

Mô phỏng bộ điều khiển hệ thống phanh ABS khí nén

Tóm tắt: Hệ thống chống hãm cứng bánh xe trên hệ thống phanh khí nén điều khiển áp suất khí nén trong bầu phanh để duy trì khả năng điều khiển hướng chuyển động và hiệu quả phanh tốt. Thuật toán điều khiển của các hãng có khác nhau và là bí mật công nghệ, không được công bố. Bài báo trình bày mô hình mô phỏng bộ điều khiển hệ thống phanh ABS khí nén sử dụng thuật toán điều khiển theo độ trượt của các bánh xe khi phanh.

Từ khóa: Bộ điều khiển, Hệ thống phanh khí nén, Độ trượt, ABS

Abstract: Apneumatic anti-lock brake system controls air pressure in the chambers to maintain controllable the direction of movement and good braking performance. Control algorithm of firms is different and technology secrets, unpublished. This article presents a simulation model of the pneumatic anti - lock brake controller and a control algorithm follows the sliding of each wheel when braking.

Keywords: Controller, Pneumatic brake system, Slip, Anti - lock Brake System

Ký hiệu

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
ω	Rad/s	Vận tốc góc bánh xe
Omega FR	Rad/s	Vận tốc góc bánh xe trước bên phải
Omega RL	Rad/s	Vận tốc góc bánh xe sau bên trái
V__FR	km/h	Vận tốc bánh xe trước phải
V__RL	km/h	Vận tốc bánh xe sau trái
V__Vehicle	km/h	Vận tốc dài của xe

Chữ viết tắt

ECU	Electronic Control Unit
ABS	Anti-lock Brake System

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình phanh gấp, các bánh xe ô tô có nguy cơ bị trượt lết, làm mất khả năng dẫn hướng và rất dễ dẫn đến tai nạn giao thông. Hệ thống chống hãm cứng bánh xe khi phanh (ABS) liên tục theo dõi vận tốc góc của các bánh xe khi phanh và điều khiển áp suất khí nén trong bầu phanh để đảm bảo độ trượt của các bánh xe luôn nằm trong khoảng tính toán trước. Do đó, các bánh xe duy trì được khả năng bám tốt (cả theo phương dọc và theo phương ngang), giúp đạt hiệu quả phanh cao trong khi vẫn duy trì được khả năng điều khiển hướng chuyển động của xe.

Lực phanh tối đa được tính theo công thức [6]:

$$F_{x\max} = F_z \varphi_x \quad (1)$$

PGS. TS. HỒ HỮU HẢI

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

ThS. NCS. HỒ HỮU HÙNG

Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

ThS. NGUYỄN TRUNG KIẾN

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định

Lực bám ngang tối đa được xác định theo công thức [6]:

$$F_{y\max} = F_z \varphi_y \quad (2)$$

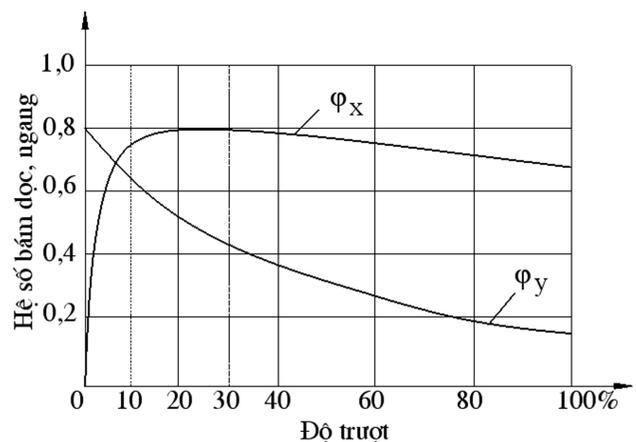
Trong đó: F_z - Tải trọng thẳng đứng

φ_x - Hệ số bám dọc giữa bánh xe và mặt đường

φ_y - Hệ số bám ngang giữa bánh xe và mặt đường

Với một loại xe nhất định, tải trọng F_z không đổi, để duy trì được lực phanh lớn và khả năng điều khiển hướng cần phải đảm bảo hệ số bám dọc φ_x và bám ngang φ_y có giá trị lớn.

