

GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ KHÍ HHO CHO ĐỘNG CƠ DIESEL THỦY HHO GAS TECHNOLOGY FOR MARINE DIESEL ENGINE

TRẦN THẾ NAM*, DƯƠNG PHAN ANH

Phòng Quan hệ Quốc tế, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: thenam@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Ô nhiễm không khí và sự cạn kiệt nguồn nhiên liệu truyền thống sử dụng cho động cơ đốt trong là hai vấn đề lớn đang được cả thế giới quan tâm. Trước những nhu cầu ngày càng tăng của xã hội, các nguồn nhiên liệu hóa thạch đang bị cạn kiệt nhanh chóng. Bên cạnh đó, các sản phẩm cháy của những loại nhiên liệu này đang gây ra các vấn đề toàn cầu như hiệu ứng nhà kính, sự suy giảm tầng ozone, mưa axit và gây nguy hiểm lớn cho môi trường. Một loại nhiên liệu thay thế không chứa gốc carbon đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi là nhiên liệu hydrogen (khí Brown). Đặc điểm quan trọng của nhiên liệu này là sản phẩm của quá trình đốt cháy chỉ là nước (H_2O), vì thế nó được gọi là nhiên liệu sạch lý tưởng. Các giải pháp công nghệ sử dụng loại hydrogen có tên gọi chung là công nghệ HHO. Bài báo này phân tích và đưa ra cái nhìn tổng quan về các hình thức sử dụng khí HHO cho động cơ diesel trên thế giới. Trên cơ sở đó, lựa chọn giải pháp khả thi sử dụng khí HHO cho đội tàu biển đang khai thác của Việt Nam.

Từ khóa: Khí HHO, giảm thiểu phát thải khí xả, tiết kiệm nhiên liệu.

Abstract

Air pollution and depletion of fossil fuel which is used for internal combustion engines are two sensitive concerns in the world. Facing to the increasing demands of social economy, this fuel source is being quickly withdrawn. Besides, the emissions from combustions are causing global problems such as greenhouse effect, ozone depletion, acid rain and dangers to the environment. One of alternative fuels that do not contain carbon has been studied and widely used can be referred as hydrogen (Brown gas). An important feature is that product of hydrogen burning is only water (H_2O), so it is called the ideal clean fuel. The technology solutions using hydrogen are collectively and known as HHO technology. Based on the analysis of the HHO application methods in the world, the paper would propose the most feasible solution on using HHO technology for the existing Vietnamese fleets.

Keywords: HHO gas, emissions reduction, fuel oil saving.

1. Đặt vấn đề

Tại Việt Nam, lượng hàng hóa chuyên chở bằng vận tải đường thủy nội địa và đường biển chiếm khoảng 94% lượng hàng hóa vận chuyển và 67% khối lượng vận chuyển hàng năm tính theo tấn-km giữa các tỉnh, thành. Hiện tại, nước ta có khoảng 2.360 con sông và kênh đào với tổng chiều dài hơn 220.000 km, do đó, vận tải thủy nội địa hiện vẫn có khối lượng vận chuyển lớn nhất trong tất cả loại hình vận tải (chiếm 48,3%). Tổng lượng hàng hóa chuyên chở trung bình hàng năm bằng đường thủy nội địa trên 250 triệu tấn. Tính đến 8/2017, tổng số các phương tiện đăng ký với Cục Đường thủy nội địa Việt Nam là hơn 250.000 chiếc [1]. Cũng theo số liệu thống kê của Cục Hàng hải Việt Nam, đội tàu biển Việt Nam hiện có 1.539 tàu biển (trong đó tàu vận tải hàng hóa là 1.128 tàu) với tổng dung tích 4,8 triệu GT và tổng trọng tải khoảng 7,8 triệu DWT [2]. Các phương tiện này sử dụng nhiên liệu diesel, quá trình đốt cháy nhiên liệu dẫn tới nhiều phát thải ô nhiễm không khí khác nhau, bao gồm: CO, CO₂, SO₂, NO, bụi, bồ hóng,... Số lượng phương tiện thủy nội địa và tàu biển như trên, đã và đang ảnh hưởng đến môi trường không khí, trở thành chủ đề nghiên cứu và đặc biệt quan tâm trong thời gian gần đây. Bên cạnh đó, các quy định của IMO ngày càng thắt chặt đối với các tàu chạy tuyến nước ngoài về sử dụng năng lượng hiệu quả (Ship Energy Efficiency Management Plan - SEEMP).

