

Nghiên cứu giảm phát thải và nâng cao hiệu quả của bộ xúc tác khí thải ba thành phần trang bị trên xe máy sử dụng bộ chế hòa khí bằng phương pháp bổ sung không khí trên đường thải

Research of Emission Reduction and Efficiency Improvement of Three Way Catalyst Equipped on Carburetor Motorcycles Using Air Injection on Exhaust Manifold

Nguyễn Duy Tiến, Khổng Vũ Quảng, Phạm Hữu Tuyển, Nguyễn Thế Lương*

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

Đến Tòa soạn: 14-01-2019; chấp nhận đăng: 16-9-2019

Tóm tắt

Việc bổ sung không khí trên đường thải từ lâu đã được coi là giải pháp hiệu quả nhằm tận dụng nhiệt khí thải để tăng cường các phản ứng oxy hóa trên đường thải. Ngoài ra việc bổ sung thêm không khí sẽ khắc phục những hạn chế khí trang bị bộ xử lý khí thải ba thành phần (BXT) trên động cơ xăng sử dụng hệ thống nhiên liệu bộ chế hòa khí khi nó giúp cải thiện môi trường oxy hóa trong BXT từ đó nâng cao hiệu suất chuyển đổi các thành phần phát thải CO, HC. Trong bài báo này nhóm tác giả sẽ trình bày những đánh giá về ảnh hưởng của việc bổ sung không khí trên đường thải tới các tính năng kinh tế, kỹ thuật và phát thải của động cơ cũng như hiệu suất chuyển đổi các thành phần phát thải độc hại của BXT. Kết quả cho thấy khi lượng không khí bổ sung được điều chỉnh sao cho hệ số dư lượng không khí (λ) trên đường thải duy trì bằng 1, các chỉ tiêu kinh tế- kỹ thuật của động cơ ít thay đổi (công suất giảm 1,67%, suất tiêu thụ nhiên liệu tăng 2,18%) trong khi đó phát thải và hiệu suất của BXT được cải thiện đáng kể (hiệu suất chuyển đổi thành phần phát thải CO và HC tăng mạnh).

Từ khóa: Bổ sung không khí, BXT ba thành phần, xử lý khí thải.

Abstract

Adding air into the engine exhaust has long been considered an effective method to utilize heat to enhance the oxidation reaction in the exhaust manifold. Moreover, the addition air will overcome the limitations of using the Three Way Catalyst (TWC) for gasoline engine equipped with carburetor fuel system since it improved the oxidation environment in the catalyst. Consequently improving the conversion efficiency of CO and HC. In this paper, we will evaluate the effect of adding air into the exhaust manifold to engine performance parameters, emissions and conversion efficiency of TWC. The results show that the performance parameters of the engine, addition air were adjusted so that the equivalence ratio (λ) maintaining at approximately 1, do not change much (brake power reduction 1.67%, fuel consumption increase 2.18%). While emissions and conversion efficiency of TWC are significantly improved (conversion efficiency of CO, HC increased sharply).

Keywords: air injection, TWC, emission treatment

1. Đặt vấn đề

Theo thống kê của cục đăng kiểm Việt Nam, hiện nay nước ta có trên 45 triệu xe máy, trong đó phần lớn là các xe trang bị hệ thống nhiên liệu sử dụng bộ chế hòa khí. Hàng năm trung bình có khoảng 3 triệu xe máy được đăng ký mới [1]. Theo phân tích của nhiều chuyên gia trong tương lai gần xe máy vẫn là phương tiện giao thông thiết yếu của đa số người dân do có những ưu điểm như giá thành phù hợp với thu nhập, thuận tiện trong di chuyển đặc biệt là trong các đường, ngõ phố chật hẹp. Ngoài ra hiện nay xe máy còn là phương tiện mưu sinh của số lượng lớn người dân lao động (xe ôm, chuyên chở hàng hóa...).