Hệ số bám dọc φ_x , bám ngang φ_y phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Tình trạng mặt đường, kiểu lốp, chất lượng lốp, nhiệt độ, tốc độ, độ trượt... Quan hệ giữa hệ số bám và độ trượt của bánh xe như đồ thị Hình 1. Hệ số bám dọc đạt được cực đại trong vùng có độ trượt từ 10 - 30%.



Hình 1: Đồ thị quan hệ giữa hệ số bám và độ trượt

Hệ thống ABS gồm một bộ điều khiển (ECU), van điều chỉnh áp suất khí nén trong các bầu phanh (cơ cấu chấp hành) và các cảm biến đo vận tốc góc bánh xe. ECU theo dõi vận tốc của xe thông qua các cảm biến tốc độ ở các bánh xe. Khi bắt đầu phanh, tốc độ bánh xe sẽ được so sánh với tốc độ của xe đã tính toán, từ đó tính ra độ trượt của từng bánh xe.

Độ trượt của bánh xe khi phanh được tính theo công thức [4]:

$$\lambda = \frac{v - \omega r}{v} 100\%$$

Trong đó: v - Vận tốc của xe; ω - Vận tốc góc của bánh xe; r - Bán kính bánh xe.

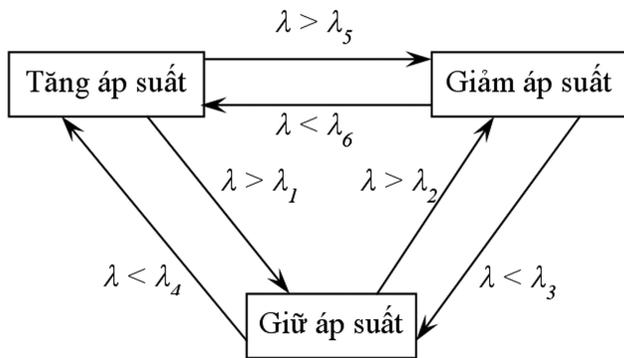
ECU sẽ căn cứ vào độ trượt của từng bánh xe để điều khiển áp suất khí nén trong bầu phanh tương ứng nhằm đảm bảo độ trượt các bánh xe luôn trong

khoảng từ 10 - 30% để đảm bảo khả năng điều khiển hướng chuyển động khi phanh và hiệu quả phanh cao.

2. Thuật toán điều khiển

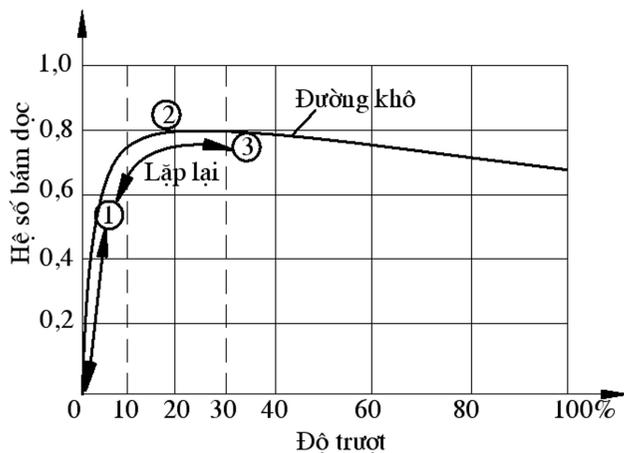
Phương pháp điều khiển quá trình phanh này nhằm đảm bảo hệ số bám dọc và bám ngang của các bánh xe khi phanh có giá trị lớn. Bắt đầu quá trình phanh, áp suất khí nén trong bầu phanh tăng làm độ trượt của bánh xe tăng dần. Khi độ trượt vượt quá ngưỡng giới hạn λ_1 , ECU điều khiển chuyển sang trạng thái giữ nguyên áp suất trong bầu phanh. Theo quán tính, độ trượt tiếp tục tăng lên, khi vượt quá giới hạn λ_2 , ECU sẽ điều khiển giảm áp suất trong bầu phanh.