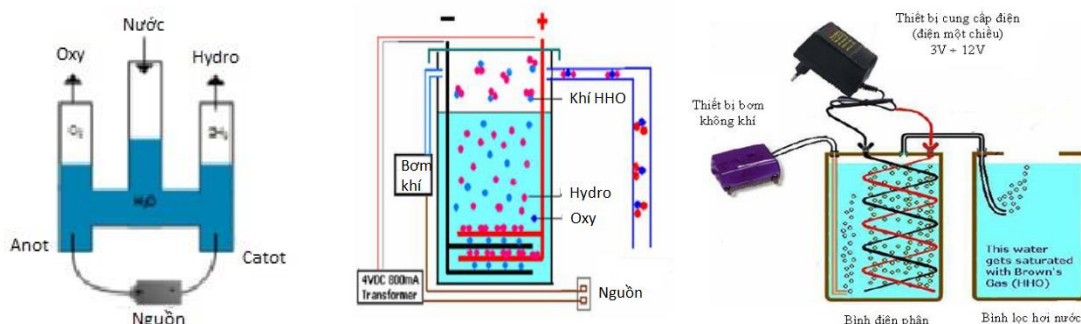
Chính phủ Việt Nam đã tham gia đầy đủ các Phụ lục của Công ước MARPOL nhằm giảm ô nhiễm từ tàu biển, đồng thời nỗ lực thực hiện các cam kết với quốc tế về giảm phát khí thải thông qua đầu tư chính sách, đầu tư nghiên cứu ứng dụng, tuyên truyền thay đổi nhận thức của người dân trong việc sử dụng năng lượng. Chương trình mục tiêu quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả giai đoạn 2019-2030 cũng vừa được ban hành tạo điều kiện thúc đẩy hơn nữa các nghiên cứu ứng dụng hướng đến một môi trường xanh và bền vững.

Trong lĩnh vực hàng hải, đã có nhiều giải pháp đáp ứng các quy định kể trên, như sử dụng các nguồn năng lượng mới, có khả năng tái tạo để dần thay thế các nguồn năng lượng hóa thạch, hoặc nghiên cứu hoàn thiện quá trình cháy, gián tiếp giảm lượng nhiên liệu và phát thải khí xả. Một trong các giải pháp đó là sử dụng khí HHO, hỗn hợp giữa khí hydro và oxy theo tỷ lệ 2:1 về thể tích,

đưa vào buồng đốt của động cơ giúp quá trình cháy trở nên dễ dàng và cháy hoàn toàn hơn. Giải pháp này chiếm ưu thế về tính sẵn có và được đánh giá có tính khả thi cao, hiện được nhiều nhà khoa học, hãng sản xuất động cơ lớn trên thế giới nghiên cứu, thử nghiệm.

2. Cơ chế tạo khí HHO

Khí HHO hay khí Brown hoặc có các tên gọi khác như hỗn hợp khí giàu hydro (Hydrogen Rich Gas - HRG) hoặc khí hydroxygen được sản xuất từ nước bằng phương pháp điện phân và bắt đầu nghiên cứu sản xuất vào năm 1978. Trong quá trình này, các phân tử nước phân ly bằng cách sử dụng hai điện cực như trong Hình 1.



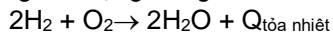
Hình 1. Quá trình điện phân nước tạo HHO [3]

Nguyên lý hoạt động của bình điện phân là sử dụng nguồn điện một chiều của ắc quy được nối với hai điện cực đặt trong nước. Hydro sẽ xuất hiện ở điện cực âm (catot) và oxy sẽ xuất hiện ở điện cực dương (anot). Vì vậy, dòng điện đi qua tách nước thành khí hydro và khí oxy. Quá trình gồm hai phản ứng xảy ra ở hai điện cực:

- Phản ứng trên catot: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
- Phản ứng trên anot: $2\text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^-$
- Tổng quát: $2\text{H}_2\text{O} + \text{điện năng} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

Oxyhydrogen (HHO) bị cháy khi được đưa đến nhiệt độ tự bốc cháy khoảng 570°C (ở áp suất khí quyển bình thường). Khi đốt cháy, khí chuyển thành hơi nước và giải phóng năng lượng khoảng 241,8 kJ năng lượng cho mỗi mol H_2 bị đốt cháy. Ở nhiệt độ và áp suất bình thường, nó có thể cháy khi nằm trong khoảng từ 4% đến 95% hydro theo thể tích. Lượng năng lượng được giải phóng không phụ thuộc vào chế độ đốt cháy.

