 285-293. <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.fee.2022.285-293>
- [19]. Phạm Tiên Dung, Trần Thế Nam, Võ Hoàng Tùng, Nghiên cứu nâng cao hiệu quả bôi trơn cho dầu nhớt bằng phụ gia nano graphene dạng tấm, *Tạp chí Khoa học công nghệ Hàng hải*, 65 (2021).