

NGHIÊN CỨU GIẢM PHÁT THẢI CHO ĐỘNG CƠ DIESEL MÁY NÔNG NGHIỆP

RESEARCH ON REDUCING EMISSIONS FOR AGRICULTURAL MACHINERY DIESEL ENGINES

NGUYỄN MẠNH PHÚ, LÊ ĐĂNG DUY, KHÔNG VŨ QUẢNG*

Viện Cơ khí động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email liên hệ: quang.khongvu@hust.edu.vn

Tóm tắt

Do chưa có các quy định về kiểm soát khí thải đối với động cơ diesel máy nông nghiệp, nên nhiều động cơ kém chất lượng và phát thải cao vẫn được đưa vào sử dụng tại Việt Nam. Do đó, hiện nay động cơ diesel máy nông nghiệp đang trở thành nguồn phát thải độc hại ra môi trường trong khi chưa có giải pháp giảm phát thải nào được áp dụng. Bài báo sẽ tập trung nghiên cứu đưa ra một giải pháp giảm phát thải cho động cơ diesel máy nông nghiệp trên phần mềm AVL-Boost. Kết quả cho thấy, động cơ sau khi được trang bị hệ thống giảm phát thải, các thành phần NO_x và PM sẽ giảm đáng kể trong khi công suất không giảm quá 5%. Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở quan trọng để phát triển hệ thống giảm phát thải cho động cơ diesel máy nông nghiệp.

Từ khóa: Động cơ diesel, khí thải độc hại, hệ thống giảm phát thải.

Abstract

As a result of not having regulations on emission control for agricultural machinery diesel engines, many low quality and high emission engines are still being used in Vietnam. Therefore, agricultural machinery diesel engines are becoming a source of harmful emissions to the environment while no emission reduction solutions have been applied. The article will focus on researching and providing a solution to reduce emissions for agricultural machinery diesel engines on AVL-Boost software. The results show that, after the engine is equipped with an emission reduction system, the NO_x and PM components will decrease significantly while the power does not decrease by more than 5%. The research results will be an important basis for developing emission reduction systems for agricultural machinery diesel engines.

Keywords: Diesel engine, harmful emissions, emission reduction system.

1. Giới thiệu chung

Trong suốt chiều dài lịch sử, Việt Nam với khí hậu nhiệt đới gió mùa luôn là một nước chủ trọng ngành nông nghiệp. Nông nghiệp nước ta từ chỗ đơn thuần chỉ sản xuất để cung cấp nhu cầu lương thực thực phẩm phục vụ trong nước giờ đây nông nghiệp ngày càng đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế, chiếm tỷ trọng đáng kể trong các mặt hàng xuất khẩu chủ lực với tổng kim ngạch xuất khẩu nông lâm thủy sản từ 2016-2020 đạt trên 190 tỷ USD [1].

Sự khó lường của biến đổi khí hậu và yêu cầu về chất lượng sản phẩm ngày càng cao của người tiêu dùng đã đặt ra yêu cầu về cơ giới hoá nông nghiệp. Quá trình hiện đại hoá ngành nông nghiệp sẽ góp phần giảm lao động nặng nhọc, đáp ứng tính thời vụ và góp phần nâng cao năng suất lao động cũng như cải thiện chất lượng của nông sản. Vì những động lực này, tốc độ hiện đại hoá, cơ giới hoá nông nghiệp ở nước ta đang diễn ra ngày càng nhanh chóng.

Hiện nay, các sản phẩm cơ giới phục vụ trong sản xuất nông nghiệp tại Việt Nam khá đa dạng về chủng loại từ máy làm đất, máy thu hoạch, máy bơm nước, máy phun thuốc sâu, máy bảo quản và chế biến. Các máy móc này chủ yếu sử dụng động cơ diesel làm nguồn động lực chính nên nhu cầu sử dụng chúng đang ngày càng tăng cao, vào khoảng 120.000 động cơ mỗi năm và tăng trưởng hàng năm từ 5÷10% [2]. Tuy nhiên, các động cơ này có lượng phát thải lớn gây ô nhiễm môi trường nhưng lại không có giải pháp giảm phát thải cho chúng.