Ngoài những lợi ích nêu trên, theo báo cáo môi trường quốc gia 2016 xe máy nói riêng cũng như các phương tiện giao thông đường bộ nói chung là tác nhân chính gây ô nhiễm môi trường không khí đặc biệt là tại các thành phố lớn như Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh [2]. Ô nhiễm môi trường không khí là nguyên nhân chủ yếu gây ra các bệnh về hô hấp, tim mạch, suy giảm sức khỏe và năng suất lao động [3]. Nhằm kiểm soát phát thải cho các phương tiện sản xuất và lắp ráp trong nước cũng như các phương tiện nhập khẩu nước ta đã áp dụng tiêu chuẩn EURO2 từ năm 2007 và hiện nay đang áp dụng tiêu chuẩn EURO4 cho ô tô và EURO3 cho xe máy (bắt đầu từ năm 2017).

* Địa chỉ liên hệ: Tel.: (+84) 989787410

Email: tien.nguyenduy@hust.edu.vn

Để giảm thiểu ô nhiễm môi trường cũng như đáp ứng được các tiêu chuẩn khí thải ngày càng cao đòi hỏi ngoài những cải tiến công nghệ liên quan tới động cơ thì việc trang bị thêm hệ thống xử lý khí thải gần như là yêu cầu bắt buộc. Khác với các động cơ phun xăng điện tử, trên các động cơ sử dụng hệ thống nhiên liệu bộ chế hòa khí thì việc trang bị hệ thống xử lý khí thải mà cụ thể là bộ xúc tác khí thải ba thành phần là tương đối khó khăn vì trong quá trình vận hành hệ số dư lượng không khí λ của động cơ có biên độ thay đổi lớn và động cơ thường làm việc ở vùng có hệ số dư lượng không khí λ nhỏ hơn 1 [4]. Chính vì vậy hiệu quả của BXT không cao dẫn tới hàm lượng phát thải độc hại của động cơ sau BXT vẫn rất lớn. Do đó, từ khi tiêu chuẩn EURO3 được áp dụng đã gây ra không ít khó khăn cho các dòng xe máy sử dụng hệ thống nhiên liệu bộ chế hòa khí để có thể đáp ứng được tiêu chuẩn khí thải này.

Tận dụng khí thải có nhiệt độ cao, việc phun bổ sung không khí trên đường thải sẽ không chỉ tăng cường các phản ứng oxy hóa trên đường thải mà còn cải thiện môi trường ô xy hóa do đó cải thiện hiệu suất chuyển đổi các thành phần CO, HC trong BXT. Tuy nhiên nếu bổ sung lượng không khí quá nhiều thì ngoài việc làm tăng áp suất đường thải ảnh hưởng tới quá trình làm việc của động cơ còn làm giảm môi trường khử trong BXT do đó ảnh hưởng tới hiệu quả chuyển đổi thành phần NOx. Chính vì vậy, trong nội dung bài báo này nhóm tác giả hướng tới việc xác định lượng không khí phù hợp bổ sung trên đường thải theo các chế độ làm việc của động cơ cũng như đánh giá ảnh hưởng của việc bổ sung này tới các tính năng kinh tế, kỹ thuật và hiệu suất chuyển đổi các thành phần phát 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 phòng thí nghiệm Động cơ đốt trong, Viện cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

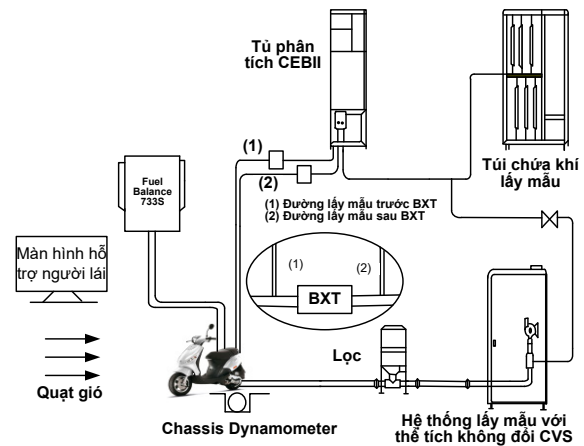
2. Trang thiết bị và đối tượng thử nghiệm