Tốc độ bánh xe tăng dần và độ trượt giảm dần đến khi nhỏ hơn giá trị λ_3 , ECU điều khiển chuyển sang trạng thái giữ nguyên áp suất. Độ trượt tiếp tục giảm đến khi thấp hơn giá trị λ_4 , hệ thống quay lại chu kỳ tăng áp suất. Trong trường hợp nếu độ trượt quá cao ($\lambda > \lambda_5$) cần phải giảm nhanh độ trượt, khi đó ECU sẽ điều khiển giảm ngay áp suất trong bầu phanh mà không qua trạng thái giữ áp suất. Khi độ trượt quá thấp ($\lambda < \lambda_6$), ECU điều khiển tăng ngay áp suất trong bầu phanh mà không qua trạng thái giữ áp suất. Chu trình điều khiển lặp đi lặp lại liên tục như vậy cho đến khi kết thúc quá trình phanh. Các trạng thái làm việc của ECU - ABS và các ngưỡng giới hạn điều khiển và được mô tả như trên Hình 2.



Hình 2: Trạng thái làm việc của ECU - ABS

Lựa chọn được các giá trị độ trượt giới hạn $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_6$ phù hợp, ABS sẽ điều khiển đảm bảo được độ trượt của bánh xe khi phanh luôn nằm trong vùng tối ưu. Khi đó giá trị hệ số bám sẽ biến thiên qua lại giữa các điểm 1, 2, 3 như trên Hình 3.



Hình 3: Điều khiển ở vùng trượt tối ưu

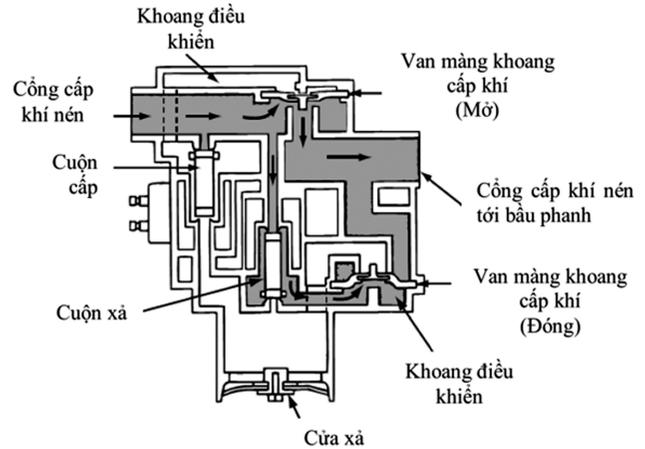
3. Mô hình mô phỏng

Chọn xe có các thông số sau:

Bảng 1. Thông số xe tham khảo

Chiều dài cơ sở (mm)	4.260
Trọng lượng bản thân (kG)	4.215
Trọng lượng toàn bộ (kG)	12.520
Hệ thống phanh	Khí nén, có ABS
Lốp trước/sau	8.25R16-16PR/8.25R16-18PR

Xe sử dụng van ABS của hãng Wabco, có sơ đồ nguyên lý như Hình 4 [5].



Hình 4: Sơ đồ nguyên lý van chấp hành ABS của Wabco

Van chấp hành ABS có hai van khí nén ở bên trong. Hai van khí nén này được điều khiển bằng hai van điện tử thông qua các trạng thái ON/OFF. Bằng cách phối hợp các trạng thái làm việc của hai van khí nén mà van chấp hành ABS tạo ra được các pha điều khiển tăng, giảm hoặc giữ nguyên áp suất khí nén trong bầu phanh.

Lưu lượng khí nén đi qua van ABS đến bầu phanh được xác định theo công thức [1]:

$$Q_{in} = K_g C_v \sqrt{\frac{(P - P_{cha})(P_{cha} + P_a)}{GT_u}} Ctr_Sup \quad (4)$$

Lưu lượng khí nén xả qua van ABS trong pha giảm áp suất được xác định theo công thức :

$$Q_{out} = K_g C_v \sqrt{\frac{(P_{cha} - P_a)(P_a + P_a)}{GT_u}} Ctr_Exh \quad (5)$$

Trong đó: P - Áp suất khí nén ở cửa vào van ABS; P_{cha} - Áp suất khí nén trong bầu phanh; P_a - Áp suất khí quyển; Ctr_Sup và Ctr_Exh - Biến điều khiển dòng khí nén đi vào bầu phanh và biến điều khiển xả khí nén ra khỏi bầu phanh.