Đã có nhiều nghiên cứu được thực hiện để giải quyết vấn đề này. Tổng Công ty Máy động lực và Máy Nông nghiệp Việt Nam (Veam) đã và đang thực hiện nhiều dự án phối hợp với các nhà khoa học tại các trường đại học thực hiện các nghiên cứu phát triển nhằm từng bước cải thiện các tính năng kinh tế, kỹ thuật cũng như đặc tính phát thải của các mẫu động cơ hiện có [3÷5]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này vẫn chưa đưa ra được một hệ thống giảm phát thải ứng dụng trên các động cơ máy nông nghiệp.

Để làm tiền đề cho các nghiên cứu sau này cũng như góp phần giải quyết các vấn đề nêu trên, bài báo này sẽ trình bày quá trình nghiên cứu mô phỏng nhằm đánh giá các chỉ tiêu phát thải của động cơ diesel máy nông nghiệp trên phần mềm AVL-Boost.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Các bước tiến hành nghiên cứu

Các bước tiến hành nghiên cứu như sau:

- *Bước 1:* Trên cơ sở kết quả thử nghiệm đánh giá đặc tính phát thải của động cơ được chọn, nhóm tác giả sẽ đưa ra giải pháp xử lý khí thải cho động cơ.

- *Bước 2:* Xây dựng mô hình mô phỏng động cơ nguyên bản và động cơ có hệ thống xử lý khí thải.

- *Bước 3:* Đánh giá tính tin cậy của mô hình bằng cách so sánh các thông số của mô hình động cơ nguyên bản và thực nghiệm.

- *Bước 4:* Đánh giá các thông số mô phỏng của mô hình có bộ xử lý khí thải.

2.2. Thông số kỹ thuật và thực trạng phát thải của động cơ

Nghiên cứu được thực hiện trên động cơ RV325, đây là loại động cơ diesel máy nông nghiệp được sử dụng phổ biến trên các máy nông nghiệp tại nước ta hiện nay [3, 4]. Các thông số kỹ thuật của động cơ RV325 được thể hiện trong Bảng 1.

Thực trạng phát thải của động cơ RV325 được đo bằng thực nghiệm theo chu trình thử ISO 8178 - 4 C1 (8 mode) (Bảng 2) do Việt Nam chúng ta hiện nay chưa có quy chuẩn thử nghiệm và tiêu chuẩn giới hạn

hàm lượng phát thải của động cơ sử dụng trong máy nông nghiệp. Kết quả về thực trạng phát thải của động cơ RV325 được thử nghiệm tại Trung tâm nghiên cứu Động cơ, nhiên liệu và khí thải, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Các thông số này được đưa ra ở Bảng 4 và chúng được so sánh với các tiêu chuẩn Tier 1 và Tier 2 của Mỹ (Bảng 3).

2.3. Đưa ra giải pháp xử lý khí thải cho động cơ RV325

Dựa vào thực trạng phát thải của động cơ RV325 được thể hiện trên Bảng 4 ta có thể thấy động cơ RV325 không đạt tiêu chuẩn Tier 1 ở các hạng mục CO, HC+NO_x và PM. Do đó nhóm nghiên cứu đề xuất phương án giảm phát thải cho động cơ RV325 bằng cách kết hợp kết hợp bộ DOC (Diesel Oxidation Catalyst) với bộ DPF (Diesel Particulate Filter) và bộ SCR (Selective catalytic reduction). Trong đó, bộ DOC sẽ được sử dụng để giảm phát thải CO và HC, bộ DPF sẽ giúp giảm thiểu lượng phát thải PM và bộ xử lý SCR sẽ giảm lượng NO_x có trong thành phần phát thải. Mặt khác, việc kết hợp bộ DOC và DPF với bộ DOC được bố trí ở gần động cơ hơn sẽ giúp tăng nhiệt độ của bộ DPF để có thể kích hoạt khả năng tái sinh liên tục, giúp cho thời gian giữa các lần bảo dưỡng của bộ DPF sẽ dài hơn [8]. Việc sử dụng bộ xử lý SCR để giảm thiểu lượng NO_x thay vì các công nghệ khác sẽ có các lợi ích như ít gây cản đường thải, không tăng phát thải PM cũng như không làm giảm công suất của động cơ. Các bộ xử lý khí thải kể trên

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của động cơ RV325

1	Tên nhà sản xuất	Cty TNHH MTV Động cơ và Máy Nông nghiệp Miền Nam
2	Tên động cơ	RV325
3	Loại động cơ	Động cơ diesel 01 xi lanh, nằm ngang
4	Loại buồng đốt	Trực tiếp, Tỷ số nén: 18,5
6	Số xi lanh-Đ.kính×Hành trình	1 - 120mm × 125mm
7	Tổng thể tích hành trình	1,413l (1413 cc)
8	Mô men cực đại: 93,4 Nm (tại vòng quay 1800 v/ph)	

