

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC BỔ SUNG KHÔNG KHÍ TRÊN ĐƯỜNG THẢI TỚI CÁC TÍNH NĂNG KINH TẾ, KỸ THUẬT, PHÁT THẢI VÀ HIỆU QUẢ CHUYỂN ĐỔI CỦA BỘ XÚC TÁC BA THÀNH PHẦN TRANG BỊ TRÊN ĐỘNG CƠ XE MÁY

EFFECT OF AIR INJECTION INTO EXHAUST MANIFOLD TO SPECIFICATIONS, EMISSIONS AND EFFICIENCY OF THREE WAY CATALYST EQUIPPED IN MOTOBIKE ENGINE USING CABURATOR

Nguyễn Duy Tiến<sup>1,\*</sup>, Khổng Vũ Quảng<sup>1</sup>, Nguyễn Thế Lương<sup>1</sup>, Phạm Hữu Tuyến<sup>1</sup>, Nguyễn Thế Trực<sup>1</sup>, Bùi Văn Chinh<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Theo đặc tính lý tưởng của bộ chế hòa khí, đa phần động cơ thường làm việc tại các chế độ có hòa khí đậm (hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  nhỏ hơn 1). Hòa khí đậm không những dẫn tới hàm lượng phát thải CO, HC cao mà còn là một trong những yếu tố hạn chế khả năng trang bị bộ xúc tác ba thành phần (BXT) trên các động cơ sử dụng bộ chế hòa khí (hiệu suất chuyển đổi các thành phần phát thải của bộ xúc tác thấp). Bài báo trình bày ảnh hưởng của việc bổ sung không khí trên đường thải tới các tính năng kỹ thuật, phát thải và hiệu quả chuyển đổi của BXT trang bị trên động cơ xe máy sử dụng bộ chế hòa khí. Kết quả cho thấy, khi bổ sung hợp lý lượng không khí trên đường thải không những giúp cung cấp thêm oxy cho các phản ứng oxy hóa trên đường thải mà còn cải thiện môi trường oxy hóa giúp tăng hiệu quả xử lý các thành phần phát thải CO, HC trong BXT. Kết quả thử nghiệm cho thấy với lượng không khí bổ sung trên đường thải sao cho duy trì hệ số dư lượng không khí bằng một, thì các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của động cơ thay đổi không nhiều trong khi đó phát thải của động cơ cũng như hiệu suất của BXT được cải thiện đáng kể (hiệu suất chuyển đổi của CO tăng 39,54%, HC tăng 24,89%).

**Từ khóa:** Bổ sung không khí, bộ xúc tác ba thành phần, giảm phát thải.

## ABSTRACT

According to the ideal characteristics of the carburetor, most engines usually work in the mode of rich-mixture (equivalence ratio  $\lambda$  is less than 1). Rich-mixture not only leads to high level of CO and HC emissions but also is one of the factors limiting the ability to operate the Three Way Catalysts (TWC) on engines using carburetors (low emission components conversion efficiency by the TWC). This paper presents the effect of air additions on the exhaust path to the technical features, emissions and conversion efficiency of the TWC equipped on motorcycle engines using carburetors. The results show that the proper addition of air to the exhaust path will not only help provide more oxygen for the oxidation reactions, but also improve the oxidizing environment to increase the efficiency of handling CO and HC emission components in the TWC. The results illustrate that with the amount of additional air on the exhaust path so that  $\lambda$  remains equal to stoichiometric value, the engine economic-technical parameters have no significant changes while engine emissions as well as the catalyst performance were significantly improved (conversion efficiency of CO increased by 39.54%, HC increased by 24.89%).

**Keywords:** Air injection, three way catalyst, emission reducing.

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Đại Công nghiệp Hà Nội

\*Email: tien.nguyenduy@hust.vn

Ngày nhận bài: 25/9/2019

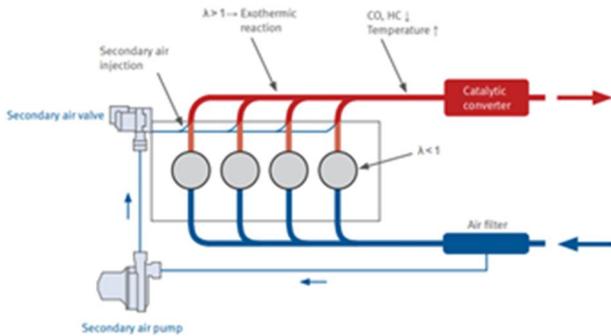
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/11/2019