2.1. Trang thiết bị thử nghiệm

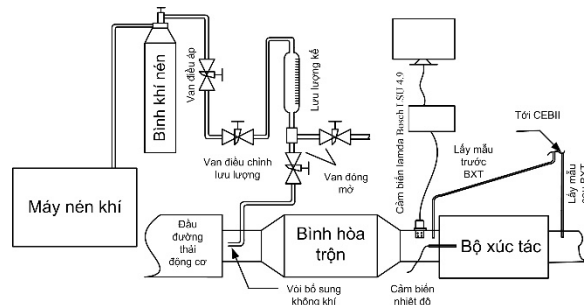
Quá trình thử nghiệm được tiến hành trong phòng thử xe máy CD 20” được trang bị các thiết bị hiện đại, đồng bộ như hệ thống lấy mẫu khí thải với thể tích không đổi CVS (Constant Volume Sampler), tủ phân tích khí thải CEB II, thiết bị cân khối lượng nhiên liệu AVL fuel balance 733S. Bể thử động lực học chassis dynamometer 20”. Quá trình vận hành được hỗ trợ nhờ màn hình hỗ trợ người lái, phát thải của xe được lấy mẫu tại hai điểm 1, 2 (phía trước và sau BXT).

Hệ thống bổ sung không khí có sơ đồ như trong hình 2. Trong đó, không khí sạch có áp suất cao sẽ được cấp từ máy nén khí vào bình khí nén sau đó được dẫn qua van điều áp với áp suất được giữ ổn định ở 2 bar, lượng không khí bổ sung được điều chỉnh phù hợp với chế độ làm việc của động cơ thông qua van điều

chỉnh lưu lượng, lưu lượng đó sẽ được thể hiện trên lưu lượng kế. Vòi phun bổ sung được đặt ngay sau cổ thải, hỗn hợp không khí - khí thải được hòa trộn đồng đều thông qua bình hòa trộn sau đó hỗn hợp này được đưa tới BXT. Các thiết bị đo khác như cảm biến lamđơ (Bosch LSU 4.9), cảm biến nhiệt độ (cảm biến loại K dải đo 0-800⁰C) 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 đo đặt phía trước và phía sau BXT.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống thử nghiệm



Hình 2. Sơ đồ hệ thống cung cấp không khí

2.2. Đối tượng và phương pháp thử nghiệm

Đối tượng sử dụng trong quá trình thử nghiệm là xe máy Zip 100 của hãng Piaggio, đây là một trong những dòng xe máy hiện nay sử dụng hệ thống nhiên liệu bộ chế hòa khí nhưng đã được trang bị bộ xử lý khí thải ba thành phần trên đường thải. Các thông số kỹ thuật của động cơ xe được thể hiện trong bảng 1 [5]:

Bảng 1. Thông số kỹ thuật động cơ xe Zip 100

Thông số	Giá trị
Kiểu động cơ	1 xy lạnh, 4 kỳ
Dung tích xy lạnh	96 cm ³
Đ.kính x H.trình	50 x 49 (mm)
Tỉ số nén	11,1
Công suất tối đa	7,65 kW/8250 v/ph
Mô-men cực đại	6,92 Nm/ 5500v/ph
Hệ thống nhiên liệu	Chế hòa khí