Bảng 2. Chế độ thử và hệ số trọng lượng theo chu trình thử ISO 8178-4C1 [6]

Các mode	1	2	3	4	5	6	7	8
Tốc độ	Tốc độ định mức				Tốc độ ứng với mômen lớn nhất			Tốc độ kh. tải
Mô men xoắn (%)	100	75	50	10	100	75	50	0
Hệ số trọng lượng	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15

Bảng 3. Giới hạn phát thải các động cơ theo tiêu chuẩn Tier 1, Tier 2 [7]

N _e	Tiêu chuẩn	Năm áp dụng	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NMHC+NO _x (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)
8≤kW<19	Tier 1	2000	6,60	-	9,50	-	0,80
	Tier 2	2005	6,60	-	7,50	-	0,80

đã được thương mại hoá trên thị trường, các thông số của các bộ xử lý khí thải được thể hiện trên Bảng 5.

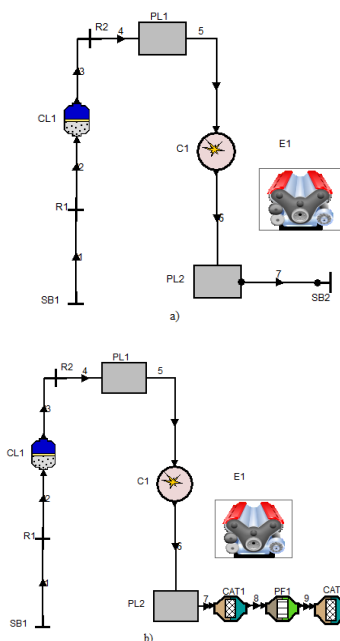
Bảng 4. Thực trạng phát thải của động cơ RV325

Thành phần	Đơn vị	Thử nghiệm	Tier 1	Tier 2
HC	[g/kWh]	0,63	-	-
NO _x	[g/kWh]	8,96	-	-
CO	[g/kWh]	25,28	6,60	6,60
PM	[g/kWh]	1,81	0,80	0,80
CO ₂	[g/kWh]	607,10	-	-
NO _x +HC	[g/kWh]	9,60	9,50	7,50

Bảng 5. Thông số của các bộ xử lý khí thải

Bộ xử lý	Chiều dài lõi lọc (mm)	Đường kính lõi lọc (mm)	Thể tích lọc (lít)	Mật độ cell lọc (1/in ²)
DOC	220	170	3	200
DPF	220	170	3	200
SCR	235	170	3.3	200

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận



Hình 1. Mô hình mô phỏng động cơ RV325

a) Mô hình nguyên bản, b) Mô hình có bộ xử lý

Trên cơ sở các thông số kết cấu của động cơ RV325, cùng với các phương án xử lý khí thải, nhóm nghiên cứu đã thực hiện xây dựng các mô hình mô phỏng như thể hiện trên Hình 1, trong đó gồm: mô hình động cơ RV325 nguyên bản, như thể hiện trên Hình 1a; Mô hình động cơ RV325 có lắp bộ xử lý khí

thải bao gồm DOC, DPF và SCR như thể hiện trên Hình 1b. Các công thức tính toán nhiệt, phát thải được sử dụng trong mô hình đã được đưa ra ở nhiều nghiên cứu trước đây [9, 10] cũng như trong tài liệu hướng dẫn của phần mềm AVL-Boost.

3.1. Xây dựng mô hình

Các phần tử sử dụng trong mô hình được thể hiện trong Bảng 6:

Bảng 6. Các phần tử trong mô hình mô phỏng

TT	Tên phần tử	Ký hiệu	TT	Tên phần tử	Ký hiệu
1	Điều kiện biên	SB	6	Bình ổn áp	PL
2	Lọc khí	CL	7	Đường ống	R
3	Động cơ	E	8	DOC	CAT1
4	Xylanh	C	9	DPF	PF1
5	Cản dòng	R	10	SCR	CAT2