Ngày chấp nhận đăng: 20/12/2019

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Bổ sung không khí trên đường thải là phương pháp giảm phát thải độc hại dựa trên nguyên tắc cung cấp thêm oxy nhằm cải thiện quá trình oxy hóa HC và CO trên đường thải [1]. Trong lịch sử kiểm soát phát thải động cơ đốt trong, có thể coi đây là một trong những phương pháp đơn giản nhất giúp động cơ có thể đáp ứng được các tiêu chuẩn phát thải ở mức thấp (EURO1, EURO2) khi mà việc sử dụng các bộ xử lý khí thải chưa được áp dụng rộng rãi [2]. Việc bổ sung thêm không khí vào trong đường thải lần đầu được thử nghiệm bởi Chrysler, một nhà sản xuất ô tô của Mỹ, vào năm 1966. Nhưng mãi cho đến cuối những năm 1970, khi mà tiêu chuẩn khí thải trở nên khắt khe hơn, hệ thống bổ sung thêm không khí mới trở nên phổ biến hơn. Hệ thống bổ sung thêm không khí trên đường thải được sử dụng với nhiều tên khác nhau đối với mỗi nhà sản xuất như American Motor

gọi là Air Guard, Chrysler gọi là Air Injection System (AIS), Ford là Thermactor Air Injection System (TAIS) và General Motor gọi là Air Injection Reactor (AIR). Dù có nhiều tên gọi khác nhau nhưng hầu hết các hệ thống đều có cấu tạo cơ bản là giống nhau, bao gồm hệ thống bơm để bơm không khí sau đó qua vòi phun đi vào đường thải động cơ (hình 1). Với việc bổ sung thêm không khí sẽ giúp cải thiện môi trường oxy hóa trên đường thải cũng như trong bộ xúc tác, từ đó giúp cải thiện các phản ứng oxy hóa CO, HC trong khí thải [3, 4].



Hình 1. Sơ đồ hệ thống bổ sung không khí AIS

Các hệ thống bổ sung không khí thường được trang bị nhằm cải thiện phát thải CO, HC của động cơ ở chế độ tải nhỏ, lượng không khí bổ sung được điều chỉnh thông qua áp suất chân không trên đường ống nạp do vậy khó kiểm soát môi trường oxy hóa khử trên đường thải do đó không phát huy tốt hiệu quả giảm phát thải của động cơ khi được trang bị bộ xúc tác ba thành phần.

Xuất phát từ những lý do nêu trên, nội dung bài báo hướng tới việc xác định lượng không khí cần thiết, bổ sung trên đường thải theo các chế độ làm việc của động cơ và đánh giá ảnh hưởng của việc bổ sung này tới các tính năng kinh tế, kỹ thuật, phát thải và hiệu suất chuyển đổi các thành phần khí thải độc hại trên động cơ xe máy sử dụng hệ thống nhiên liệu bộ chế hòa khí. Quá trình thử nghiệm được tiến hành tại Trung tâm Nghiên cứu động cơ, nhiên liệu và khí thải, Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

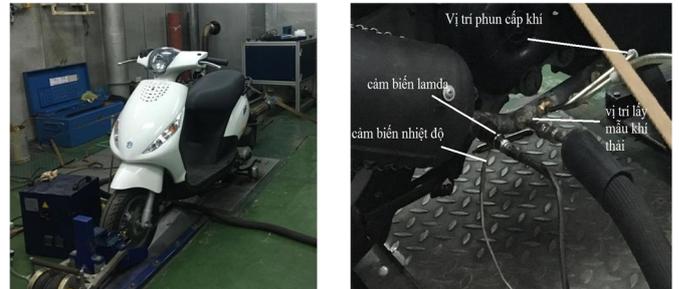
**2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU**

**2.1. Trang thiết bị thử nghiệm**

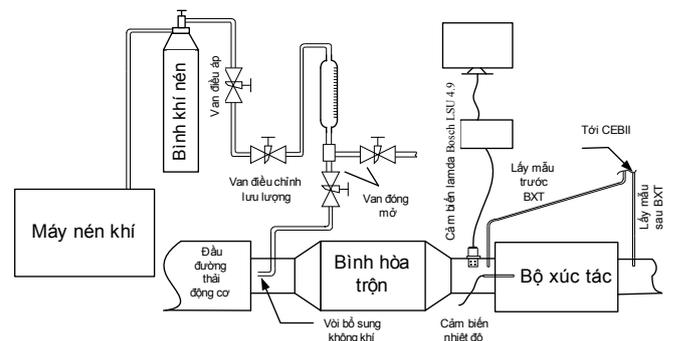
Quá trình thử nghiệm được tiến hành trong phòng thử xe máy CD 20" (hình 2). Bao gồm các thiết bị chính như hệ thống lấy mẫu khí thải với thể tích không đổi CVS (Constant Volume Sampler), tủ phân tích khí thải CEB II, thiết bị cân khối lượng nhiên liệu AVL fuel balance 733S. Bể thử động lực học chassis dynamometer 20".