Khi được đưa vào buồng đốt động cơ, giữa H_2 và O_2 sẽ xảy ra phản ứng cháy:



Nhiệt tạo ra từ quá trình cháy giữa H_2 và O_2 sẽ góp phần làm cho nhiên liệu được sấy nóng nhanh hơn, khả năng bay hơi tốt hơn. Hơn thế nữa, hydro có tốc độ cháy cao hơn nhiều so với cacbon nên nó đóng vai trò như là chất dẫn cháy, nhờ vậy chất lượng quá trình cháy trong xi lanh động cơ được cải thiện, do đó giảm mức độ phát thải các chất độc hại CO, HC và khói trong khí xả động cơ diesel. Bên cạnh đó, nhiệt cấp từ quá trình cháy giữa H_2 và O_2 cũng góp phần làm giảm mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ, qua đó giảm mức độ phát thải khí CO_2 [10].

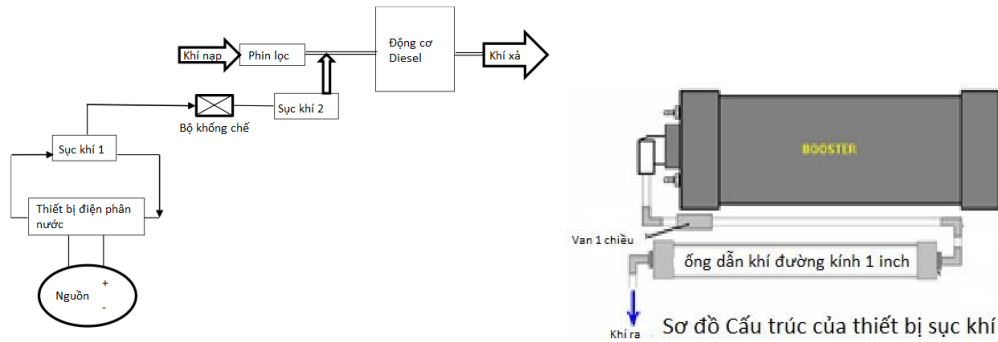
3. Ứng dụng công nghệ HHO cho động cơ diesel

Công nghệ HHO đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi đối với các động cơ đốt trong đánh lửa cưỡng bức, chủ yếu cho các động cơ tĩnh tại hoặc phương tiện đường bộ. Đối với động cơ diesel, khí HHO được sử dụng theo 3 hướng chủ yếu như sau:

- Đưa khí HHO theo đường nạp;
- Bố trí vòi phun HHO độc lập;
- Hòa trộn HHO với nhiên liệu diesel trước bơm cao áp.

3.1. Giải pháp bổ sung vào đường khí nạp

Nguyên lý của công nghệ này được trình bày như trên Hình 2. Thiết bị sục khí thứ nhất tạo bọt (Bubbler 1) được đặt phía trên thiết bị điện phân nước để cung cấp khí vào hỗn hợp điện phân nước giúp làm tăng hiệu quả của quá trình điện phân. Bong bóng HHO thoát ra bề mặt nước đi qua thiết bị sục khí truyền đến bộ không chế (Flashback arrestor). Thiết bị sục khí thứ hai (Bubbler 2) được đặt sau bộ không chế với mục đích nhằm ngưng tụ hơi nước để động cơ được cung cấp với khí HHO tinh khiết. Khí HHO được đưa vào sau phin lọc khí của động cơ và đi vào xi lanh qua đường nạp. Thiết bị điện phân tách bọt khí hydro (HHO) chỉ làm việc sau khi động cơ đã được khởi động nhằm đảm bảo an toàn cho sự làm việc của động cơ.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý hệ thống bổ sung HHO vào đường nạp khí [7]

Các nghiên cứu cho thấy, việc cấp HHO theo đường nạp của động cơ có một số đặc điểm sau:

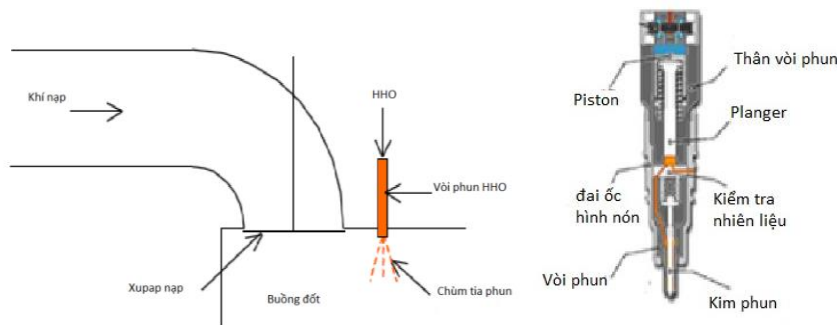
- Động cơ hoạt động ở chế độ tải thấp, việc cung cấp HHO làm tăng cường hiệu suất của động cơ tốt hơn khi động cơ hoạt động ở chế độ tải cao.

- Thiết bị sản xuất khí HHO gọn nhẹ và có khả năng lắp đặt, kết nối trực tiếp với hệ thống cung cấp khí nạp cho động cơ.

- Tuy nhiên, giải pháp này gặp phải một số khó khăn khi áp dụng cho các động cơ diesel đang sử dụng. Tỷ số không khí/nhiên liệu của động cơ diesel cần được đánh giá lại, kéo theo tính toán lại lượng không khí nạp mới cần đưa vào động cơ và lượng nhiên liệu cấp trong một chu trình. Bên cạnh đó, việc kiểm soát hiện tượng tự kích nổ của khí HHO trong quá trình nén rất khó đối với các động cơ đang sử dụng và cần có sự tham gia đánh giá lại của các hãng sản xuất chính động cơ đó.

Các thiết bị bổ sung khí HHO vào đường nạp khí của động cơ diesel đã được sản xuất và bán rộng rãi trên thị trường châu Âu, Mỹ và Australia cho một số dòng động cơ mới nhất định và được chọn lựa theo công suất động cơ. Ngoài ra, các thiết bị này cũng được sản xuất riêng cho loại động cơ diesel thế hệ cũ và động cơ diesel thế hệ mới (sử dụng hệ nhiên liệu kiểu common rail). Một số nhà sản xuất thiết bị bổ sung HHO vào đường nạp khí động cơ diesel như: Global Ecological Solutions (California), Green Energetix (Canada), HHO USA (United States), HHO2Europa (Pháp), KG HHO (Bi), Hydro Bullet (Hy Lạp).

3.2. Bố trí vòi phun HHO độc lập



Hình 3. Thiết bị phun HHO vào buồng đốt động cơ diesel [12]

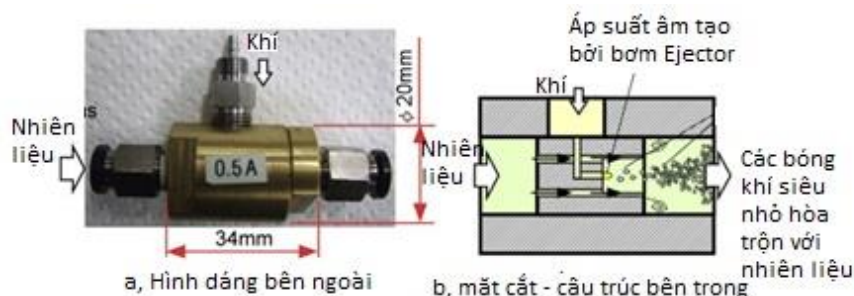
Với giải pháp này, vòi phun HHO chuyên dụng sẽ được bố trí trên nắp xi lanh, độc lập với vòi phun nhiên liệu diesel. Có hai dạng vòi phun được nghiên cứu sử dụng là vòi phun áp suất thấp và vòi phun áp suất cao. Vòi phun áp suất thấp được ưu tiên sử dụng khi HHO được đưa vào ở giai đoạn đầu quá trình nén, cơ chế gần giống với trường hợp đưa HHO vào đường nạp. Nếu đưa HHO vào trong giai đoạn cuối của quá trình nén (vòi phun áp suất cao), cần tính toán và đánh giá ngay từ khâu thiết kế nhằm đảm bảo quá trình cháy diễn ra hoàn toàn, động cơ đạt hiệu suất cao nhất. Trong cả hai trường hợp, giải pháp sử dụng vòi phun độc lập đều phù hợp đối với động cơ mới, không thích hợp cho các động cơ đã và đang lưu hành.