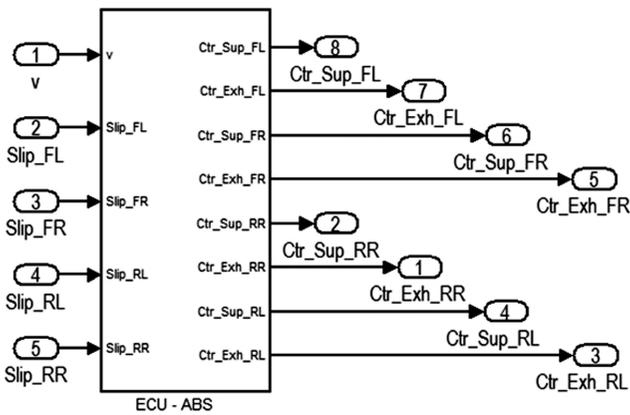
Trạng thái tăng áp suất diễn ra khi biến Ctr_Sup = 1 và Ctr_Exh = 0 (Cấp khí nén vào bầu phanh trong khi không cho khí nén trong bầu phanh xả ra ngoài);

Trạng thái giữ áp suất diễn ra khi biến Ctr_Sup = 0 và Ctr_Exh = 0 (Không cấp thêm khí nén vào bầu phanh và không cho khí nén trong bầu phanh xả ra ngoài);

Trạng thái giảm áp suất diễn ra khi biến Ctr_Sup = 0 và Ctr_Exh = 1 (Không cấp thêm khí nén vào bầu phanh nhưng cho phép khí nén trong bầu phanh xả ra ngoài);

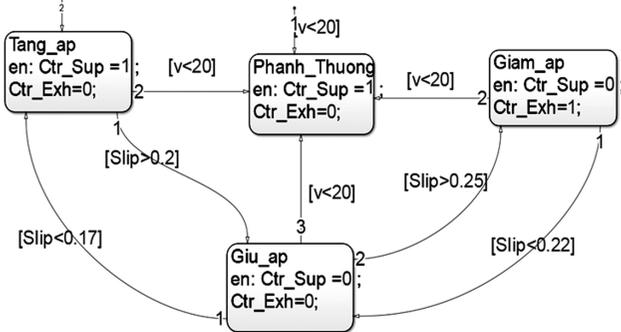
Bộ điều khiển sẽ điều khiển áp suất cho các cơ cấu phanh tại các bánh xe một cách độc lập dựa trên độ trượt của bánh xe đó.

Mô hình bộ điều khiển được xây dựng như Hình 5 [3]:



Hình 5: Sơ đồ mô phỏng bộ điều khiển hệ thống phanh

Bộ điều khiển được xây dựng trong môi trường Matlab - StateFlow như Hình 6. Trong mô hình bộ điều khiển này, đầu vào là vận tốc của xe và độ trượt của từng bánh xe, được xác định từ mô hình mô phỏng chuyển động của bánh xe và thân xe.



Hình 6: Mô hình bộ điều khiển phanh cho một bánh xe

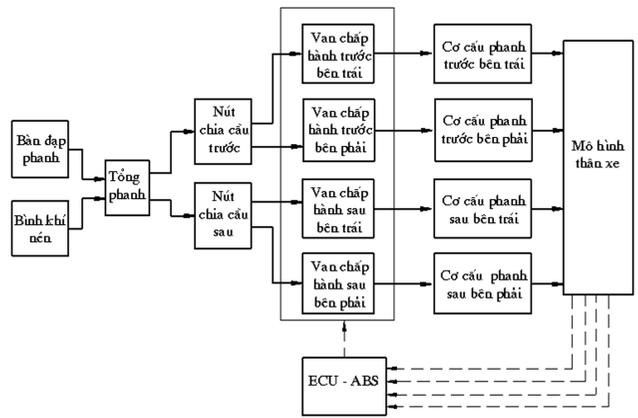
Nếu phanh gấp khi vận tốc ban đầu của xe nhỏ hơn 20 km/h thì bộ điều khiển không làm việc, hệ thống phanh ABS hoạt động như hệ thống phanh không có ABS.