Hệ thống cung cấp khí có sơ đồ như trong hình 3. Trong đó, không khí sạch có áp suất khoảng 7bar sẽ được cấp từ máy nén vào bình khí nén, không khí từ bình khí nén được dẫn qua van điều áp với áp suất được giữ ổn định ở 2,5bar, lượng không khí bổ sung được điều chỉnh thông qua van tiết lưu, lưu lượng sẽ được thể hiện trên lưu lượng kế. Không khí sẽ được bổ sung vào đường thải ngay sau cổ thải

nhằm đảm bảo nhiệt độ của các phản ứng oxy hóa cũng như giúp tăng mức độ đồng nhất của hỗn hợp không khí - khí thải, độ đồng nhất của hỗn hợp khí còn được cải thiện sau khi đi qua bình hòa trộn, tiếp theo hỗn hợp khí sẽ được đưa qua BXT, cảm biến λ được bố trí ngay phía trước BXT, hiệu quả chuyển đổi của BXT được xác định thông qua sự thay đổi hàm lượng phát thải từ hai đầu lấy mẫu khí thải đặt phía trước và phía sau BXT.



Hình 2. Sơ đồ hệ thống thử nghiệm



Hình 3. Sơ đồ hệ thống cung cấp không khí

**2.2. Đối tượng thử nghiệm**

Đối tượng sử dụng trong thử nghiệm là xe Piaggio Zip 100 của hãng Piaggio. Các thông số cơ bản của động cơ như: kiểu động cơ 4 kỳ một xylanh; dung tích 96 cm<sup>3</sup>, tỷ số nén 11,1 và đặc biệt đây là động cơ sử dụng hệ thống nhiên liệu bộ chế hòa khí nhưng đã trang bị BXT trên đường thải.

**2.3. Quy trình thử nghiệm và chế độ thử nghiệm**

Quá trình thử nghiệm được tiến hành theo ba bước như sau:

Bước 1: Đánh giá tính khả thi của việc bổ sung không khí trên đường thải động cơ

Bước 2: Xác định lượng không khí bổ sung phù hợp

Bước 3: Thực nghiệm đối chứng trong các trường hợp có bổ sung không khí với lượng phù hợp xác định ở bước 2 và trường hợp nguyên bản của xe.

Bảng 1. Các chế độ thử nghiệm

Tốc độ n (km/h)	Tải (%)		
	25	50	75
20		-	-
30			-
40			

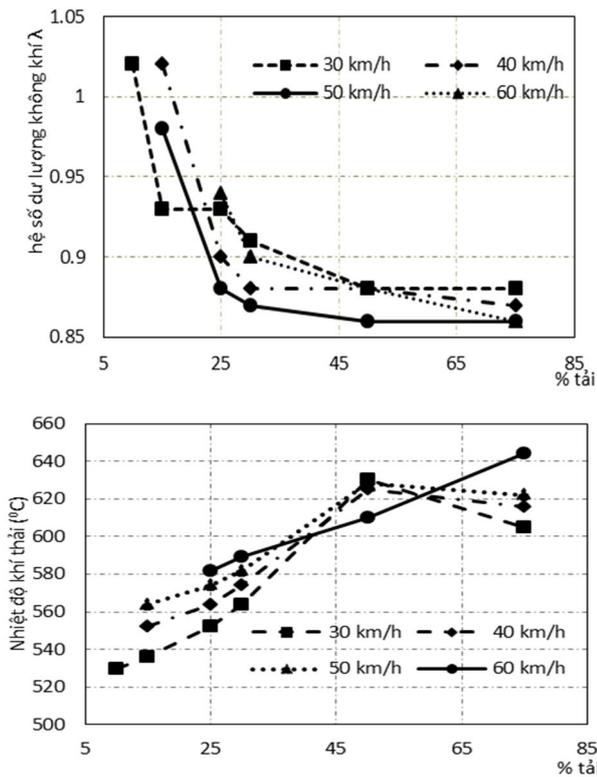
50			
60	-		
70	-		
80	-	-	

Thử nghiệm được thực hiện tại các chế độ ổn định theo các đường đặc tính tốc độ tại 25%, 50% và 75% độ mở bướm ga (bảng 1).

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Đánh giá tính khả thi của việc bổ sung không khí

Việc bổ sung không khí chỉ có ý nghĩa khi đáp ứng đồng thời hai điều kiện: hòa khí của động cơ có hệ số dư lượng không khí  $\lambda < 1$  và nhiệt độ khí thải lớn hơn  $350^\circ\text{C}$  nhằm đáp ứng yêu cầu làm việc của BXT [5]. Để xác định miền làm việc này cần thiết phải khảo sát tỷ lệ hòa khí ( $\lambda$ ) và nhiệt độ khí thải của động cơ theo các chế độ làm việc.