3.3. Hòa trộn khí HHO với nhiên liệu trước bơm cao áp

Giải pháp này được xây dựng dựa trên những ưu thế của các bong bóng siêu vi trong chất lỏng. Tương tự như các dạng bong bóng khí khác, bong bóng siêu vi cũng được tạo nên dựa trên định luật Stokes về chất lỏng:

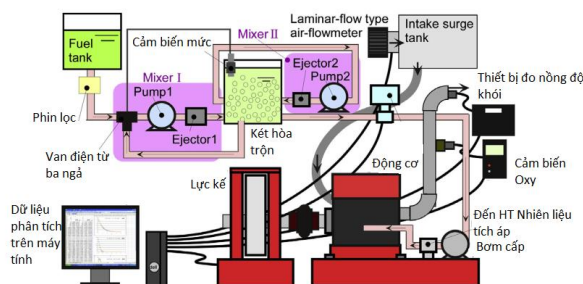
$$V = \frac{1}{18} \frac{\rho g d^2}{\mu} \quad (1)$$

Các nghiên cứu chỉ ra rằng, các bong bóng siêu nhỏ với kích thước từ 1 - 100 μ m và các bong bóng nano với kích thước từ 1 - 100nm có khả năng chịu được áp suất nén cao, khó bị vỡ so với các bong bóng cỡ lớn hơn. Trong trường hợp bị vỡ dưới áp suất cao, do kích thước siêu nhỏ, cũng không để lại các khoảng chân không lớn. Dựa trên đặc điểm này, khí HHO được tính toán hòa trộn với nhiên liệu diesel theo một tỷ lệ thích hợp (khoảng 0,2%) và do thiết bị sục khí đặc biệt như trên Hình 4 tạo nên.



Hình 4. Thiết bị hòa trộn HHO vào nhiên liệu [8]
a. Hình dáng bên ngoài b. Cấu trúc bên trong

Đây là thiết bị được làm bằng đồng thau, có đường kính ngoài 20mm và chiều dài là 34mm. Nhiên liệu cấp vào thiết bị được điều áp bằng cơ chế phun hoặc vòi phun. Khí HHO được tự hút vào trong thiết bị nhờ áp suất âm (-) và hình thành lớp khí trên bề mặt dầu đã được xé nhỏ sau bơm ejector. Sau đó, khí này được tách ra tạo thành các bong bóng khí siêu nhỏ, dao động hỗn loạn. Các bong bóng khí tiếp tục được phân tách trên tiết diện tăng đột ngột sau bơm ejector và đưa vào động cơ theo sơ đồ Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý hệ thống bổ sung HHO vào nhiên liệu cấp cho động cơ [8]

Công trình thử nghiệm việc cấp khí HHO vào đường nhiên liệu trên động cơ Yanmar Diesel NFD150-e với hệ thống phun nhiên liệu tích áp (common rail) tại vòng quay 2000 vòng/phút, góc phun sớm được đặt cố định ở 17°TDC cho thấy [8]:

- Mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ giảm khi hòa trộn khí HHO với nhiên liệu (chỉ sử dụng một bộ thiết bị hòa trộn nhiên liệu - Mixer I - Hình 4): giảm 1,1% ở tốc độ tải trung bình và 2,7% ở tải lớn nhất.

- Mức tiêu thụ nhiên liệu của động cơ giảm khi hòa trộn khí HHO với nhiên liệu (sử dụng hai bộ thiết bị hòa trộn nhiên liệu - Mixer I và Mixer II - Hình 4): giảm 3,2% ở chế độ tải trung bình và 6,2% ở chế độ toàn tải;

- Hòa trộn bong khí nano HHO vào nhiên liệu giúp cải thiện hiệu suất cấp nhiên liệu vào động cơ, nhiệt độ khí xả, khói và tiếng ồn động cơ giảm khoảng 1%.

Kích thước của thiết bị hòa trộn HHO vào nhiên liệu rất nhỏ gọn và phù hợp để lắp đặt vào các động cơ diesel, đặc biệt là các động cơ đang khai thác. Hiện nay, giải pháp bổ sung HHO trực tiếp vào đường nhiên liệu đã được ứng dụng trên các dạng động cơ diesel ở Nhật Bản.