2.4. Quy trình thử nghiệm

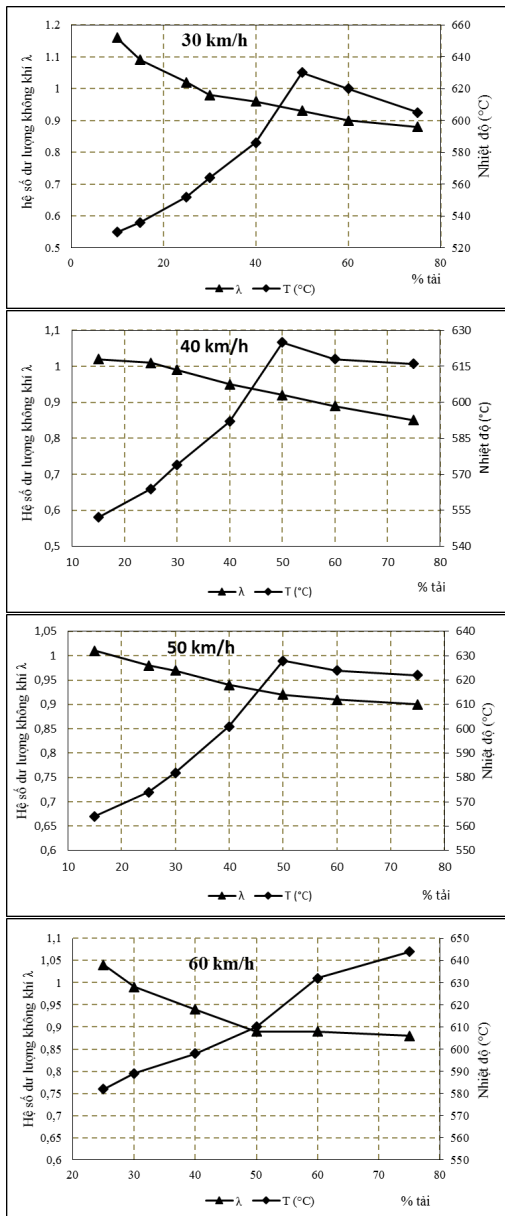
Quá trình thử nghiệm được thực hiện theo các bước sau:

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

Bước 2: Tính toán xác định lượng không khí cần cung cấp

Bước 3: Thực nghiệm theo phương pháp đối chứng trong hai trường hợp có và không có bổ sung không khí trên đường thải động cơ.

2.4.1. Đánh giá tính khả thi của việc bổ sung không khí trên đường thải động cơ



Hình 3. Đường đặc tính hệ số dư lượng không khí và nhiệt độ khí thải theo các chế độ làm việc

Như chúng ta đã biết BXT chỉ phát huy hiệu quả cao đối với cả ba thành phần phát thải CO, HC, NOx khi được đáp ứng đồng thời hai điều kiện: hòa khí của động cơ có hệ số dư lượng không khí λ≈1 và nhiệt độ khí thải lớn hơn 350°C [6]. Do đó việc bổ sung không khí trên đường thải động cơ chỉ phù hợp với các chế độ làm việc thỏa mãn cả hai yêu cầu nêu trên. Để xác định miền làm việc này cần phải khảo sát tỷ lệ hòa khí (λ) và nhiệt độ khí thải của động cơ theo các chế độ làm việc. Hình 3 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 60 km/h (% tải được đặc trưng bởi % độ mở bướm ga).

Đặc tính hòa khí cho thấy khi độ mở bướm ga từ 20% trở lên thì ở mọi tốc độ làm việc của động cơ hệ số dư lượng không khí λ đều nhỏ hơn 1. Trong khi đó nhiệt độ của khí thải ở tất cả các chế độ làm việc đều lớn hơn 350°C. Như vậy kết hợp cả hai yếu tố hòa khí λ và nhiệt độ khí thải có thể thấy từ 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.

2.4.2. Xác định lượng không khí bổ sung

Sau khi xác định vùng làm việc của động cơ phù hợp với việc bổ sung thêm không khí. Tiếp theo cần xác định lượng không khí cụ thể cần bổ sung theo chế độ làm việc của động cơ. Để đảm bảo BXT phát huy hiệu quả chuyển đổi với cả ba thành phần CO, HC, NOx lượng không khí bổ sung vào đường thải được tính toán, điều chỉnh sao cho hệ số dư lượng không khí λ trên đường thải duy trì xấp xỉ bằng 1. Lưu lượng không khí bổ sung vào đường thải được xác định bởi công thức [7]:

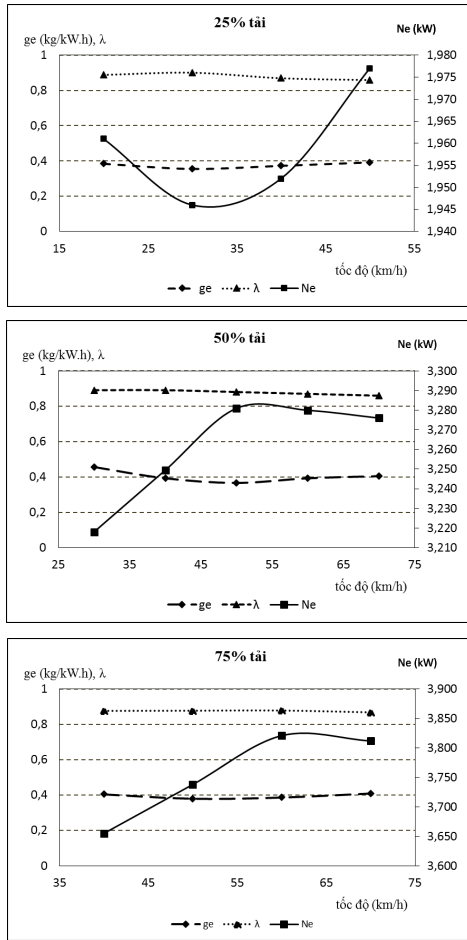
$$G = V_0(1-\lambda) \tag{1}$$

Trong đó: G là lưu lượng khí cần thiết bổ sung vào đường thải (lít/phút); λ là hệ số dư lượng không khí; V₀ là lưu lượng không khí thực tế đi vào trong xylanh động cơ (lít/phút) và được tính theo công thức [5]:

$$V_0 = \frac{14,7 \cdot g_e \cdot N_e}{60 \cdot \rho_{kk} \cdot 1000} \tag{2}$$

Trong đó: g_e là suất tiêu hao nhiên liệu (kg/kW.h); N_e là công suất động cơ (kW); ρ_{kk} là khối lượng riêng của không khí (1,294 g/lít).

Như vậy để xác định được lượng không khí bổ sung ứng với mỗi chế độ làm việc của động cơ cần phải biết ba thông số g_e, N_e và λ. Xét đặc tính làm việc của động cơ ở các đặc tính 25%, 50%, 75% độ mở bướm ga, thể hiện qua hình 4.



Hình 4. Đặc tính g_e , N_e , λ tại 25, 50 và 75% tải

Dựa vào các công thức (1) và (2) kết hợp với các số liệu từ các đồ thị đặc tính về g_e , N_e , λ ở hình 4 ta sẽ xác định được lượng không khí cần bổ sung theo lý thuyết theo các chế độ làm việc (bảng 2).

Bảng 2. Lượng không khí cần bổ sung theo lý thuyết G_{lt} (lít/phút)

% tải	n (km/h)					
	20	30	40	50	60	70
25	16	13	18	21	-	-
50	-	31	27	28	32	35
75	-	-	34	33	34	39

2.4.3. Thử nghiệm

Quá trình thử nghiệm được thực hiện theo phương pháp đối chứng trong 2 trường hợp có và không có bổ sung không khí trên đường thẳng động cơ và được chia làm 2 giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Thử nghiệm trên băng thử với xe nguyên bản (không bổ sung không khí trên đường thẳng), giai đoạn này sẽ đo đạc các thông số kinh tế, kỹ thuật và phát thải của xe làm cơ sở để so sánh với trường hợp có bổ sung không khí trên đường thẳng.

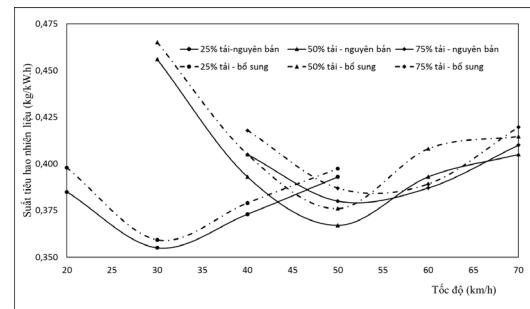
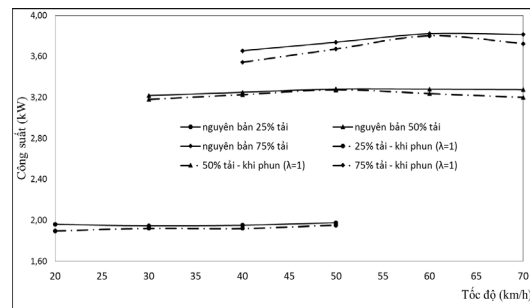
- Giai đoạn 2: Thử nghiệm trên băng thử với xe được trang bị thêm hệ thống bổ sung không khí trên đường thẳng. Tại mỗi chế độ làm việc, lượng không khí bổ sung ban đầu được xác định từ bảng 2 sau đó tiến hành hiệu chỉnh sao cho hệ số dư lượng không khí λ đo được từ cảm biến xấp xỉ bằng 1, chờ hệ thống hoạt động ổn định, đo đạc và ghi lại kết quả như giai đoạn 1. Lượng không khí bổ sung thực tế (G_{tt}) và sai lệch so với tính toán lý thuyết được thể hiện tại bảng 3.