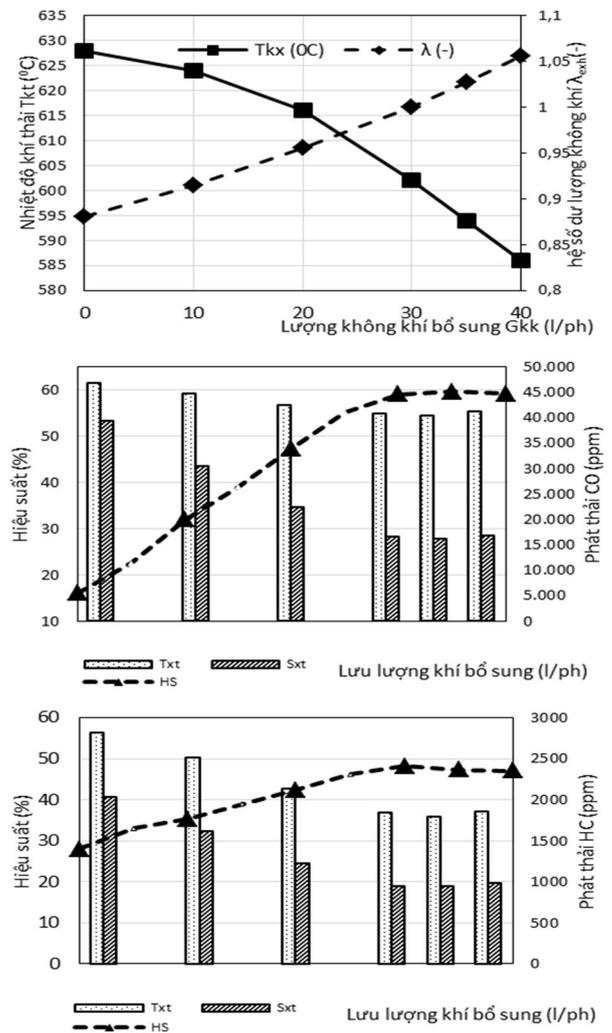
Hình 4. Đường đặc tính hệ số dư lượng không khí và nhiệt độ khí thải theo các chế độ làm việc

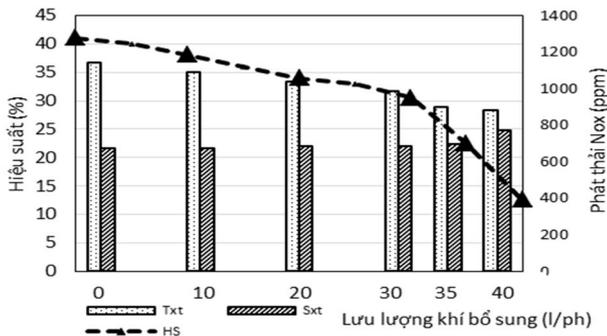
Hình 4 thể hiện đặc tính hòa khí của bộ chế hòa khí và nhiệt độ khí thải theo các đường đặc tính tải của xe tại các tốc độ 30, 40, 50 và 60km/h (% tải được đặc trưng bởi % độ mở bướm ga). Kết quả cho thấy, khi độ mở bướm ga từ 20% trở lên thì tại mọi tốc độ làm việc của động cơ hệ số dư lượng không khí  $\lambda$  đều nhỏ hơn 1. Trong khi đó, nhiệt độ của khí thải ở tất cả các chế độ làm việc của động cơ đều lớn hơn  $350^\circ\text{C}$ . Như vậy, kết hợp cả hai yếu tố hòa khí  $\lambda$  và nhiệt độ khí thải có thể thấy từ vị trí 20% tải trở lên hoàn toàn có thể bổ sung thêm không khí trên đường thải mà vẫn đảm bảo nhiệt độ khí thải đủ lớn để BXT phát huy hiệu quả xử lý đối với các thành phần phát thải.