3.2. Chạy mô phỏng và đánh giá kết quả

3.2.1. Đánh giá độ tin cậy của mô hình

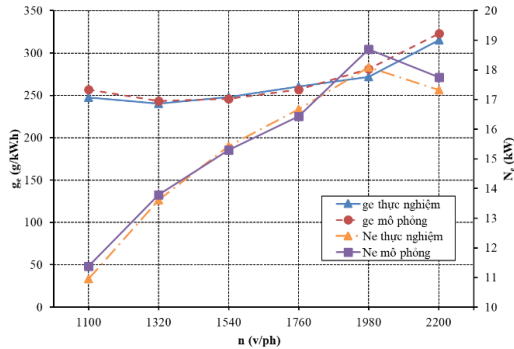
Mô hình sau khi nhập dữ liệu, sẽ tiếp tục được chạy mô phỏng và hiệu chỉnh các thông số đầu vào và điều kiện biên để đảm bảo độ tin cậy của mô hình thông qua việc so sánh giữa kết quả mô phỏng với kết quả thử nghiệm. Các kết quả đánh giá độ tin cậy của mô hình được thể hiện trên Hình 2 và trong Bảng 7.

Bảng 7. So sánh phát thải của động cơ RV325 giữa mô phỏng và thử nghiệm

Thành phần	Đơn vị	Thử nghiệm	Mô phỏng	Sai lệch (%)
NO _x	g/kW.h	8,96	9,10	1,53
HC	g/kW.h	0,63	-	-
NO _x +HC	g/kW.h	9,60	9,74	1,52
CO	g/kW.h	25,28	25,88	2,38
CO ₂	g/kW.h	607,10	630,78	3,90
PM	g/kW.h	1,81	1,87	3,20

Với kết quả thể hiện trên Hình 2 và Bảng 7, có thể thấy giữa mô phỏng và thử nghiệm có sai lệch khá nhỏ dưới 5%, như vậy có thể coi mô hình có đủ độ tin cậy để sử dụng trong các nghiên cứu mô phỏng động cơ khi lắp bộ xử lý khí thải DOC, DPF và SCR. Mô hình

đảm bảo độ tin cậy như trên Hình 1a sẽ được bổ sung phần tử DOC, DPF và SCR như thể hiện trên Hình 1b để có khả năng xử lý khí thải của động cơ trong phần mềm mô phỏng. Sau đó, nhập dữ liệu đầu vào cho



Hình 2. So sánh N_e và g_e của động cơ RV325 giữa mô phỏng và thử nghiệm

phần tử DOC, DPF, SCR và thực hiện chạy mô phỏng theo chu trình ISO 8178-4 C1.

3.2.2. Kết quả mô phỏng mô hình có bộ giảm phát thải

Kết quả chạy mô phỏng động cơ RV325 có lắp DOC, DPF và SCR được thể hiện trong Bảng 8.

Bảng 8. So sánh phát thải khi động cơ sử dụng DOC, DPF và SCR với tiêu chuẩn Tier 2

Thành phần	Đơn vị	Chưa có bộ xử lý	Có DOC, DPF và SCR	Tier 2
NO _x + HC	g/kW.h	9,74	5,60	7,50
NO _x	g/kW.h	9,10	4,93	-
CO	g/kW.h	25,88	14,66	6,60
PM	g/kW.h	1,87	0,91	0,80

Phát thải của động cơ khi sử dụng bộ DOC, DPF và EGR so với tiêu chuẩn Tier 2 được thể hiện trên bảng 8. Kết quả cho thấy, các thành phần phát thải NO_x+HC đạt tiêu chuẩn Tier 2, PM đã gần đạt tiêu chuẩn Tier 2 còn hàm lượng CO đã giảm đáng kể. Cụ thể, phát thải CO giảm 42,55%, NO_x giảm 44,95% và PM giảm khoảng 49,25%. Số liệu trên bảng 8 đã cho thấy hiệu quả của bộ xử lý khí thải được lắp thêm vào mô hình mô phỏng động cơ truyền thống.

3.2.3. Ảnh hưởng của hệ thống giảm phát thải đến tính năng kinh tế kỹ thuật của động cơ

Tính năng kinh tế kỹ thuật của động cơ RV325 bị ảnh hưởng sau khi lắp bộ xử lý DOC, DPF, SCR được thể hiện trên Bảng 9.

