

NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU XĂNG PHA CỒN TRÊN ĐỘNG CƠ Ô TÔ BẰNG PHỤ GIA NITROPARAFFINS IMPROVEMENT OF GASOLIN FUEL IN AUTOMOTIVE ENGINES BY USING NITROPARAFFINS ADDITIVE

HOÀNG ĐÌNH LONG

Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội
Email liên hệ: long.hoangdinh@hust.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm đánh giá hiệu quả của phụ gia gốc nitroparaaffins về giảm tiêu hao nhiên liệu và phát thải của động cơ ô tô chạy nhiên liệu xăng RON95 pha cồn ethanol. Kết quả nghiên cứu cho thấy pha cồn ethanol vào xăng với tỷ lệ nhất định giúp cải thiện tốt về tiêu hao nhiên liệu và phát thải của động cơ. Xăng RON95 pha 5% cồn ethanol (xăng E5) có mức giảm trung bình về tiêu hao nhiên liệu và phát thải CO, HC, NOx so với xăng gốc RON95 lần lượt là 8,4%, 9,4%, 4% và 5,1%. Pha phụ gia nitroparaaffins vào xăng pha cồn giúp cải thiện hơn nữa tiêu hao nhiên liệu và phát thải của động cơ; xăng E5 pha 0,1% phụ gia có mức giảm trung bình về tiêu hao nhiên liệu và phát thải CO, HC, NOx so với E5 không pha phụ gia lần lượt là 11,1%, 3,2%, 4,3% và 3,4%. Nếu so với xăng RON95 thì xăng E5 pha phụ gia có mức giảm trung bình về tiêu hao nhiên liệu và phát thải CO, HC, NOx tương ứng là 19,5%, 12,6%, 8,3% và 8,5%.

Từ khóa: Nhiên liệu thay thế, nhiên liệu xăng pha cồn, phụ gia nhiên liệu, giảm phát thải.

Abstract

This paper presents the results of an experimental study to evaluate the effectiveness of nitroparaaffins-based additives in reducing fuel consumption and emissions of car engines fueled with RON95 gasoline mixed with ethanol. Research results show that mixing ethanol with gasoline at a certain ratio helps to improve fuel consumption and engine emissions. Gasoline mixed with 5% ethanol (E5) has an average reduction in fuel consumption and CO, HC, NOx emissions of 8.4%, 9.4%, 4% and 5%, respectively, compared to RON95 gasoline. Adding nitroparaaffins to alcohol-based gasoline helps to further improve fuel consumption and

engine emissions; E5 gasoline mixed with 0.1% additives has an average reduction in fuel consumption and CO, HC, NOx emissions of 11.1%, 3.2%, 4.3% and 3.4%, respectively. Compared with RON95 gasoline, the additive E5 gasoline has an average reduction in fuel consumption and CO, HC, and NOx emissions of 19.5%, 12.6%, 8.3% and 8.5%, respectively.

Keywords: Alternative fuel, gasohol fuel, fuel additive, emission control.