#### 3.2. Xác định lượng không khí bổ sung

Hình 5 thể hiện đặc tính về hệ số dư lượng không khí trên đường thải ( $\lambda_{\text{exh}}$ ), nhiệt độ khí thải, hàm lượng phát thải và hiệu suất của BXT khi thay đổi lượng không khí bổ sung tại tốc độ 50km/h, 50% độ mở bướm ga. Kết quả cho thấy, với lưu lượng khí bổ sung là 30 (l/ph) thì  $\lambda_{\text{exh}} = 1$ . Khi tăng lưu lượng khí bổ sung, nhiệt độ khí thải giảm tuy nhiên vẫn đảm bảo lớn hơn  $350^\circ\text{C}$  để đảm bảo miền nhiệt độ làm việc hiệu quả của BXT. Khi bổ sung không khí, hàm lượng các phát thải trước BXT có xu hướng giảm, nguyên nhân có thể do việc bổ sung không khí ngoài hỗ trợ các phản ứng ô xy hóa trên đường thải còn làm khí thải có xu hướng bị pha "loãng". Hiệu suất chuyển đổi của BXT với các thành phần CO, HC tăng nhanh từ chế độ nguyên bản tới lưu lượng  $G_{\text{bx}} = 30\text{l/ph}$  ( $\lambda_{\text{exh}} = 1$ ) sau đó hiệu suất chuyển đổi gần như không đổi hoặc tăng chậm. Đối với thành phần  $\text{NO}_x$  với vùng không khí bổ sung có  $\lambda_{\text{exh}} > 1$  hiệu suất chuyển đổi có xu hướng giảm mạnh.

Từ những phân tích trên có thể thấy với lượng không khí bổ sung sao cho  $\lambda_{\text{exh}} = 1$  sẽ đảm bảo hài hòa hiệu suất chuyển đổi của BXT với cả ba thành phần phát thải. Do vậy tại các chế độ khảo sát tiếp theo lưu lượng khí bổ sung được điều chỉnh sao cho  $\lambda_{\text{exh}} = 1$ .

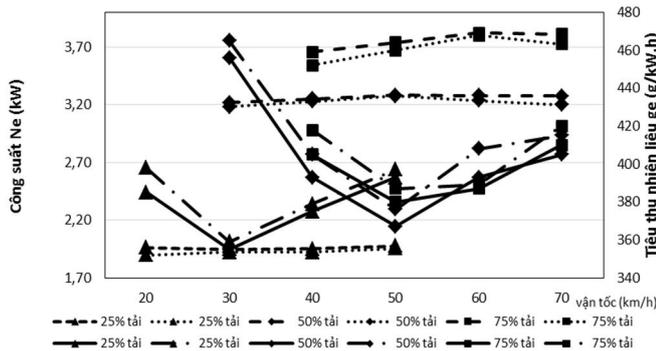




Hình 5. Đường đặc tính hệ số dư lượng không khí trên đường thải  $\lambda_{exh}$  và nhiệt độ khí thải theo các chế độ làm việc

**3.3. Ảnh hưởng của bổ sung không khí tới các tính năng kinh tế kỹ thuật của động cơ và hiệu quả chuyển đổi của BXT**

**3.3.1. Công suất và suất tiêu thụ nhiên liệu**



Hình 6. Công suất và suất tiêu thụ nhiên liệu động cơ khi có và không bổ sung không khí

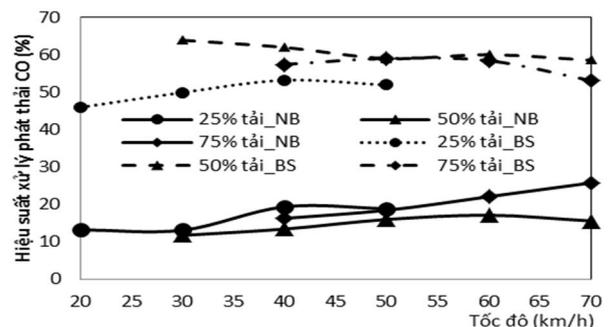
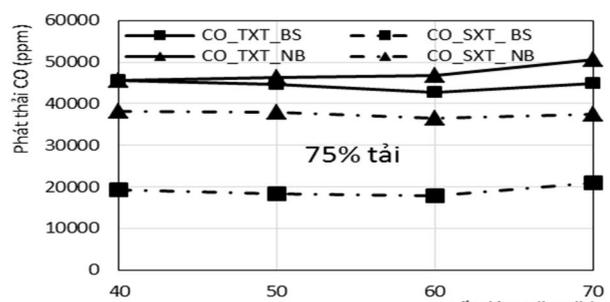
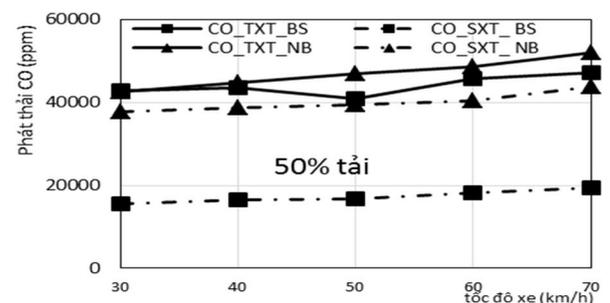
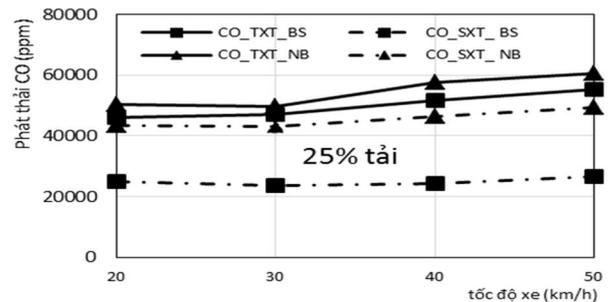
Hình 6 thể hiện công suất, suất tiêu thụ nhiên liệu tại 25, 50 và 75% tải trong hai trường hợp nguyên bản và khi bổ sung thêm không khí trên đường thải với lưu lượng được điều chỉnh sao cho  $\lambda_{exh} = 1$ . Kết quả cho thấy, so với trường hợp nguyên bản, khi bổ sung thêm không khí công suất động cơ có xu hướng giảm và suất tiêu hao nhiên liệu có xu hướng tăng lên. Nguyên nhân có thể do khi bổ sung thêm không khí sẽ làm tăng áp suất trên đường thải dẫn tới tăng công thải của động cơ. Mặt khác áp suất đường thải tăng cũng làm tăng lượng khí sót, giảm lượng khí nạp mới trong xylanh động cơ [6]. Xét trung bình trên cả ba đường đặc tính, khi có bổ sung không khí trên đường thải công suất động cơ giảm 1,67%, suất tiêu thụ nhiên liệu tăng 2,18% so với trường hợp nguyên bản.