Bảng 3. Lượng không khí bổ sung thực tế

Tải (%)	n (km/h)	G_{lt} (lít/phút)	G_{tt} (lít/phút)	Sai lệch (lít/phút)
25	20	16	15	-1
	30	13	13,5	0,5
	40	18	19	1
	50	20	20	0
50	30	31	30	-1
	40	27	26	-1
	50	28	28	0
	60	32	31,5	-0,5
75	40	34	35	1
	50	33	34	1

3. Kết quả và đánh giá kết quả thử nghiệm

3.1. Ảnh hưởng của việc bổ sung không khí tới tính năng kinh tế và kỹ thuật của xe



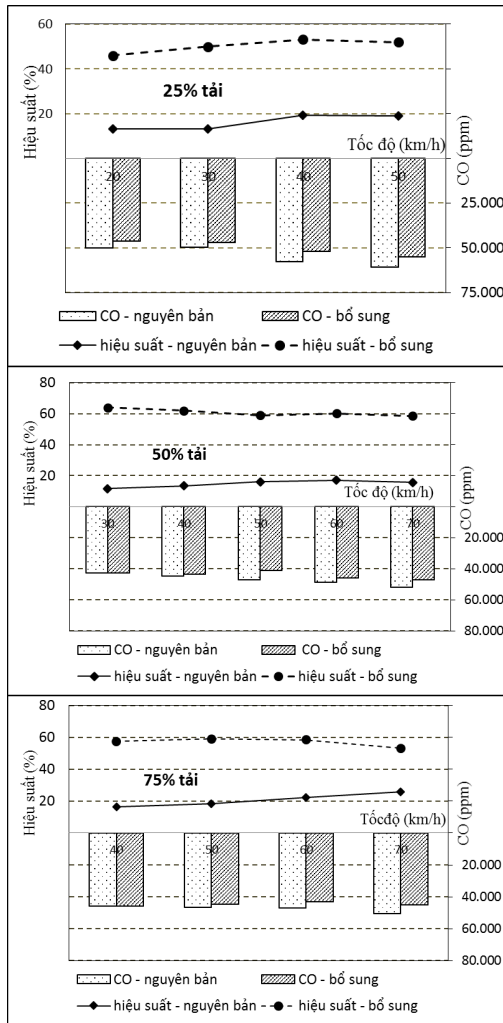
Hình 5. N_e và g_e khi có và không có bổ sung không khí

Hình 5 thể hiện công suất, suất tiêu thụ nhiên liệu tại 25, 50 và 75% tải trong 2 trường hợp nguyên bản và khi bổ sung thêm không khí trên đường thẳng. Kết quả cho thấy so với trường hợp nguyên bản, khi bổ sung thêm không khí trên đường thẳng 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 thẳng dẫn

tới tăng công suất của động cơ. Mặt khác áp suất đường thải tăng cũng làm tăng lượng khí sót, giảm lượng khí nạp mới trong xy lanh động cơ [7]. 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.