1. Đặt vấn đề

Sự gia tăng các phương tiện vận tải trang bị động cơ đốt trong đang làm cạn kiệt nhanh nguồn nhiên liệu gốc hóa thạch và gây ô nhiễm môi trường trầm trọng [1, 2]. Điều đó đòi hỏi các nhà khoa học phải nghiên cứu tìm giải pháp hữu hiệu để giảm tiêu hao nhiên liệu và phát thải độc hại của động cơ. Đã có nhiều công trình nghiên cứu về vấn đề này được công bố, trong đó, một số công trình nghiên cứu đi theo hướng cải tiến kết cấu động cơ và đã đưa ra các giải pháp khá hiệu quả [3]. Hiện nay thiết kế và công nghệ động cơ đã đạt đến đỉnh cao nên không còn nhiều cơ hội nghiên cứu cải tiến để đạt được hiệu quả đột phá đáp ứng các yêu cầu mong đợi. Việc nghiên cứu sử dụng nhiên liệu thay thế như các loại nhiên liệu sinh học đã và đang được đề cập nhiều, đặc biệt là nhiên liệu cồn ethanol và diesel sinh học [4]. Các nhiên liệu này có khả năng tái tạo và có thể thay thế một phần nhiên liệu hóa thạch nên có thể giải quyết được sự thiếu hụt nhiên liệu truyền thống, đồng thời, chúng có tỷ lệ các bon thấp nên giảm được nồng độ khí thải độc hại CO, HC. Tuy nhiên, nhiên liệu 100% cồn hay diesel sinh học không thể tương thích hoàn toàn với các động cơ hiện hành sử dụng nhiên liệu truyền thống nên các nhiên liệu này thường chỉ được sử dụng thay thế một phần nhiên liệu hóa thạch truyền thống trên các động cơ hiện hành. Có thể thấy một số dạng nhiên liệu pha trộn như nhiên liệu xăng E5 (hỗn hợp 5% cồn + 95% xăng), E10 (hỗn hợp 10% cồn + 90% xăng) sử dụng trên động cơ xăng hiện hành, hay nhiên liệu diesel

sinh học B5 (5% diesel sinh học + 95% diesel khoáng), B10 (10% diesel sinh học + 90% diessel khoáng) sử dụng trên động cơ diesel hiện hành.

Để cải thiện tính chất của nhiên liệu, người ta thường sử dụng nhiên liệu kết hợp với một số loại phụ gia tính năng [5-7]. Việc sử dụng phụ gia nhiên liệu là một trong các giải pháp hữu hiệu để cải thiện quá trình cháy trong xi lanh động cơ. Phụ gia tác động đến quá trình hình thành hỗn hợp và cháy, đảm bảo cháy kiệt, nhờ đó giảm tiêu hao nhiên liệu và thành phần khí thải độc hại của động cơ. Hầu hết các tác giả nghiên cứu về phụ gia nhiên liệu đã chọn phụ gia giàu ô xy [8-10]. Nguyên lý tác động của các phụ gia này là khi tham gia quá trình cháy, phụ gia sẽ bổ sung ô xy một cách tức thời cho các phản ứng cháy giúp quá trình cháy thực hiện được triệt để hơn. Một dạng phụ gia xúc tác cũng đang được nghiên cứu sử dụng là phụ gia nano CeO_2 [11]. Các hạt cứng CeO_2 kích thước nano có tác dụng tăng truyền nhiệt trong hỗn hợp cháy và xúc tác các phản ứng ô xy hóa hydrocarbon, giúp quá trình cháy hoàn thiện và do đó tăng hiệu quả quá trình cháy và giảm thành phần độc hại khí thải. Tuy nhiên các nghiên cứu mới đây cũng chỉ ra rằng các phụ gia gốc kim loại có thể có các tác động phụ như gây mòn các chi tiết pitt tông xi lanh.

Nitroparaffins là các hợp chất có hoạt tính cháy khá mạnh ở nhiệt độ bất lửa [12]. Hợp chất này đã được nghiên cứu sử dụng làm phụ gia rất hiệu quả với các nhiên liệu xăng và diesel [13] nên khi sử dụng làm phụ gia nhiên liệu cho nhiên liệu xăng pha cồn cũng có thể giúp cải thiện được quá trình cháy để giảm tiêu hao nhiên liệu và các thành phần khí thải độc hại của động cơ, đặc biệt là HC và CO. Chính vì vậy, bài báo này nghiên cứu thực nghiệm sử dụng phụ gia gốc nitroparaffins để cải thiện quá trình cháy, nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn trên động cơ xăng hiện hành. Đối tượng nghiên cứu là động cơ 1NZ-FE trên xe Toyota Vios.

2. Phương tiện và quy trình thử nghiệm

2.1. Mục đích thử nghiệm

Đánh giá được hiệu quả của phụ gia nitroparaffins về giảm tiêu hao nhiên liệu và phát thải độc hại của động cơ sử dụng nhiên liệu xăng pha cồn ethanol.