**3.3.2. Ảnh hưởng của việc bổ sung không khí trên đường thải tới phát thải và hiệu quả làm việc BXT ba thành phần**

**a) Phát thải CO**

Hình 7 thể hiện hàm lượng phát thải CO trước (TXT) và sau BXT (SXT) cũng như hiệu suất xử lý phát thải CO của BXT trong hai trường hợp nguyên bản (NB) và có bổ sung (BS) thêm không khí (với lượng không khí được điều chỉnh sao cho  $\lambda_{exh} = 1$ ) tại các đặc tính 25%, 50% và 75% tải. Có thể nhận thấy việc bổ sung không khí giúp tăng cường môi

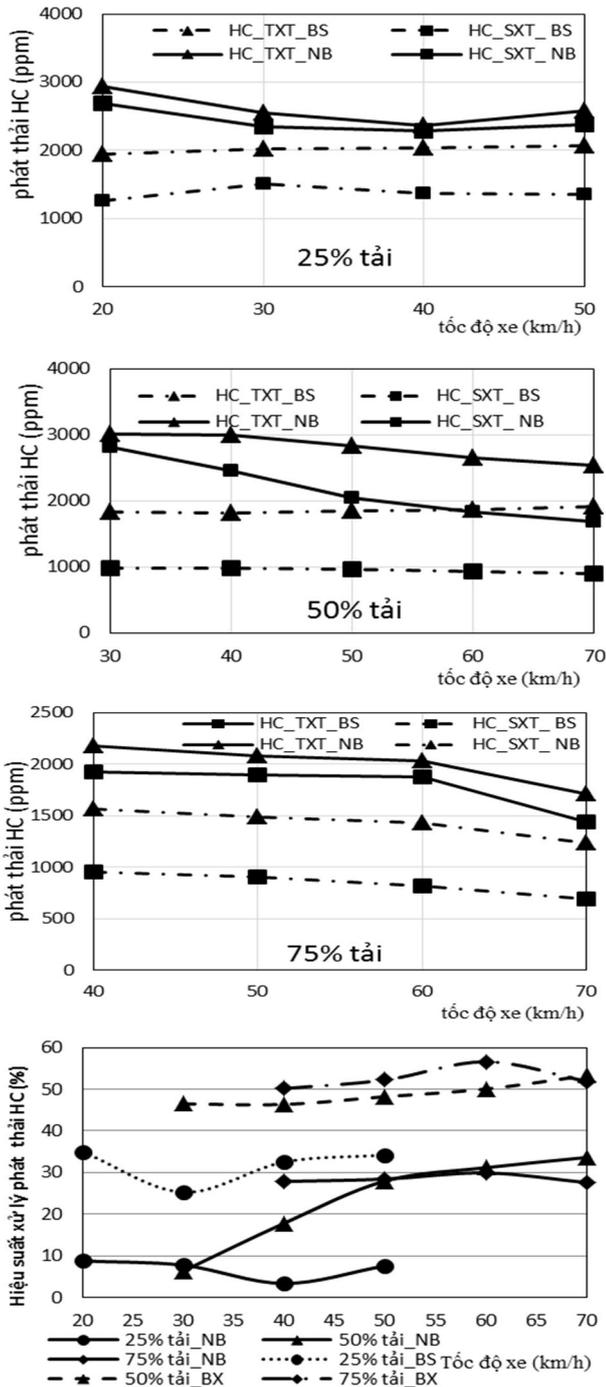
trường oxy hóa, kết hợp với điều kiện nhiệt độ khí thải cao, dẫn tới làm tăng hiệu quả các phản ứng oxy hóa CO, ngay trên đường thải (trước BXT). Kết quả từ hình 7 cho thấy, so với trường hợp nguyên bản, khi bổ sung không khí hàm lượng CO trước BXT trung bình trên cả ba đặc tính giảm 6,69%. Có thể nhận thấy hàm lượng CO trước BXT giảm không nhiều vì về bản chất hàm lượng CO giảm không chỉ do phản ứng oxy hóa trên đường thải mà một phần còn do khi bổ sung thêm một lượng không khí cũng làm "loãng" hàm lượng các thành phần phát thải trong khí thải động cơ. Đối với BXT, do môi trường oxy hóa được cải thiện nên giúp tăng hiệu suất xử lý phát thải CO. Trung bình trên cả ba đặc tính hiệu suất chuyển đổi CO tăng từ 17,23% (nguyên bản - NB) lên 56,77% (khi bổ sung - BS).