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

3.2.1. Phát thải CO

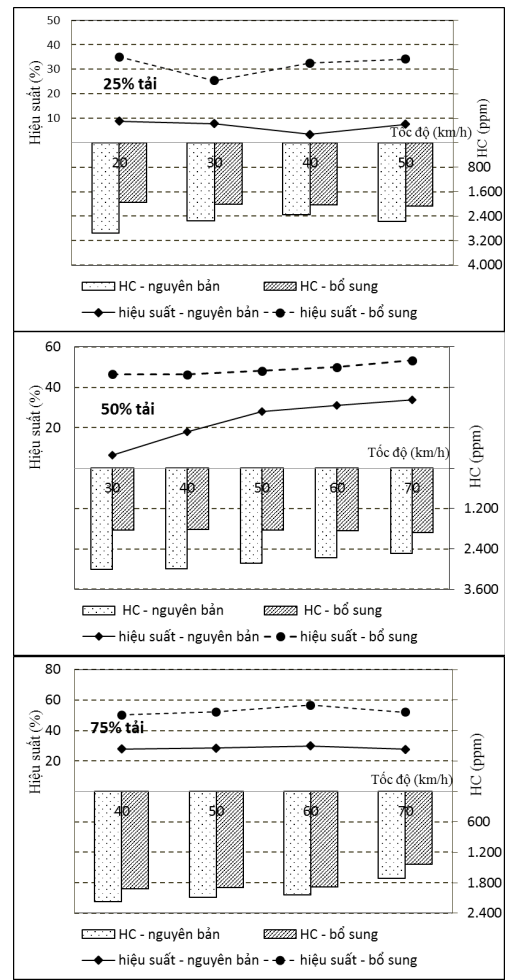


Hình 6. Hiệu suất chuyển đổi và hàm lượng phát thải CO

Hình 6 thể hiện hàm lượng phát thải CO và hiệu suất xử lý phát thải CO của BXT trong hai trường hợp nguyên bản và có bổ sung thêm không khí tại các đặc tính 25%, 50% và 75% tải. Có thể nhận thấy việc bổ sung không khí giúp tăng môi trường oxy hóa kết hợp với điều kiện nhiệt độ khí thải cao dẫn tới làm tăng các phản ứng oxy hóa CO, HC ngay trên đường thải (trước BXT). Kết quả từ hình 6 cho thấy so với trường hợp

nguyên bản, khi bổ sung không khí trên đường thải 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 ta 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) lên 56,77% (bổ sung không khí).

3.2.2. Phát thải HC

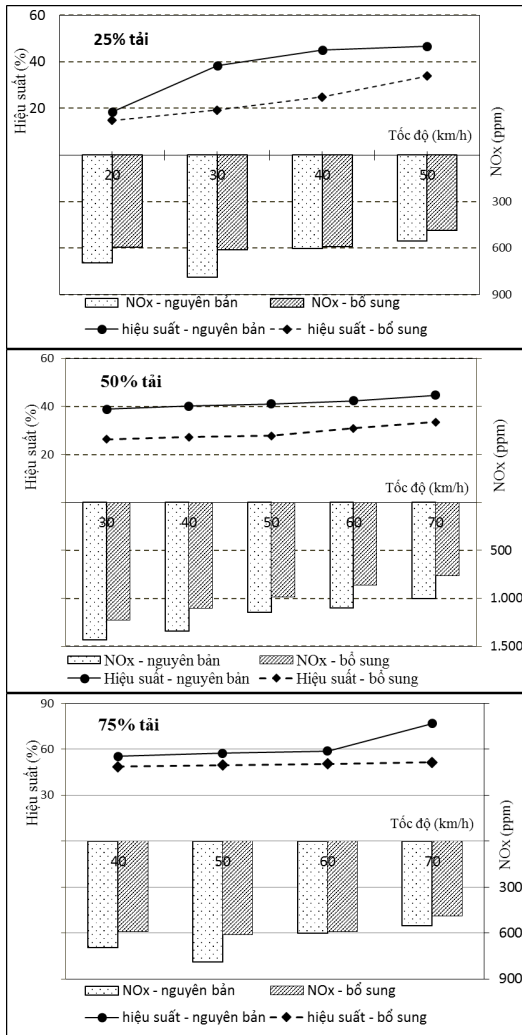


Hình 7. Hiệu suất chuyển đổi và hàm lượng phát thải HC

Hình 7 thể hiện hàm lượng phát thải HC và hiệu suất xử lý phát thải HC của BXT tương tự như với phát thải CO, hiệu suất xử lý phát thải HC của BXT có xu hướng tăng lên trong trường hợp có bổ sung không khí trên đường thải. Cụ thể, trung bình trên cả ba đặc tính so với trường hợp nguyên bản phát thải HC (trước BXT) khi có bổ sung thêm không khí giảm 22,23%,