Việc nghiên cứu được thực hiện trong phòng thí nghiệm trên động cơ Toyota Vios 1NZ-FE tại Trung tâm Nghiên cứu các Nguồn động lực và Phương tiện tự hành, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

2.2. Phụ gia Nitroparaffins và nhiên liệu thử nghiệm

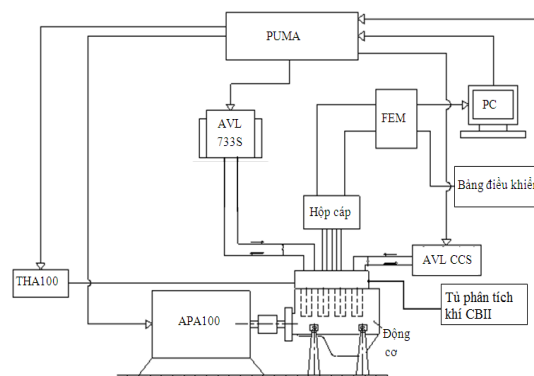
Phụ gia nitroparaffins sử dụng cho nhiên liệu xăng pha cồn trong nghiên cứu này có thành phần được

chọn tương tự phụ gia nitroparaffins đã nghiên cứu thử nghiệm với nhiên liệu xăng [13] gồm 15-25% nitromethane, 15-25% nitroethane, 40-65% nitropropane và thêm 5-15% toluene để cải thiện tính năng chống kích nổ của nhiên liệu thí nghiệm. Đây là một hỗn hợp hữu cơ, tồn tại ở thể lỏng được cung cấp bởi Công ty hoá chất Exxon-Mobil. Hỗn hợp chất này có khả năng khuếch tán rất tốt trong nhiên liệu lỏng, và có tốc độ cháy nhanh nên có khả năng kích hoạt sự cháy của nhiên liệu ngay cả ở sát vách và các nơi ngóc ngách của buồng cháy. Tỷ lệ pha phụ gia với nhiên liệu xăng pha cồn trong nghiên cứu này được chọn là 0,1% thể tích giống như tỷ lệ pha tối ưu đã được nghiên cứu xác định đối với nhiên liệu xăng [13].

Nhiên liệu sử dụng trong nghiên cứu này gồm các mẫu xăng thương phẩm RON95 (E0), xăng RON95 pha cồn ethanol với tỷ lệ 5% ethanol +95% xăng RON95 (xăng E5), xăng RON95 pha cồn ethanol với tỷ lệ 10% ethanol +90% xăng RON95 (xăng E10), xăng E5, E10 pha phụ gia nitroparaffins (PG) với tỷ lệ phụ gia 0,1% thể tích. Lý do sử dụng xăng E5 và E10 mà không sử dụng xăng với tỷ lệ cồn cao hơn là vì xăng E5 và E10 có thể sử dụng trực tiếp trên các động cơ xăng hiện hành mà không cần thay đổi kết cấu động cơ [4].

2.3. Trang thiết bị thử nghiệm

Hình 1 giới thiệu sơ đồ hệ thống băng thử động lực học cao ETB phục vụ thử nghiệm. Hệ thống gồm phanh điện APA100, hệ thống điều khiển với bảng điều khiển, máy tính PC, phần mềm PUMA, động cơ thử nghiệm 1NZ-FE, hệ thống đo tiêu hao nhiên liệu AVL 733S. Băng thử cho phép điều chỉnh thiết lập chế độ làm việc của động cơ theo yêu cầu thí nghiệm, đo tốc độ, mô men, công suất và tiêu hao nhiên liệu của động cơ. Các thiết bị đo và phân tích khí thải, thiết bị đo nhiệt độ và các thiết bị đo khác cũng được lắp đặt để đo các thông số khác của động cơ khi cần.