Hình 7. Hiệu suất chuyển đổi và hàm lượng phát thải CO

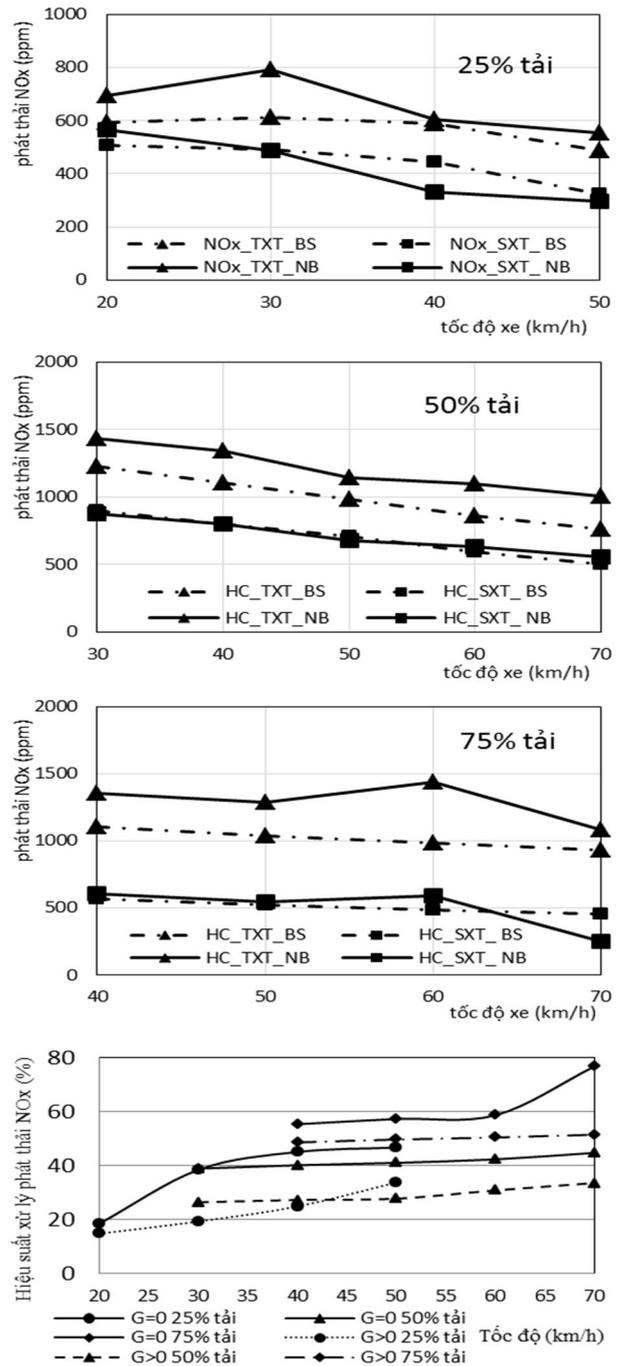
b) Phát thải HC

Hình 8 thể hiện hàm lượng phát thải HC và hiệu suất xử lý phát thải HC của BXT trong hai trường hợp. Tương tự như với phát thải CO, phát thải HC trước BXT có xu hướng giảm khi có bổ sung không khí trên đường thải. Cũng như phát thải CO, hiệu suất xử lý HC của BXT có xu hướng tăng lên trong trường hợp có bổ sung không khí. Cụ thể, trung bình trên cả ba đặc tính so với trường hợp NB phát thải HC (trước BXT) khi có BS thêm không khí giảm 22,23%, hiệu suất chuyển đổi của BXT tăng từ 19,59% (trường hợp NB) lên 44,48% (trường hợp BS).