hiệu suất chuyển đổi của BXT tăng từ 19,59% (nguyên bản) lên 44,48% (bổ sung không khí).

3.2.3. Phát thải NOx



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

Hàm lượng phát thải và hiệu suất xử lý phát thải NOx của BXT trong hai trường hợp nguyên bản và khi bổ sung không khí được thể hiện trong hình 8. Kết quả cho thấy phát thải NOx ở phía trước BXT giảm khá mạnh 17,34% nguyên nhân có thể do một phần khí thải được làm loãng cũng như sự tăng tỷ lệ luân hồi nội tại trong trường hợp áp suất đường thải tăng khi có sự bổ sung thêm không khí. Trong khi đó, hiệu suất xử lý phát thải NOx có xu hướng giảm xuống trong trường hợp có bổ sung thêm không khí. Điều này có thể lý giải

do sự giảm hàm lượng CO, HC cũng như lưu lượng khí hỗn hợp tăng sẽ làm giảm môi trường khử trong BXT. Trung bình trên cả ba đặc tính hiệu suất chuyển đổi NOx giảm từ 46,93% (nguyên bản) xuống 34,1% (bổ sung không khí).

4. Kết luận

Từ các kết quả cho thấy việc bổ sung không khí trên đường thải sẽ làm giảm không đáng kể các tính năng kinh tế, kỹ thuật của động cơ (trung bình công suất giảm 1,67%, tiêu thụ nhiên liệu tăng 2,18%), tuy nhiên phát thải và hiệu quả chuyển đổi các thành phần phát thải CO, HC của BXT được cải thiện rõ rệt. Kết quả là phát thải của xe (sau BXT) trong trường hợp có bổ sung không khí lần lượt giảm 50,43% đối với thành phần CO; 46,39% đối với thành phần HC trong khi đó phát thải NOx tăng nhẹ 0,2%. Từ các kết quả đạt được chúng ta có thể thấy bổ sung không khí trên đường thải là phương pháp hoàn toàn khả thi để giảm phát thải cũng như tăng hiệu quả chuyển đổi các thành phần độc hại trong bộ xử lý khí thải ba thành phần. Từ các kết quả này, trong thời gian tới nhóm nghiên cứu sẽ tiến hành thiết kế hoàn thiện hệ thống tự động bổ sung không khí phù hợp với chế độ làm việc của động cơ cũng như áp dụng các giải pháp công nghệ nhằm giảm phát thải NOx.

Lời cảm ơn

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn đề tài phân cấp T2017-PC-056 đã hỗ trợ kinh phí đề nhóm tác giả hoàn thành nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- 1]. <https://news.zing.vn/xe-may-van-la-phuong-tien-chu-yeu-trong-thap-ky-toi-post833104.html>
- 2]. Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia 2016, NXB Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam
- 3]. Phạm Minh Tuấn; Khí thải động cơ và ô nhiễm môi trường, NXB Khoa học và kỹ thuật 2013.
- 4]. Phạm Minh Tuấn, Động cơ đốt trong, NXB Khoa học và kỹ thuật 2006.
- 5]. <https://www.2banh.vn/threads/thong-so-ki-thuat-piaggio-zip-viet-nam.264/>
- 6]. Z.R. Ismagilov, R.A. Shkrabina, N.A. Koryabkina, D.A. Arendarskii, Catalysis and Automotive Pollution Control, vol. IV, Elsevier, Amsterdam, 1998, pp. 507–511.
- 7]. Phạm Minh Tuấn, Lý thuyết Động cơ đốt trong, NXB Khoa học và kỹ thuật 2008.