Hình 1. Sơ đồ băng thử động cơ thí nghiệm

Phanh điện APA 100 hoạt động ở chế độ phanh cho công suất định mức là 220kW trong dải tốc độ 2.250v/ph ÷ 4.500v/ph và mômen định mức 934Nm trong dải tốc độ từ 0 ÷ 2.250v/ph. Bảng thử được điều khiển thông qua phần mềm PUMA được kết nối với máy tính PC. Phần mềm PUMA có chức năng ghi nhận các tín hiệu từ cảm biến lắp trên băng thử và lắp trên động cơ thông qua hộp chuyển đổi Cable boom. Các tín hiệu cảm biến được chuyển đổi để đưa về màn hình máy tính giúp người điều khiển có thể kiểm soát được quá trình làm việc của động cơ. Quá trình thay đổi tốc độ, mômen, vị trí tay ga của động cơ được tiến hành thông qua bảng điều khiển.

Động cơ thử nghiệm là động cơ Toyota Vios 1NZ-FE trên băng thử động cơ trong phòng thí nghiệm. Đây là động cơ xăng 4 kỳ, 4 xi lanh với thể tích công tác 1,5 lít, công suất định mức 80kW ở 6.000v/p, mômen cực đại 140Nm ở 4.200v/p. Tủ phân tích khí thải CEB-II (Combustion Emission Bench) bao gồm toàn bộ các mô đun phục vụ quá trình phân tích các thành phần khí thải CO, HC, NOx.

2.4. Quy trình thử nghiệm

Việc thử nghiệm phụ gia với xăng pha cồn trên động cơ để đánh giá hiệu quả giảm tiêu hao nhiên liệu và phát thải độc hại của phụ gia này được thực hiện bằng phương pháp đối chứng kết quả thử nghiệm động cơ với các mẫu nhiên liệu xăng E0, E5, E10, E5+PG và E10+PG. Các mẫu nhiên liệu thí nghiệm này được chuẩn bị và pha trộn tại phòng thí nghiệm theo đúng yêu cầu trước khi thí nghiệm.

Động cơ được vận hành lần lượt với các mẫu nhiên liệu thí nghiệm nói trên ở cùng các chế độ tải và tốc độ, ở mỗi chế độ vận hành tiến hành đo và so sánh tiêu hao nhiên liệu và thành phần khí thải CO, HC, NOx của động cơ chạy với từng mẫu nhiên liệu để đánh giá. Đối với mỗi mẫu nhiên liệu, trước khi thí nghiệm chính thức để lấy dữ liệu, động cơ được vận hành 30 phút ở tốc độ thí nghiệm với tải tăng đến 25% để động cơ chạy ổn định với mẫu nhiên liệu thí nghiệm.

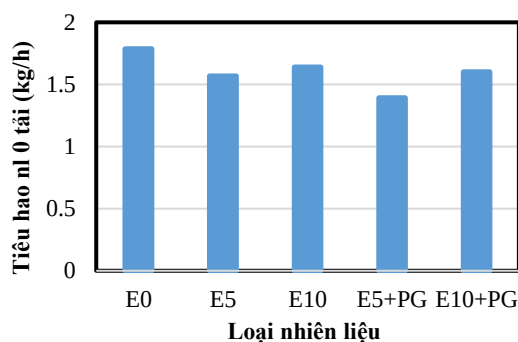
Động cơ được vận hành ở chế độ tốc độ cho mômen cực đại của động cơ là 4.200v/p với các chế độ không tải, 25%, 50% và 75% tải cực đại.

3. Kết quả và thảo luận

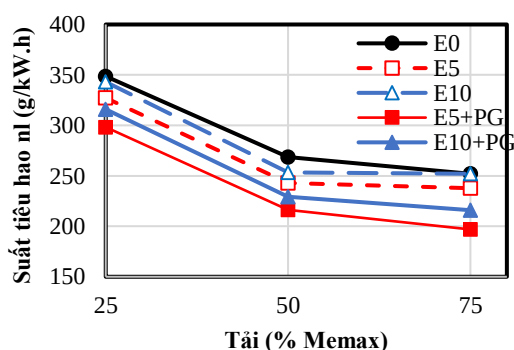
Kết quả nghiên cứu thực nghiệm sử dụng xăng pha cồn ethanol và phụ gia nitroparaffines trên động cơ 1NZ-FE được thể hiện qua đặc tính tiêu hao nhiên liệu và phát thải của động cơ khi chạy với các mẫu nhiên liệu thí nghiệm gồm xăng RON95 (E0), xăng pha cồn (E5, E10) và xăng pha cồn pha phụ gia nitroparaffines (E5+PG, E10+PG).