Khi phanh xe với tốc độ ban đầu của xe lớn hơn hoặc bằng 20 km/h, bộ điều khiển sẽ kích hoạt ABS, lúc đó trạng thái làm việc đầu tiên sẽ là tăng áp suất trong bầu phanh. Sau đó, căn cứ theo độ trượt đo được và các giá trị ngưỡng để điều khiển áp suất khí nén trong các bầu phanh.

Mỗi trạng thái trong mô hình StateFlow (trạng thái tăng áp, trạng thái giữ áp, trạng thái giảm áp) có hai biến điều khiển, là biến *Ctr_Sup* và biến *Ctr_Exh*. Chức năng của hai biến này lần lượt là điều khiển van cấp và điều khiển van xả trong van chấp hành ABS.

Mô hình hệ thống phanh ABS khí nén được xây dựng trong môi trường Matlab – Simulink. Thông số đầu vào của mô hình là lực bàn đạp phanh của người lái và áp suất khí nén trong bình chứa.

Hệ thống phanh ABS khí nén được mô phỏng bao gồm: Van phân phối, nút phân nhánh của đường ống dẫn khí nén, các van chấp hành ABS, các bầu phanh, các cơ cấu phanh. Ngoài ra, mô hình còn mô phỏng động lực học thân xe và bộ điều khiển (ECU – ABS). Mô hình được xây dựng như sơ đồ Hình 7.



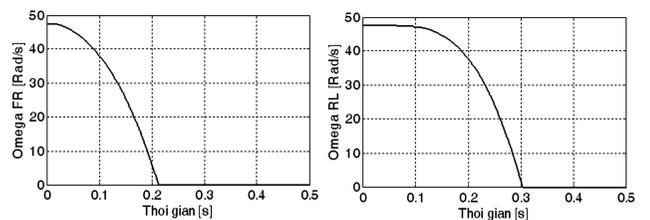
Hình 7: Mô hình mô phỏng hệ thống phanh ABS khí nén trên ô tô

4. Kết quả mô phỏng

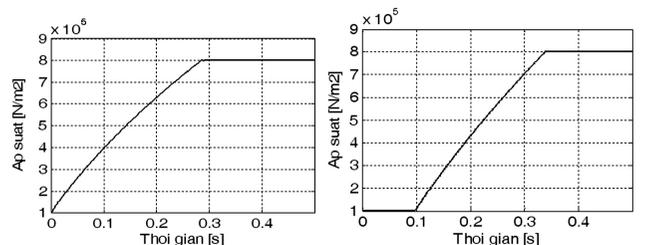
Mô phỏng quá trình phanh của ô tô có các thông số chính như trong Bảng 1 với vận tốc ban đầu của xe là 20 m/s (72 km/h). Giả thiết áp suất khí nén trong bình chứa là không đổi và bằng 0,8 MPa, lực đạp phanh của người lái đạt giá trị 160 (N) tại thời điểm $t = 0$ (s) và không thay đổi trong suốt quá trình phanh. Giả sử phanh trên đường có hệ số bám $\varphi_{xmax} = 0,6$. Thực hiện mô phỏng hai trường hợp: Khi hệ thống ABS không làm việc và khi hệ thống ABS làm việc. Quy luật biến thiên vận tốc góc và độ trượt các bánh xe khi phanh được theo dõi và khảo sát nhằm đánh giá sơ bộ hiệu quả hoạt động của bộ điều khiển tới quá trình phanh.

Mô hình mô phỏng có tính chất đối xứng nên bài báo chỉ dẫn kết quả mô phỏng đối với bánh xe phía trước bên phải và bánh xe phía sau bên trái.