4. Đánh giá ứng dụng công nghệ HHO cho động cơ diesel thủy ở Việt Nam

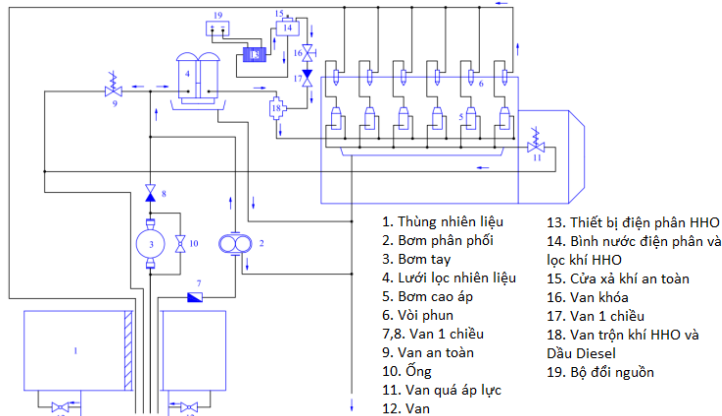
Dựa trên tổng hợp và phân tích các công nghệ HHO dùng cho các động cơ diesel ở trên, có thể dễ dàng nhận thấy khả năng sử dụng HHO cho các tàu đang khai thác ở Việt Nam đáp ứng quy định phát thải khí xả và tiết kiệm năng lượng, giải pháp đưa khí HHO vào đường nhiên liệu là khả thi hơn cả.

Nhằm mục đích nghiên cứu đánh giá công nghệ này trong thực tế, nhóm nghiên cứu của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam đã tiến hành triển khai thử nghiệm trên động cơ diesel thủy HANSHIN 6LH27BSH, động cơ chính tàu thực tập Sao Biển với các thông số như sau:

Bảng 1. Thông số động cơ chính tàu Sao Biển

Tên thông số	Giá trị	Tên thông số	Giá trị
Loại động cơ	HANSHIN 6L27BSH	Số xi lanh	6
Đường kính xi lanh	270 [mm]	Hành trình pittông	400 [mm]
Công suất định mức	700 [ml]	Vòng quay định mức	400 [v/phút]
Suất tiêu hao nhiên liệu	163 [g/ml.h]	Tốc độ trung bình của pittông	5,33 [m/s]
Áp suất cháy cực đại	65 [kG/cm ²]		

Nguyên lý hoạt động của hệ thống bổ sung HHO vào đường nhiên liệu được trình bày trên Hình 6.



Hình 6. Hệ thống bổ sung HHO vào đường nạp nhiên liệu động cơ diesel

Để đo một cách chính xác hàm lượng khí độc hại trong khí xả của động cơ, thiết bị đo TESTO 350 được lựa chọn. Đây là thiết bị đo vạn năng, có thể đo cùng một lúc vài thông số khác nhau như: NO_x, SO₂, HC, CO,...



Hình 7. Thiết bị đo khí độc hại trong khí xả

Các kết quả thử nghiệm được tổng hợp như sau:

Bảng 2. Kết quả phân tích khí xả

Stt	Tên chỉ tiêu	Đơn vị đo	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm	
				TN 1(*)	TN 2
1	CO	mg/m ³ TC	TCVN 7242:2003	1504	1158
2	SO ₂	mg/m ³ TC	TCVN 5975:1995	18,3	13,0
3	NO ₂	mg/m ³ TC	TCVN 7172:2002	66,3	47,1

(*) TN 1 - Kết quả thử nghiệm khi không hòa trộn HHO với nhiên liệu;
TN2 - Kết quả thử nghiệm khi có hòa trộn HHO với nhiên liệu.

Bảng 3. Kết quả đánh giá mức tiêu thụ nhiên liệu

	Hành trình (hải lý)	Thời gian (giờ)	Tốc độ quay động cơ (v/ph)	Tốc độ tàu (hải lý/giờ)	Tổng lượng nhiên liệu tiêu thụ (kg)	Lượng nhiên liệu tiêu thụ quy đổi (do sóng gió) (kg)	Tiêu hao nhiên liệu theo thời gian (kg/giờ)
Không hòa trộn HHO	5,2	0,5	309,6	10,04 (gió cấp 6)	36,95	36,95	73,9
Có hòa trộn HHO	4,5	0,5	299,8	9,0 (gió cấp 7)	28,25	30,0	60

Nhận xét:

- Mức tiêu thụ nhiên liệu giảm 18,8%, các phát thải khí xả giảm lần lượt 23% đối với CO, 29,4% đối với SO₂ và 29% đối với NO₂ so với phương pháp cấp nhiên liệu diesel thông thường.
- Giải pháp hòa trộn khí HHO với nhiên liệu khá đơn giản, động cơ đang khai thác không cần phải thay đổi gì về mặt kết cấu, trong hệ thống chỉ cần trang bị thêm thiết bị điện phân nước và lắp đặt thêm một số van, đường ống;
- Thiết bị điện phân nước có thể lắp đặt ngay trên đường ống cấp nhiên liệu của động cơ, hoạt động liên tục khi động cơ làm việc nên không cần phải sản xuất và lưu trữ khí HHO trước khi sử dụng;
- Mức nước tiêu thụ để điện phân tạo ra khí HHO không đáng kể: 01 lít nước trộn với chất phụ gia khi cho qua thiết bị điện phân có thể tạo ra 1800 lít khí HHO, trong khi tỷ lệ hòa trộn giữa khí HHO và nhiên liệu là 2:1000, tức là 1 lít nhiên liệu chỉ cần 0,002 lít khí HHO.

5. Kết luận

Khí HHO với các ưu thế về nguồn nguyên liệu sản xuất và tính năng cải thiện quá trình cháy đã và đang được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi. Nhằm thỏa mãn các yêu cầu về môi trường và sử dụng năng lượng hiệu quả ngày càng trở nên khắt khe cho đội tàu biển đang khai thác của Việt Nam, giải pháp đưa khí HHO theo đường nhiên liệu là giải pháp khả thi hơn cả. Tuy đã có một số thử nghiệm trên tàu cụ thể, nhưng để có thể áp dụng rộng rãi, cần có những nghiên cứu tiếp theo về hoàn thiện thiết kế, lắp đặt và thử nghiệm đối với các dạng tàu khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Website: <https://vov.vn/xa-hoi/nguy-co-tai-nan-giao-thong-duong-thuy-do-chua-quan-ly-duoc-dang-kiem-700360.vov>.
- [2] Website: <https://vietnamfinance.vn/nam-2018-don-tin-hieu-vui-tu-van-tai-bien-viet-nam-20180504224218083.htm>.
- [3] Luận án Tiến sỹ Kỹ thuật, “Nghiên cứu sự thay đổi kỹ thuật của động cơ đốt cháy cưỡng bức khi sử dụng hỗn hợp xăng - Khí Brown”, Cao Văn Tài, 2015.
- [4] Utilization Of Brown Gas As A Supplemental Fuel In The Diesel Engine As Pre- Combustion Exhaust Emission Reduction Method, P T Sowba, International Journal of Engineering and Technical Research, 2013.
- [5] Performance of diesel engine using HHO gas (brown gas), Shishira Varada, internet.
- [6] Generation of oxy-hydrogen gas and its effect on performance of spark ignition engine, N N Patil, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 263, 2017.
- [7] Optimization of oxyhydrogen gas flow rate as a supplementary fuel in compression ignition combustion engines, Ahmad H. Sakhrieh, Department of Mechanical and Industrial Engineering, American University of Ras Al Khaimah, ISSN: 0392-8764.
- [8] Effect of nano air-bubbles mixed into gas oil on common-rail diesel engine, Yasuhito Nakatake, Shintaro Kisu, Department of Mechanical Engineering, Kurume National College of Technology, Energy 59 (2013) 233-239.
- [9] Effects of On-board HHO and Water Injection in a Diesel Generator, Rick Cameron, Courses ENG4111 and ENG4112 Research project, October 2012.
- [10] Thử nghiệm đánh giá khả năng làm việc và mức độ phát thải của Động cơ Diesel tàu thủy khi ứng dụng công nghệ hòa trộn HHO với nhiên liệu cấp cho động cơ, Phạm Xuân Dương, Nguyễn Huy Hào, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 49, tháng 01/2017.
- [11] MARPOL Convention 73/78, Annex VI, IMO, London.
- [12] Hydrogen-Fueled Internal Combustion Engine: A Review of Technical Feasibility, S. K. SHARMA, P. GOYAL and R. K. TYAGI, International Journal of Performability Engineering, Vol. 11, No. 5, September 2015, pp. 491-501.
- [13] Effects on emissions of a diesel engine with premixed HHO, S. Liu, School of Automobile and Traffic Engineering, Jiangsu University, 2016.

Ngày nhận bài: 05/4/2019
Ngày nhận bản sửa: 02/5/2019
Ngày duyệt đăng: 06/5/2019