3.1. Tiêu hao nhiên liệu

Biểu đồ Hình 2 biểu thị kết quả đo tiêu hao nhiên liệu ở chế độ không tải và đồ thị Hình 3 thể hiện suất tiêu hao nhiên liệu ở các chế độ tải 25%, 50% và 75% tải cực đại của động cơ khi chạy với các mẫu nhiên liệu thí nghiệm khác nhau.



Hình 2. Lượng tiêu hao nhiên liệu của động cơ ở chế độ không tải ứng với các mẫu nhiên liệu

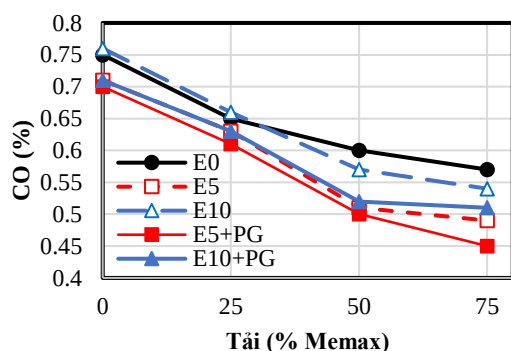


Hình 3. Suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ ở các chế độ tải ứng với các mẫu nhiên liệu

Kết quả trên Hình 2 và Hình 3 chỉ ra rằng xăng pha cồn có mức tiêu hao nhiên liệu thấp hơn so với xăng RON95 nguyên bản, trong đó xăng E5 có mức cải thiện về chỉ tiêu này tốt hơn xăng E10. Điều này có thể do mật độ năng lượng của xăng E10 thấp hơn của E5 do nhiệt trị của cồn là 27000kJ/kg, của xăng là 44.000kJ/kg. Xăng pha cồn pha thêm phụ gia thì tiêu hao nhiên liệu lại được cải thiện thêm nữa, trong đó xăng E5+PG có mức cải thiện tốt hơn xăng E10+PG. Mức giảm tiêu hao nhiên liệu của xăng pha cồn E5, E10 và xăng pha cồn pha phụ gia E5+PG và E10+PG so với xăng RON95 nguyên bản được thể hiện trên Bảng 1. Có thể thấy, so với xăng E0 thì E5, E10, E5+PG và E10+PG có mức giảm tiêu hao nhiên liệu trung bình khá ấn tượng, lần lượt là 8,4%, 3,9%, 19,5% và 12,2%. Như vậy, phụ gia giúp giảm đáng kể tiêu hao nhiên liệu.

Bảng 1. Mức giảm tiêu hao nhiên liệu so với xăng E0 (%)

Tải (% Memax)	E5	E10	E5+PG	E10+PG
0	12,2	8,3	22,0	10,4
25	6,2	1,6	14,5	9,4
50	9,6	5,6	19,5	14,6
75	5,7	0,0	21,9	14,3
Tính trung bình	8,4	3,9	19,5	12,2



Hình 4. Nồng độ phát thải CO của động cơ ở các chế độ tải ứng với các mẫu nhiên liệu

Bảng 2. Mức giảm phát thải CO so với xăng E0 (%)

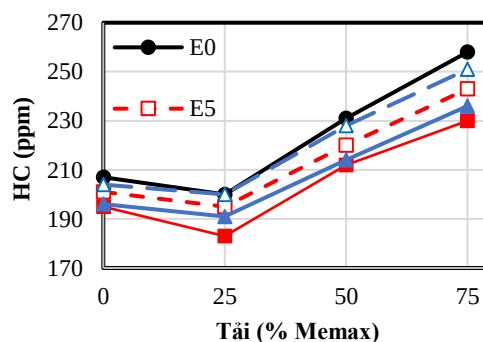
Tải (% Memax)	E5	E10	E5+PG	E10+PG
0	5,3	-1,3	6,7	5,3
25	3,1	-1,5	6,2	3,1
50	15,0	5,0	16,7	13,3
75	14,0	5,3	21,1	10,5
Tính trung bình	9,4	1,8	12,6	8,1