Kết quả mô phỏng vận tốc góc các bánh xe và áp suất khí nén trong các bầu phanh khi ABS không hoạt động trong quá trình phanh thể hiện trên Hình 8 và 9:

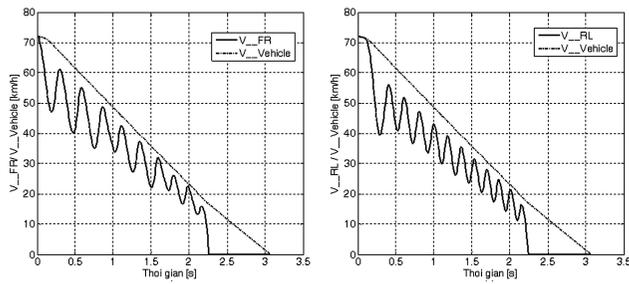


a) Bánh xe phía trước phải; b) Bánh xe phía sau trái
Hình 8: Vận tốc góc của các bánh xe khi phanh không sử dụng ABS



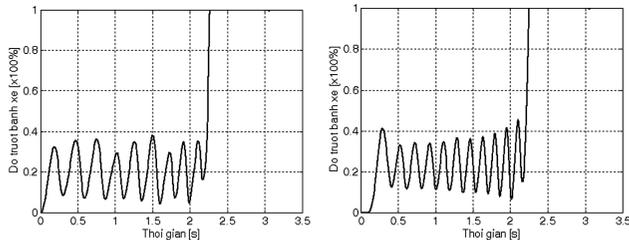
a) Bầu phanh phía trước phải; b) Bầu phanh phía sau trái
Hình 9: Áp suất khí nén trong bầu phanh của các bánh xe khi ABS không hoạt động trong quá trình phanh

Kết quả mô phỏng khi ABS hoạt động trong quá trình phanh như Hình 10, 11:



a) Vận tốc bánh xe phía trước phải b) Vận tốc bánh xe phía sau trái

Hình 10: Vận tốc của các bánh xe và của xe khi ABS hoạt động trong quá trình phanh



a) Độ trượt bánh xe phía trước phải b) Độ trượt bánh xe phía sau trái

Hình 11: Độ trượt của các bánh xe khi ABS hoạt động trong quá trình phanh

Kết quả mô phỏng ở các trường hợp trên cho thấy:

- Bộ điều khiển có điều khiển áp suất khí nén trong bầu phanh của từng bánh xe. Trường hợp phanh có kích hoạt ECU - ABS, vận tốc góc các bánh xe giảm, tăng theo chu kỳ và giảm dần về không; độ trượt của các bánh xe dao động quanh giá trị 20%. Khi vận tốc dài của xe nhỏ hơn 20 km/h, ECU - ABS ngừng điều khiển nên các bánh xe nhanh chóng bị trượt lết. Tương ứng với thời điểm đó, độ trượt của các bánh xe

tăng lên đến 100%.

- Trường hợp phanh không kích hoạt ECU - ABS, quá trình phanh diễn ra bình thường, áp suất khí nén trong bầu phanh tăng nhanh đến giá trị cực đại khiến các bánh xe bị trượt lết.

5. Kết luận

- Kết quả mô phỏng phù hợp với hoạt động của hệ thống phanh ABS khí nén trong thực tế.

- Mô hình mô phỏng hệ thống phanh khí nén có ABS này có thể sử dụng cho các nghiên cứu, khảo sát tiếp theo về hệ thống phanh ABS khí nén trên ô tô □

Tài liệu tham khảo

[1]. Hồ Hữu Hùng, Nguyễn Trung Kiên, Hồ Hữu Hải, *Mô phỏng hệ thống phanh khí nén trên ô tô*, Tạp chí GTVT, số tháng 12/2013.
 [2]. Hồ Hữu Hùng, Lại Năng Vũ, Hồ Hữu Hải, *Nghiên cứu, chế tạo thử nghiệm bộ điều khiển điện tử cho hệ thống chống bó cứng bánh xe khi phanh*, Tạp chí GTVT, số tháng 04/2010.
 [3]. Nguyễn Trung Kiên, *Nghiên cứu mô phỏng hệ thống phanh khí nén có ABS*, Luận văn Thạc sỹ khoa học chuyên ngành Kỹ thuật ô tô, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2013.
 [4]. Wabco, *Anti-Lock Braking System (ABS) and Anti-Slip Regulation (ASR)*, 2nd Edition, 2011.
 [5]. Meritor Wabco, *Anti-Lock Braking System Training Program - Student Manual*, USA, 1999.
 [6]. Thomas D. Gillespie, *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, PA 15096-0001.