Hình 8. Hiệu suất chuyển đổi và hàm lượng phát thải HC

c) Phát thải NOx



Hình 9. Hiệu suất chuyển đổi và hàm lượng phát thải NO<sub>x</sub>

Hàm lượng phát thải và hiệu suất xử lý phát thải NO<sub>x</sub> của BXT trong hai trường hợp NB và khi BS không khí được thể hiện trong hình 9. Kết quả cho thấy, phát thải NO<sub>x</sub> ở phía trước BXT giảm khá mạnh, tới 17,34% so với trường hợp NB. Nguyên nhân có thể do ngoài một phần khí thải được làm loãng, việc bổ sung thêm không khí trên đường thải sẽ làm tăng áp suất thải, do đó làm tăng tỷ lệ luân hồi nội tại - yếu tố làm giảm phát thải NO<sub>x</sub> của động cơ [7].

Trong khi đó, hiệu suất xử lý phát thải NO<sub>x</sub> có xu hướng giảm trong trường hợp có BS thêm không khí. Điều này có

thể lý giải do sự giảm hàm lượng CO, HC, những môi chất trung gian trong phản ứng khử, cũng như lưu lượng khí hỗn hợp, tỷ lệ oxy trong khí thải tăng sẽ làm giảm môi trường khử trong BXT. Cụ thể, trung bình trên cả ba đặc tính hiệu suất chuyển đổi NOx giảm từ 46,93% (trường hợp NB) xuống 34,1% (khi có BS không khí).

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy bổ sung không khí trên đường thải là phương pháp đơn giản nhưng khá hiệu quả trong việc giảm phát thải độc hại, nâng cao hiệu suất của BXT trên các động cơ xe máy sử dụng bộ chế hòa khí. Cụ thể, khi bổ sung thêm không khí trên đường thải sao cho  $\lambda_{\text{exh}} = 1$ , các tính năng kỹ thuật của động cơ thay đổi không nhiều (công suất của động cơ giảm 1 - 2%, suất tiêu hao nhiên liệu tăng 1,5 - 3%). Trong khi đó, hiệu suất xử lý của bộ xúc tác ba thành phần đối với phát thải CO và HC có xu hướng tăng còn NOx có xu hướng giảm nhẹ, hiệu suất xử lý CO tăng 35 - 45%, hiệu suất xử lý HC tăng 25%, hiệu suất xử lý NOx giảm 12 - 14%. Từ các kết quả đạt được sẽ là tiền đề để nhóm nghiên cứu tiếp tục thực hiện các bước nghiên cứu tiếp theo trong việc chế tạo hoàn thiện hệ thống tự động bổ sung không khí phù hợp với chế độ làm việc của động cơ.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Dongkun Lee, 2010. *Effects of Secondary Air Injection During Cold Start of SI Engines*. Doctor of philosophy at the Massachusetts Institute of Technology.
- [2]. <http://what-when-how.com/automobile/air-injection-system-automobile/>.
- [3]. K. V. N. Srinivasa Rao, G. Venkat Reddy, 2008. *Effect of secondary air injection on the combustion efficiency of sawdust in a fluidized bed combustor*. Brazilian Journal of Chemical Engineering, Vol. 25, No. 01, pp. 129 - 141.
- [4]. Jitendra Kedar, Vishal Kevat, 2016. *Experimental Investigation on Emission Control by Secondary Air Injection System and by HC Sensor In 4 Stroke Diesel Engines*. IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering, Vol. 2, Issue 10.
- [5]. Z.R. Ismagilov, R.A. Shkrabina, N.A. Koryabkina, D.A. Arendarskii, 1998. *Catalysis and Automotive Pollution Control, vol. IV*. Elsevier, Amsterdam, pp. 507-511.
- [6]. Phạm Minh Tuấn. *Lý thuyết Động cơ đốt trong*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [7]. Phạm Minh Tuấn, 2013. *Khí thải động cơ và ô nhiễm môi trường*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [8]. Z. Recebli et al, 2015. *Biogas production from animal manure*. Journal of Engineering Science and Technology Vol. 10, No. 6, pp 722.729, School of Engineering, Taylor's University.

---

#### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Duy Tien<sup>1</sup>, Khong Vu Quang<sup>1</sup>, Nguyen The Luong<sup>1</sup>,  
Pham Huu Tuyen<sup>1</sup>, Nguyen The Truc<sup>1</sup>, Bui Van Chinh<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Hanoi University of Science and Technology

<sup>2</sup>Hanoi University of Industry