Hình 4 chỉ ra hàm lượng phát thải CO của động cơ chạy với các mẫu nhiên liệu E0, E5, E10, E5+PG và E10+PG. Có thể thấy, so với xăng E0 thì E5, E10, E5+PG và E10+PG có hàm lượng phát thải CO thấp hơn, trong đó E5+PG có hàm lượng phát thải CO thấp nhất. Điều này được thấy rõ trên Bảng 2 chỉ ra xăng E5, E10, E5+PG và E10+PG có mức giảm phát thải CO trung bình so với E0 lần lượt là 9,4%, 1,8%, 12,6% và 8,1%. Như vậy, xăng E5+PG có mức giảm CO lớn nhất, 12,6%, giảm so với E5 trung bình 3,2%.

3.3. Phát thải HC

Hình 5 thể hiện hàm lượng phát thải HC của động cơ chạy với các mẫu nhiên liệu E0, E5, E10, E5+PG và E10+PH. Có thể thấy, so với xăng E0 thì E5, E10,

E5+PG và E10+PG có hàm lượng phát thải HC thấp hơn, trong đó E5+PG có hàm lượng phát thải HC thấp nhất. Điều này được thấy rõ trên Bảng 3. Theo số liệu trong bảng, xăng E5, E10, E5+PG và E10+PG có mức giảm phát thải HC trung bình so với E0 lần lượt là 4,0%, 1,4%, 8,3% và 6,4%. Như vậy, xăng E5+PG có mức giảm HC lớn nhất, 8,3%, và giảm so với E5 trung bình là 4,3%.

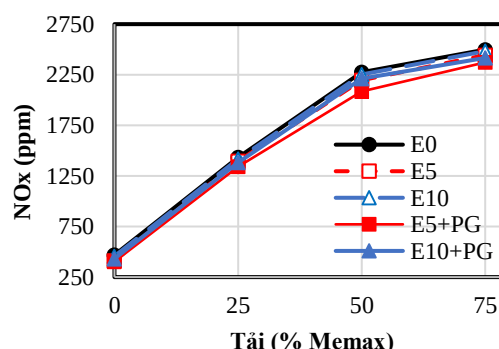


Hình 5. Nồng độ phát thải HC của động cơ ở các chế độ tải ứng với các mẫu nhiên liệu

Bảng 3. Mức giảm phát thải HC so với xăng E0 (%)

Tải (% Memax)	E5	E10	E5+PG	E10+PG
0	2,9	1,4	5,8	5,3
25	2,5	0,0	8,5	4,5
50	4,8	1,3	8,2	7,4
75	5,8	2,7	10,9	8,5
Tính trung bình	4,0	1,4	8,3	6,4

3.4. Phát thải NOx



Hình 6. Nồng độ phát thải NOx của động cơ ở các chế độ tải ứng với các mẫu nhiên liệu

Các đồ thị Hình 6 chỉ ra hàm lượng phát thải NOx của động cơ chạy với các mẫu nhiên liệu E0, E5, E10,

E5+PG và E10+PH. Có thể thấy, so với xăng E0 thì E5, E10, E5+PG và E10+PG có hàm lượng phát thải HC thấp hơn, tuy nhiên sự chênh lệch không nhiều lắm, trong đó E5+PG có hàm lượng phát thải NO_x thấp nhất. Điều này được thấy rõ trên Bảng 3. Theo số liệu trong bảng, xăng E5, E10, E5+PG và E10+PG có mức giảm phát thải NO_x trung bình so với E0 lần lượt tương ứng là 5,1%, 1,3%, 8,5% và 4,4%. Như vậy, xăng E5+PG có mức giảm NO_x lớn nhất, 8,5%, và giảm so với E5 trung bình là 3,4%.