Bảng 9. Tính năng kinh tế kỹ thuật của động cơ RV325 khi lắp bộ xử lý khí thải

n (v/ph)	Mô phỏng nguyên bản		Mô phỏng có bộ xử lý		% thay đổi	
	N _e (kW)	g _e (g/kWh)	N _e (kW)	g _e (g/kWh)	ΔN _e (%)	Δg _e (%)
1100	11,38	256,95	11,09	263,73	-2,56	2,64
1320	13,79	243,45	13,25	253,36	-3,93	4,08
1540	15,31	246,10	14,42	258,74	-5,78	5,14
1760	16,44	257,08	16,05	263,12	-2,36	2,35
1980	18,71	281,08	18,24	288,22	-2,48	2,54
2200	17,75	323,31	17,04	336,46	-4,04	4,07

Từ Bảng 9 ta có thể thấy khi lắp bộ xử lý vào mô hình động cơ nguyên bản thì công suất của động cơ sẽ giảm từ 2,4% đến gần 6%. Trong khi đó, suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ sẽ tăng từ 2,35% đến hơn 5%. Những sự thay đổi này có thể được giải thích rằng khi lắp thêm các bộ xử lý khí thải thì cản trên đường thải sẽ tăng, từ đó gây ra độ giảm công suất cũng như độ tăng của suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ.

4. Kết luận

Từ các kết quả đạt được cùng các phân tích đánh giá, nhóm nghiên cứu có thể đưa ra một số kết luận sau:

- Kết quả nghiên cứu thử nghiệm và mô phỏng cho thấy đặc tính phát thải của động cơ RV325 chưa đạt được tiêu chuẩn Tier 1 và Tier 2.

- Động cơ sau khi trang bị thêm bộ DOC, DPF và SCR thì phát thải CO giảm 42,55%, NO_x giảm 44,95% và PM giảm khoảng 49,25% so với động cơ nguyên bản. Trong khi, tính năng kinh tế và kỹ thuật của động cơ bị ảnh hưởng không quá lớn, như: công suất giảm tối đa 5,78%; suất tiêu hao nhiên liệu tăng tối đa 5,14%.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng trong việc lựa chọn giải pháp giảm phát thải cho động cơ diesel máy nông nghiệp sản xuất tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] <https://dangcongsan.vn/kinh-te/nong-nghiep-tiep-tuc-la-tru-do-cua-nen-kinh-te-580277.html>.
 [2] Vũ Xuân Thiệp, Khổng Vũ Quảng, Phạm Văn Giang, Nghiên cứu ảnh hưởng của hình dạng đường nạp đến hiệu suất nạp của động cơ diesel 1 xy lanh. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, 02/2015.

- [3] Võ Thanh Vang, Huỳnh Thanh Công. *Nâng cao hiệu suất nạp động cơ diesel một xy-lanh trên cơ sở cải tiến biên dạng họng nạp*. Tạp chí phát triển Khoa học và Công nghệ, Vol.18, Số K7, Tr.39-47, 2015.
- [4] Lê Việt Hùng, Khổng Vũ Quảng, Nguyễn Đức Khánh, Phạm Văn Trọng, *Nghiên cứu mô phỏng đánh giá phát thải độc hại của động cơ máy nông nghiệp RV-165 và động cơ kubota RT155 theo tiêu chuẩn ISO 8178*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy Lợi & Môi Trường, 2019.
- [5] Võ Danh Toàn, Huỳnh Thanh Công, *Mô phỏng nâng cao tính năng làm việc cho động cơ diesel 1 xi-lanh bằng thiết kế cải tiến họng nạp*. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, Vol. 18, No. 7K, 2015.
- [6] <https://www.dieselnet.com/standards/us/nonroad.php#cycles>.
- [7] <https://www.dieselnet.com/standards/us/nonroad.php>.
- [8] Bin Guan, Reggie Zhan, *Review of the state-of-the-art of exhaust particulate filter technology in internal combustion engines*. Journal of Environmental Management, Vol.154, pp.225-258. 2015.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.02>.
- [9] Khổng Vũ Quảng, Nguyễn Duy Tiến, Nguyễn Thế Trục, *Phân tích dòng năng lượng trong động cơ diesel trên AVL-Boost*. JST: Engineering and Technology for Sustainable Development, Vol.1, Issue 2, pp.040-046, 2021.
- [10] Khổng Vũ Quảng, Nguyễn Duy Tiến, Nguyễn Mạnh Phú, Nguyễn Thế Trục. *Nghiên cứu cải tiến biên dạng cam nhiên liệu cho động cơ diesel 1 xy lanh*. Tạp chí Khoa Học và Công Nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, Số 56, Tr.79-83, 2020.

Ngày nhận bài:	30/6/2021
Ngày nhận bản sửa:	09/8/2021
Ngày duyệt đăng:	13/8/2021