Ngày nhận bài: 13/02/2014
 Ngày chấp nhận đăng: 27/02/2014
 Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Trọng Hoan
 TS. Nguyễn Tuấn Anh

SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU...

(Tiếp theo trang 61)

chất ô nhiễm trong khí thải của các xe buýt chạy CNG so với xe Diesel chạy trên đường đô thị được tính theo phương pháp “Hệ số ô nhiễm” do Cơ quan Bảo vệ môi trường Mỹ (USEPA) và Tổ chức y tế thế giới (WHO) thiết lập.

Từ kết quả cho thấy: Trên tuyến thí điểm chạy xe buýt CNG đã giảm tổng lượng phát thải các chất độc hại đã giảm 39,30 tấn/năm so với xe buýt chạy diesel. Trong đó, đặc biệt quan trọng là lượng bụi lơ lửng TSP (Hạt rắn PM₁₀ và bồ hóng) giảm 1,81 tấn; NO_x giảm 20,92 tấn; CO giảm 7,78 tấn; HC giảm 2,04 tấn; SO₂ giảm 0,4 tấn; VOC giảm 6,36 tấn trong 1 năm.

4.3. Đo tiếng ồn và đánh giá tiếng ồn do xe buýt CNG phát ra

Trung tâm Khoa học công nghệ và môi trường giao thông đã

tiến hành khảo sát đo tiếng ồn do xe buýt CNG gây ra và đi đến kết luận: Mức ồn do xe buýt phát ra khi đỗ của 02 loại xe đều nhỏ hơn QCVN cho phép. Xe buýt CNG có mức ồn phát ra khi đỗ nhỏ hơn xe buýt Diesel tương ứng là 4dBa.

5. Một số kết luận qua quá trình thí điểm xe buýt CNG

Qua thời gian triển khai thí điểm, Sở GTVT TP. Hồ Chí Minh nhận thấy việc xe buýt sử dụng nhiên liệu sạch CNG đã *giảm thiểu ô nhiễm môi trường một cách rõ rệt so với xe buýt sử dụng nhiên liệu diesel*. Cụ thể là: Giảm lượng khí thải độc hại gây ô nhiễm môi trường; giảm lượng khí nhà kính CO₂ phát thải; giảm tiếng ồn và rung động. Bước đầu thành công trong việc xây dựng các tuyến buýt kiểu mẫu về chất lượng dịch vụ thông qua việc trang bị các hệ thống GPS, bán vé tự động... được hành khách và nhân dân thành phố ủng hộ vì xe có tính tiện nghi

cao và giảm ô nhiễm môi trường.

Đặc biệt, với sự hỗ trợ của Tập đoàn Dầu khí Việt Nam, Công ty Kinh doanh Khí hóa lỏng Miền Nam nên xe buýt CNG tiết kiệm được khoảng 30% chi phí nhiên liệu so với xe sử dụng diesel, qua đó làm giảm giá thành vận tải.

Toàn thành phố có 2.470 xe buýt sử dụng nhiên liệu diesel, bình quân một xe hoạt động 60.838 km/năm. Như vậy, tổng số km lăn bánh của loại xe sử dụng nhiên liệu diesel là: 150.269.470 km/năm. Nếu tiến hành chuyển đổi hết sang xe buýt sử dụng nhiên liệu CNG thì toàn thành phố sẽ giảm thiểu được một số lượng rất lớn lượng phát thải và khí thải độc hại. Môi trường không khí của TP. Hồ Chí Minh sẽ trong lành hơn, chi phí chữa bệnh của nhân dân giảm, tuổi thọ trung bình tăng, đồng thời Nhà nước có thể giảm chi phí để phòng chống biến đổi khí hậu □