Bảng 4. Mức giảm phát thải NO_x so với xăng E0 (%)

Tải (% Memax)	E5	E10	E5+PG	E10+PG
0	12,2	2,6	14,1	7,9
25	2,6	1,0	6,4	3,5
50	3,5	1,0	8,4	2,8
75	2,2	0,6	5,0	3,3
Tính trung bình	5,1	1,3	8,5	4,4

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm sử dụng phụ gia nitroparaffins cho xăng pha cồn ethanol E5 và E10 đã khẳng định được rằng phụ gia nitroparaffins giúp giảm đáng kể tiêu hao nhiên liệu và phát thải CO, HC, NO_x của động cơ. Xăng E5 pha phụ gia có mức giảm tiêu hao nhiên liệu và phát thải tốt nhất, mức giảm trung bình về tiêu hao nhiên liệu và phát thải CO, HC, NO_x so với E5 không pha phụ gia lần lượt là 11,1%, 3,2%, 4,3% và 3,4%. Nếu so với xăng RON95 thì xăng E5+PG có mức giảm trung bình về tiêu hao nhiên liệu và phát thải CO, HC, NO_x tương ứng là 19,5%, 12,6%, 8,3% và 8,5%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Volkan Ş. et al. (2007), *Fossil fuel sustainability index: An application of resource management*, Energy Policy, Vol.35, pp.2969-2977.
- [2] A. Fayyazbakhsh, M. L. Bell, X. Zhu, Xueyi Mei, Marek Koutný, N. Hajinajaf, Y Zhang (2022), *Engine emissions with air pollutants and greenhouse gases and their control technologies*, Journal of Cleaner Production, Vol.376, 134260.
- [3] Qiang Guo, Jie Liu, Binyang Wu, Yize Liu (2022), *On the optimization of the double-layer combustion chamber with and without EGR of a diesel engine*, Energy, Vol.247, 123486.
- [4] Y. S.M. Altarazi, Abd R.A. Talib, J. Yu, Ezanee Gires, Mohd F.A. Ghafir (2022), *Effects of biofuel on engines performance and emission characteristics: A review*, Energy, Vol.238, 121910.
- [5] G. Siddartha, Ch. S. Ramakrishna, P. K. Kujur, Y. Anupam Rao, Nishit Dalela, A. Yadav, A. Sharma (2022), *Effect of fuel additives on internal combustion engine performance and emissions*, Materials Today: Proceedings, Vol.63, A9-A14.
- [6] H. Burtscher, et. al. (1999), *The effect of fuel additives on diesel engine particulate emissions*, Journal of Aerosol Science, Vol.30, pp.851-852
- [7] Z. Prelec, T. Mrakovčić, V. Dragičević (2013), *Performance study of fuel oil additives in real power plant operating conditions*, Fuel Processing Technology, Vol.110, pp.176-183.
- [8] F. Frusteri, L. Spadaro, C. Beatrice and C. Guido (2007), *Oxygenated additives production for diesel engine emission improvement*, Chemical Engineering Journal, Vol.134-1-3, pp.239-245.
- [9] Gong Yanfeng, et. al. (2007), *A new diesel oxygenate additive and its effects on engine combustion and emissions*, Applied Thermal Engineering, Vol.27-1, pp.202-207.
- [10] C.Y. Lin and K.H. Wang (2004), *Effects of an oxygenated additive on the emulsification characteristics of two- and three-phase diesel emulsions*, Fuel, Vol.83, pp.507-515.
- [11] Heejung Jung, et al. (2005), *The influence of a cerium additive on ultrafine diesel particle emissions and kinetics of oxidation*, Combustion and Flame, Vol.142-3, pp.276-288.
- [12] ANGUS Chemical Company (2000), *The nitroparaffins*, Technical Data Sheet.
- [13] Hoàng Đình Long (2013), *Nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu động cơ ô tô bằng phụ gia Nitroparaffins*, Tạp chí Giao thông vận tải Số tháng 5/2013.

Ngày nhận bài:	15/10/2022
Ngày nhận bản sửa:	26/10/2022
Ngày duyệt đăng:	08/11/2022